

SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO

UFV Campus Rio Paranaíba

III Simpósio do Mestrado Acadêmico em
Agronomia-Produção Vegetal

I Simpósio do Mestrado Acadêmico
Multicêntrico em Química



TEMA

**A QUÍMICA
APLICADA À
PRODUÇÃO
VEGETAL**

**ANAIS DO I SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO (UFV-CRP)
04 e 05 de setembro de 2017**

Organização:



Apoio:



Patrocinadores



APRESENTAÇÃO

No ano de 2017, estamos realizando o III Simpósio do Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus Rio Paranaíba. Esta edição do evento teve como tema “Química Aplicada à Produção Vegetal” e contou com a participação de docentes e discentes do curso do Mestrado Multicêntrico em Química (UFV-CRP), os quais realizam concomitantemente seu I Simpósio. Essa interação resultou no I Simpósio de Integração da Pós-graduação da UFV-CRP, que objetivou compartilhar conhecimentos e vivências das respectivas áreas de interface. Acreditamos que essa multidisciplinaridade é significativa para a formação profissional e, conseqüentemente, ao avanço da ciência.

Boa leitura!

Prof. Dr. Willian Rodrigues Macedo
Coordenador Geral do evento

Coordenador Geral:

Prof. Dr. Willian Rodrigues Macedo

Comissão Organizadora:

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes - PPG Produção Vegetal

Prof. Dr. Geraldo Humberto Silva - PPG Química

Profa. Dra. Fabrícia Queiroz Mendes - PPG Produção Vegetal

Prof. Dr. Pablo Damasceno Borges - PPG Química

Prof. Dr. Roberto Ferreira de Novais - PPG Produção Vegetal

Prof. Dr. Everaldo Antônio Lopes - PPG Produção Vegetal

Prof. Dr. Jairo Tronto - PPG Química

Prof. Dr. Frederico Garcia Pinto - PPG Química

Comissão Científica:

Prof. Dr. Everaldo Antônio Lopes - PPG Produção Vegetal

Profa. Dra. Fabrícia Queiroz Mendes - PPG Produção Vegetal

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes - PPG Produção Vegetal

Prof. Dr. Geraldo Humberto Silva - PPG Química

Prof. Dr. Jairo Tronto - PPG Química

Comissão de Logística:

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes - PPG Produção Vegetal

Prof. Dra. Maria Elisa de Sena Fernandes - PPG Produção Vegetal

Prof. Dr. Pedro Ivo Vieira Good God - PPG Produção Vegetal

Sra. Lais Barbosa Vieira - Secretária PPG Produção Vegetal

Sra. Sinara Guimarães - Secretária PPG Produção Vegetal

Comissão de Divulgação e Patrocínio:

Prof. Dr. Alberto Carvalho Filho - PPG Agronomia

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes - PPG Agronomia

Prof. Dr. Geraldo Humberto Silva - PPG Química

RESUMOS EXPANDIDOS

1. Alterações em plantas de soja submetidas ao déficit hídrico em diferentes estádios reprodutivos	01
2. Análise de trilha e correlação canônica nos componentes do desempenho de girassol	11
3. <i>Annona atemoya</i> : uma planta promissora no controle de <i>Anticarsia gemmatalis</i>	24
4. Aplicação de ácido salicílico como atenuador dos efeitos de déficit hídrico no milho	35
5. Aplicação e efeito antioxidante do ácido gálico sobre a qualidade de sementes de trigo	43
6. Avaliação da germinação de sementes de ipê amarelo (<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex DC). Standl.) em diferentes substratos	55
7. Avaliação de parâmetros produtivos do capim vaquero fertirrigado com água residuária de agroindústria	64
8. Caracterização de populações do nematoide de galhas na cultura da cenoura em Minas Gerais	80
9. Caracterização hidráulica de emissores microspray em diferentes pressões de serviço	93
10. Comparação das metodologias para avaliação de atributos físicos do solo	102
11. Determinação da função de condutividade hidráulica de um latossolo do cerrado	112
12. Efeito nematicida de extratos de plantas do cerrado	130
13. Estudo de fase sólida para cromatografia a partir da adsorção do metribuzin em sílica biogênica	147
14. Extrato de atemóia para controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	164
15. Parâmetros de crescimento de mudas de café: Meta-análise	174
16. Perfil fisiológico e agrônômico de genótipos de trigo cultivado em sistema de sequeiro no cerrado	188
17. Potencial nematicida de óleos essenciais de <i>Ageratum fastigiatum</i> , <i>Callistemon viminalis</i> e <i>Schinus terebinthifolius</i>	198
18. Qualidade de sementes de soja encapsuladas com ácido algínico de sódio	211
19. Sabão de abacate: alternativa para o aproveitamento de frutos não comercializáveis	221
20. Seleção de solos da região de viçosa para utilização como barreira química para metais pesados	231
21. Suco misto de laranja e cenoura em diferentes concentrações	239
22. Tolerância da cebola a aplicação de herbicidas em pré-emergência	253
23. Tolerância de cebola ao flumioxazin em função do teor da cera epicuticular	262

ALTERAÇÕES EM PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO EM DIFERENTES ESTÁDIOS REPRODUTIVOS

CHANGES IN SOYBEAN PLANTS SUBMITTED TO THE WATER DEFICIT IN DIFFERENT REPRODUCTIVE STAGES

S. G. F. PEREIRA^{1,3}, L. E. VISÔTTO^{2,3}, W. R. MACEDO^{1,3}, L. A. AQUINO^{1,3}, P. I. V. GOOD GOD^{1,3}, M. ROSWELL², M. P. SOUTO¹, C. M. HANZAWA² e I. F. M. OLIVEIRA¹

¹Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias

²Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde

³Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal
E-mail: samarinagabrielle@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* (L.) Merrill; estresse abiótico; produtividade.

KEYWORDS: *Glycine max* (L.) Merrill; abiotic stress; productivity.

RESUMO: *A produtividade da cultura da soja pode ser alterada por condições climáticas adversas, sendo que o déficit hídrico é considerado um dos principais fatores limitantes da agricultura. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do déficit hídrico, imposto em dois estádios reprodutivos (R3 e R5) em dois genótipos de soja (NA 5909 e ST 797) cultivados em casa de vegetação. Foram avaliados parâmetros fisiológicos, através de análises de troca gasosas e determinação do conteúdo de água foliar, e produtividade das plantas de soja. O déficit hídrico afetou negativamente as trocas gasosas no estágio R5. A restrição hídrica de 60 % da capacidade de campo, por cinco dias, alterou a produtividade das plantas de ambos os cultivares, sendo a NA 5909 a mais produtiva.*

ABSTRACT: *The productivity of the soybean crop can be altered by adverse climatic conditions, and the water deficit is considered one of the main limiting factors of agriculture. The objective of the present work was to evaluate the effect of the water deficit, imposed in two reproductive stages (R3 and R5) on two soybean genotypes (NA 5909 and ST 797) grown under greenhouse conditions. Physiological parameters were evaluated through gaseous exchange analysis and determination of leaf water content and soybean yield. The water deficit negatively affected the gas exchange at the R5 stage. The water restriction of 60% of the field capacity, for five days, altered the productivity of the plants of both cultivars, with NA 5909 being the most productive.*

1. INTRODUÇÃO

O déficit hídrico influencia diretamente o crescimento e a produtividade das plantas, sendo um dos principais estressores abióticos (OZTURK et al., 2002). O cenário atual prevê um agravamento das mudanças climáticas, entre eles o aumento da frequência de longos períodos de estiagem (FAROOQ et al., 2014).

Inúmeras características fisiológicas são alteradas em plantas sob déficit hídrico, incluindo o uso eficiente da água (AMEDE et al., 1999), o potencial hídrico foliar (KARAMANOS E PAPTATHEOHARI, 1999), propriedades estomáticas (BOND et al., 1994) e a temperatura foliar (KHAN et al., 2010). Além das alterações fisiológicas, o déficit hídrico também reduz a produção de biomassa e o rendimento dos grãos (BAROOWA E GOGOI, 2013). A magnitude das alterações depende da duração e da intensidade do estresse, do material genético e do estágio de desenvolvimento da planta (FAROOQ et al., 2016).

A soja *Glycine max* (L.) Merr., durante seu ciclo de desenvolvimento, pode ser acometida por inúmeros estresses, entre eles a seca. Estudos sugerem que os estádios R3 (início da formação das vagens) e R5 (início do enchimento dos grãos) são os mais críticos para a produtividade e qualidade da cultura sob déficit hídrico (SIONIT E KRAMER, 1977; RAMBO et al., 2002).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do déficit hídrico imposto em dois estádios reprodutivos (R3 e R5), de dois genótipos de soja (NA 5909 e ST 797), sobre os parâmetros fisiológicos, bioquímicos e de produtividade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba e desenvolvido em blocos casualizados com seis repetições, esquema fatorial 2 x 3, sendo dois genótipos e três condições de tratamento. Os genótipos selecionados foram NA 5909 RR e ST 797 IPRO, ambos considerados de boa produtividade.

O cultivo foi realizado em vasos plásticos de 8 L, preenchidos com solo coletado 0-20 cm de profundidade de um Latossolo localizado no município de Rio Paranaíba, MG e que

apresentou as seguintes características: pH – H₂O: 5,73; P (Mehlich-1): 7,8 mg dm⁻³; K: 63,3 mg dm⁻³, Ca²⁺ e Mg²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹): 3,57, 0,86, cmol_c dm⁻³, respectivamente; Al³⁺ (KCl 1 mol L⁻¹): 0,0; H + Al (acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ – pH 7,0): 5,7 cmol_c dm⁻³; t (CTC efetiva) e T (CTC potencial a pH 7,0): 4,59 e 10,29 cmol_c dm⁻³, respectivamente; V: 44 %; MO (Walkley-Black): 47,0 g kg⁻¹; P-Rem (P remanescente): 12,4 mg L⁻¹ e teor de argila: 589,0 g kg⁻¹. Com base na análise química do solo e nas recomendações foi feita a adubação necessária.

O plantio foi realizado em outubro de 2015, com a semeadura de seis sementes por vaso. Após 15 dias foi feito o desbaste, deixando apenas três plantas por vaso. Todas as plantas foram irrigadas diariamente, próximo a capacidade de campo, até o estágio R2.

No estágio R3, cerca de 65 dias após o plantio, metade das parcelas (12 vasos) foi submetida ao déficit hídrico por um período de cinco dias. Esse mesmo procedimento foi realizado na outra metade das parcelas (12 vasos), quando as plantas atingiram o estágio R5, aproximadamente 80 dias após a semeadura. Para o controle da irrigação e da manutenção da capacidade de campo, os vasos foram pesados diariamente, utilizando uma balança eletrônica (TOLEDO, modelo 2098). Os valores obtidos foram excluídos do peso aproximado das plantas, que foi estimado utilizando-se vasos controle com os mesmos tratamentos. Dessa forma, os tratamentos consistiram em: Controle, onde as plantas foram mantidas bem irrigadas, com umidade próxima a capacidade de campo; R3, onde a irrigação foi em torno de 60 % da capacidade de campo por cinco dias no estágio R3 e o tratamento R5, em que a irrigação de 60 % da capacidade de campo por cinco dias foi imposta no estágio R5.

Para a obtenção da capacidade de campo do solo foi utilizado o método gravimétrico direto a partir de 3 provetas de 1000 mL, contendo em torno de 1 kg de solo seco em estufa. Nas provetas, o solo com estrutura deformada foi umedecido até a saturação por capilaridade, através de furos no fundo das mesmas, em seguida, foram submetidos à drenagem por um período de 48 h, até o total cessamento da drenagem livre, com a superfície do solo coberta para evitar a evaporação (SOUZA et al., 2000).

2.2 Avaliações fisiológicas

Análises de troca gasosas: Vinte e quatro horas após o início da restrição hídrica foram realizadas avaliações de trocas gasosas (LICOR 6400XT, Li-COR, Lincoln, EUA) em folhas completamente expandidas. A taxa de assimilação foliar líquida de CO₂ (A), a

condutância estomática (gs), transpiração foliar (E), temperatura foliar (TF), taxa de transporte dos elétrons (ETR) foram determinadas em sistema aberto, sob luz saturante artificial (1.200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons). O uso eficiente da água foi calculado pela razão entre a taxa fotossintética (A) e a transpiração (E) (A/E).

Determinação do conteúdo relativo de água (CRA) nas folhas: Para a determinação desse parâmetro foram utilizadas folhas completamente expandidas coletadas no quinto dia da imposição do déficit hídrico, seguindo a metodologia descrita por Varone e Gratani (2015). Material foliar foi coletado, pesado (massa fresca: MF), em seguida, as folhas foram imersas em água e mantidas no escuro à 4°C por 24 h. Após esse tempo foram pesadas, para a obtenção da massa túrgida (MT) e por último as folhas foram secas em estufa a 80°C por 48 h e novamente pesadas para obtenção da massa seca (MS). O CRA (%) foi estimado através da Equação 1:

$$CRA (\%) = (MF - MS / MT - MS) \times 100 (1)$$

2.3 Análises de produtividade

No estágio R8 foram avaliados os parâmetros número de nós; número de vagens por vaso; número médio de grãos por vagem, além da produtividade por vaso dos dois cultivares de soja submetida aos diferentes tratamentos.

2.4 Análises Estatísticas

A partir dos dados obtidos foram avaliadas todas as pressuposições da Análise de Variância (ANOVA) e aplicou-se o teste de comparação múltipla de médias Student-Newman-Keuls (SNK) à 5 % de probabilidade, com o auxílio do Programa R (R Core Time 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação as trocas gasosas, observou-se redução significativa nas variáveis *A*, *gs*, *E* e *ETR* e um aumento na *TF* e *UEA* no tratamento R5 das duas cultivares, 24 h após a imposição do estresse hídrico nas plantas, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros fisiológicos de plantas de soja 24 horas após o início da imposição da restrição hídrica.

Fontes de Variação	Parâmetros						
	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>	TF	ETR	UEA	CRA
Cultivar	0,34 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,00 ^{**}	0,05 ^{ns}
Estádio	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,05 ^{ns}
Cultivar x Estádio	0,96 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Cultivar							
NA5909	14,94 a	0,16 a	2,64 a	30,56 a	110,38 a	0,71 b	29,48 a
ST797	16,05 a	0,14 a	2,34 a	30,75 a	105,18 a	0,74 a	23,55 a
Estádios							
C	20,96 a	0,24 a	3,71 a	28,53 b	132,74 a	0,71 b	31,66 a
R3	20,31 a	0,21 a	3,28 a	28,56 b	129,66 a	0,72 b	25,79 a
R5	5,22 b	0,01 b	0,46 b	34,87 a	60,95 b	0,75 a	22,09 a

Fotossíntese (*A*) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$), condutância estomática (*Gs*) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{H}_2\text{O}$), transpiração (*E*) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{H}_2\text{O}$), temperatura foliar (TF) ($^{\circ}\text{C}$), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência do uso de água (UEA) e Conteúdo Relativo de Água Foliar (CRA) (%). ANOVA: (p-valor) *significativo a 5 % e ** significativo a 1 % pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) a 5 % de probabilidade.

Zhang et al (2016) observaram que a redução na disponibilidade de água provocou alterações nas folhas de soja afetando o desempenho fotossintético, causando redução na taxa fotossintética, condutância estomática e na transpiração das plantas submetidas a restrição hídrica. No presente trabalho, esses parâmetros também reduziram nas plantas sob restrição hídrica, devido ao fato desses processos estarem intimamente ligados. Durante o déficit hídrico, a diminuição da condutância estomática reduz a perda de água por transpiração ocasionando um aumento na temperatura foliar. Alta temperatura nas folhas pode reduzir a taxa de assimilação de CO_2 por danos fotoinibitórios ao aparato fotossintético (LI et al., 2004). A transpiração é de suma importância, uma vez que, através dela as plantas perdem calor e mantêm os níveis térmicos ótimos para o metabolismo (TAIZ E ZEIGER, 2006). Se há uma boa condição hídrica, os estômatos se abrem permitindo uma maior transpiração, e isso propicia que a temperatura foliar fique menor que a do ar circundante (SALINET, 2009). Isso foi observado no presente trabalho, pois as plantas do tratamento R5 foram as que apresentaram maior temperatura foliar e menor taxa fotossintética.

Outra característica importante de resposta da planta a seca é a eficiência do uso da água (UEA) (EDWARDS et al., 2012). Há relatos contrastantes, Gohari (2013) relatou que a seca aumenta a UEA das plantas na cultura do feijão. Já Begum et al. (2001) mostraram que no tomateiro a maior UEA foi encontrada nas plantas irrigadas. A UEA é considerada um indicador para adaptação a condições de seca. Segundo Hossain et al. (2014), o fechamento estomático induzido pela seca, resultou num aumento do UEA nas plantas consideradas tolerantes, e esta permaneceu elevada durante todo o período de déficit. Em contraste, o UEA do genótipo suscetível à seca manteve-se abaixo ao das plantas bem irrigadas.

A determinação do CRA (%) também é empregada em estudos de adaptação de plantas à seca (JONES, 2007). O comportamento de cultivares de soja submetidos a restrição hídrica intensa foi estudado por Fioreze et al. (2011). Esses autores constataram que o CRA (%) de todos os genótipos submetidos ao déficit hídrico intenso reduziu em relação aos grupos que foram bem irrigados. Essa redução aconteceu a partir do terceiro dia após a suspensão da irrigação. No entanto, o mesmo não foi observado no presente trabalho. Talvez o tempo da restrição hídrica de 60 % da capacidade de campo, não tenha sido suficiente para provocar um estresse a ponto de ocorrer diferença no CRA (%) após o déficit. Sinclair e Ludlow (1986) aludem que, em condições de déficit hídrico, a baixa condutância estomática devido aos estômatos permanecerem fechados auxilia na manutenção do conteúdo relativo de água.

O peso total de grãos (PTG) foi afetado pela diminuição da irrigação em ambos os tratamentos analisados, como mostra a Tabela 2. Apesar dos números de Vagem/vaso, Grãos/vagem e Número de nós (N. nós) terem sido significativamente menores no cultivar NA 5909, o PTG obtido foi mais elevado em relação a ST 797.

A falta de água afeta diretamente o rendimento de muitas culturas. Tem sido relatado que a falta de água nas fases de florescimento e formação das vagens afeta negativamente o rendimento final de sementes (FANG et al., 2010). No presente estudo, o déficit hídrico reduziu significativamente o rendimento de grãos na cultura da soja. Vários estudos também relataram uma redução no rendimento de grãos devido à seca na cultura da soja, (GHASSEMMI-GOLEZANI e LOTFI, 2012), do feijão (GHASSEMMI-GOLEZANI et al., 2010) e em outras leguminosas (FAROOG et al., 2016). Essa redução do rendimento de grãos devido ao déficit hídrico pode ser variável, a depender, do tempo e da intensidade do estresse imposto e também do genótipo utilizado (FRAHM et al., 2004).

Tabela 2. Peso total de grãos por vaso, número de vagens por vaso, número de grãos por vagem e média do número de nós das plantas de soja submetida ao déficit hídrico.

Fontes de Variação	Produtividade			
	PTG	Vagem/vaso	Grãos/vagem	N. nós
Cultivar	0,00**	0,01*	0,01*	0,00**
Estádio	0,01*	0,34 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,94 ^{ns}
Cultivar x Estádio	0,52 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,50 ^{ns}
Cultivar				
NA5909	29,01 a	96,44 b	2,15 b	13,00 b
ST797	18,27 b	109,66 a	2,28 a	13,94 a
Estádios				
C	26,81 a	105,33 a	2,20 a	13,41 a
R3	22,13 b	106,08 a	2,28 a	13,50 a
R5	21,98 b	97,75 a	2,16 a	13,50 a

Peso total de grãos por vaso (PTG) (gramas), número de vagens por vaso (Vagem/vaso), número de grãos por vagem (Grãos/vagem) e média do número de nós das plantas (N. nós). ANOVA: (p-valor) *significativo a 5 % e ** significativo a 1 % pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) a 5 % de probabilidade.

Mathobo et al. (2017) relataram que o estresse hídrico em todos os níveis analisados resultou em uma redução na matéria seca, no índice foliar, no número de sementes por planta, no número de vagens por planta, no tamanho das sementes além da diminuição no rendimento dos grãos. O déficit hídrico pode favorecer a troca precoce do desenvolvimento vegetativo para o reprodutivo, ocasionando menor número de nós, antecipação na formação de flores e vagens, e um encurtamento na fase reprodutiva, gerando uma redução no período de enchimento de grãos (DESCLAUX et al., 2000). Sendo assim, o período para enchimento dos grãos é de extrema importância para determinar a produção final. Esse relato pode elucidar o que ocorreu no presente trabalho, uma vez que não houve diferença no número de vagens entre os tratamentos, no entanto, o peso total dos grãos foi maior para as plantas controle. Provavelmente, nas plantas irrigadas não foi alterado o período de enchimento dos grãos.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos é possível inferir que o déficit hídrico afeta negativamente as trocas gasosas, reduzindo a condutância estomática, a fotossíntese e a transpiração, através do fechamento estomático, aumentando assim a temperatura foliar, além de prejudicar a produtividade das plantas. A cultivar NA 5909 é a que obteve maior peso total dos grãos, independente da condição hídrica, sendo considerada a mais produtiva, diante das condições testadas nesse trabalho. Dessa forma, identificar e entender as diversas respostas bioquímicas e fisiológicas da planta se torna crucial para a seleção de materiais mais resistentes e/ou tolerantes ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- AMEDE, T.; KITTLITZ, E.V.; SCHUBERT, S. Differential drought responses of faba bean (*Vicia faba* L.) inbred lines. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.183, p. 35–45, 1999.
- BAROOWA, B.; GOGOI, N. Biochemical changes in two *Vigna* spp. during drought and subsequent recovery. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.18, p. 319–325, 2013.
- BEGUM, M.N.; KARIM, A.J.M.S.; RAHMAN, M.A.; EGASHIRA, K. Effect of irrigation and application of phosphorus fertilizer on the yield and water use of tomato grown on a clay terrace soil of Bangladesh. **Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University**, v.45, p. 611–619, 2001.
- BOND, D.A.; JELLIS, G.J.; ROWLAND, G.G.; GUEN, J.; ROBERTSON, L.D; KHALIL, L. A.; LI-JUAN, L. Present status and future strategy in breeding faba beans (*Vicia faba* L.) for resistance to biotic and abiotic stresses. **Euphytica**, v.73, p. 151–166, 1994.
- DESCLAUX, D.; HUYNH, T.T.; ROUMET, P. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. **Crop Science**, v.40, p. 716-722, 2000.
- EDWARDS, C.E.; EWERSA, B.E.; MCCLUNG, C.R.; LOUD, P.; WEINIGA, C. Quantitative variation in water-use efficiency across water regimes and its relationship with circadian vegetative, reproductive, and leaf gas-exchange traits. **Molecular Plant**, v.5, p. 653–668, 2012.
- FANG, X.W.; TURNER, N.C.; YAN, G.J.; LI, F.M.; SIDDIQUE, K.H.M. Flower numbers pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p. 335–345, 2010.

- FAROOQ, M.; HUSSAIN, M.; SIDDIQUE, K.H.M. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.33, p. 331–349, 2014.
- FAROOQ, M.; GOGOI, N.; BARTHAKUR, S.; BAROOWA, B.; BHARADWAJ, N.; ALGHAMDI, S.S.; SIDDIQUE, K.H.M. Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. **Journal of Agronomy and Crop Science**, p. 1-23, 2016.
- FIOREZE, S.L.; PIVETTA, L.G.; FANO, A.; MACHADO, F.R.; GUIMARÃES, V.F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v.58, p. 342-349, 2011.
- FRAHM, M.A.; ROSAS, J.C; MAYEK-PEREZ, N.; LOPEZ-SALINA, S.E.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; KELLY, J.D. Breeding beans for resistance to terminal drought in the Lowland tropics. **Euphytica**, v.136, p. 223–232, 2004.
- GHASSEMMI-GOLEZANI, K.; KHOMARI, S.; DALIL B.; HOSSEINZADEH-MAHOOTCHY, A.; CHADORDOOZ-JEDDI, A. Effects of seed aging on field performance of winter oil-seed rape. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v.8, p. 175–178, 2010.
- GHASSEMMI-GOLEZANI, K.; LOTFI, R. Response of soybean cultivars to water stress at reproductive stages. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**, v.2, p. 198–202, 2012.
- GOHARI, A.A. Effects of water infiltration of soil on yield and water use efficiency of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v.4, p. 459–463, 2013.
- HOSSAIN, M.M.; LIU, X.; QI, X.; LAN, H.M.; ZHANG, J. Differences between soybean genotypes in physiological response to sequential soil drying and rewetting. **Crop Journal**, v.2, p. 366-380, 2014.
- JONES, H.G. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p. 119-130, 2007.
- KARAMANOS, A.J.; PAPTATHEOHARI, A.Y. Assessment of drought resistance of crop genotypes by means of the water potential index. **Crop Science**, v.39, p. 1792–1797, 1999.
- KHAN, H.R.; PAULL, J.G.; SIDDIQUE, K.W.M.; STODDARD, F.L. Faba bean breeding for drought-affected environments: a physiological and agronomic perspective. **Field Crops Research**, v.115, p. 279–286, 2010.

- LI, F.; KANG, S.; ZHANG, J. Interactive effects of elevated CO₂ nitrogen and drought on leaf area, stomatal conductance, and evapotranspiration of wheat. **Agricultural Water Management**, v.67, p. 221-233, 2004.
- MATHOBO, R.; MARAIS, D; STEYN, J.M. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultural Water Management**, v.180, p. 118-125, 2017.
- OZTURK, Z.N.; TALAME, V.; DEYHOLOS, M.; MICHALOWSKI, C.B.; GALBRAITH, D. W.; GOZUKIRMIZI, N.; TUBEROSA, R.; BOHNERT, H.J. Monitoring large-scale changes in transcript abundance in drought- and salt-stressed barley. **Plant Molecular Biology**, v.48, p. 551–573, 2002.
- R CORE TEAM, 2015. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.URL <http://www.R-project.org/>
- RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCINELLO, G.; FERREIRA, F.G. Rendimento de grãos de soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. **Scientia Agraria**, v.3, p. 79-85, 2002.
- SALINET, L.H. **Avaliação fisiológica e agrônômica de soja geneticamente modificada para maior tolerância à seca**. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, SP, 2009.
- SINCLAIR, T.R.; LUDLOW, M.M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grains legumes. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p. 329-341, 1986.
- SIONIT, N.; KRAMER, P.J. Effect of water stress during different stages of growth of soybeans. **Agronomy Journal**, v.69, p. 274-278, 1977.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 3. Ed. Massachusetts: Publishers Sunderland, 705 p., 2006.
- VARONE, L; GRATANI, L. Leaf respiration responsiveness to induced water stress in Mediterranean species. **Environmental and Experimental Botany**, v.109, p. 141-150, 2015.
- ZHANG, J.; LIU, J.; YANG, C.; DU, S.; YANG, W. Photosynthetic performance of soybean plants to water deficit under high and low light intensity. **South African Journal of Botany**, v.105, p. 279-287, 2016.

ANÁLISE DE TRILHA E CORRELAÇÃO CANÔNICA NOS COMPONENTES DO DESEMPENHO DE GIRASSOL

PATH ANALYSIS AND CANONICAL CORRELATION IN THE COMPONENTS OF THE PERFORMANCE OF SUNFLOWER

D. A. C. NOBRE¹, F. C. S. SILVA², J. F. R. GUIMARÃES³, J. C. F. RESENDE⁴, W. R. MACEDO¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. Instituto de Ciências Agrárias

² Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola

³ Futura Gene Brasil Tecnologia Ltda. Itapetininga - SP

⁴ Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Epamig Norte
E-mail: danubia_nobre@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus*; rendimento; efeito direto e indireto.

KEYWORDS: *Helianthus annuus*; yield; direct and indirect effects.

RESUMO: *O girassol destaca-se pela sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas; no entanto, algumas regiões ainda não possuem seus próprios genótipos, logo, faz-se necessário o estudo das características que possibilitem obter rendimento para diferentes localidades. Objetivamos avaliar os componentes do desempenho agrônomo de genótipos de girassol por meio da análise de trilha e correlação canônica. Dez genótipos de girassol (BRS G29, CF 101, GNZ CIRO, HELIO 358, HLA 11-26, HLA 44-49, M 734, QC 6730, SULFOSSOL e V 70004) foram avaliados quanto ao estande final, altura de plantas, diâmetro da haste, número de folhas, circunferência do capítulo, peso de 1000 aquênios e rendimento (kg ha^{-1}). Os dados foram submetidos às análises de variância, multicolinearidade, análise de trilha e correlação canônica. A análise de trilha e correlação canônica apontou a circunferência do capítulo como um componente não utilizável para obter ganhos sobre o rendimento de aquênios de girassol. O número de folha, juntamente com o efeito indireto de altura de plantas e estande são os principais componentes de rendimento de aquênios.*

ABSTRACT: *The sunflower stands out for its adaptation to different environmental conditions; however, some regions do not yet have their own genotypes. Therefore, it is necessary to study the characteristics that make it possible to obtain yield for different localities. Our objective was to evaluate the components of the agronomic performance of*

sunflower genotypes through path analysis and canonical correlation. Ten sunflower genotypes (BRS G29, CF 101, GNZ CIRO, HELIO 358, HLA 11-26, HLA 44-49, M 734, QC 6730, SULFOSSOL and V 70004) were evaluated for the final stand, plant height, stem diameter, leaf number, chapter circumference, weight of 1000 achenes and yield (kg ha⁻¹). Data were submitted to analysis of variance, multicollinearity, path analysis and canonical correlation. Path analysis and canonical correlation pointed to the chapter's circumference as a non-usable component to gains on the yield of sunflower achenes. Leaf number along with the indirect effect of plant height and stand are the main components of achenes yield.

1. INTRODUÇÃO

O girassol desponta-se devido às características desejáveis como o ciclo curto, a alta produção em qualidade e quantidade de óleo; a tolerância à falta de água e, manifesta-se como alternativa atraente para a safrinha, afim de, reduzir a ociosidade das indústrias beneficiadoras e otimizar o uso da terra, de máquinas agrícolas e de mão-de-obra (CASTRO, 2007; SILVA et al. 2007; SCHWERZ, 2015).

Para a safra atual de girassol, espera-se rendimento médio de 1.574 kg ha⁻¹, e produção estimada em 50,1 mil toneladas, o que confere um volume da ordem de 40,6% maior do que a safra anterior (CONAB, 2017). Estes valores representam uma pequena parcela, já que, algumas localidades do Brasil ainda não cultivam o girassol. Para Porto et al. (2007, 2009) a existência da interação genótipos x ambientes, dificulta a difusão da cultura, sendo necessárias avaliações contínuas, a fim de determinar o comportamento agrônômico dos genótipos e sua adaptação às diferentes condições, para que se possa adquirir elevada produtividade.

Como a produtividade de grãos é um caráter complexo e resultante da expressão e associação de diferentes componentes, os melhoristas a levam em consideração durante o processo de seleção de novos genótipos, objetivando alcançar materiais mais produtivos (GOMES et al., 2007). Assim, as correlações entre o rendimento de grãos e seus componentes têm sido objeto de estudo de vários trabalhos em diversas culturas.

Nos programas de melhoramento, a correlação entre os caracteres é utilizada para avaliar o quanto a alteração de um caráter pode influenciar os demais, no decorrer da seleção (SANTOS et al. 2000). Portanto, nos estudos de melhoramento vegetal, é de fundamental importância a mensuração dessas relações entre os caracteres.

Dentre os métodos disponíveis, a análise de trilha e a correlação canônica, são bastante utilizadas. A análise de trilha proposta por Wright (1921) desdobra as correlações estimadas, em efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre um caráter básico, enquanto que, na correlação canônica (MORRISON, 1978), não há distinção entre variável independente e dependente, existindo somente dois conjuntos de variáveis, em que se busca a máxima correlação entre ambos, com o propósito de avaliar as relações lineares existentes entre dois conjuntos de variáveis respostas (GONÇALVES E FRITSCHÉ-NETO, 2012).

Neste sentido, objetivou-se avaliar os componentes do desempenho agrônômico de genótipos de girassol por meio da análise de trilha e correlação canônica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram cultivados dez genótipos de girassol na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), no distrito de Mocambinho, situado no município de Jaíba, ao Norte de Minas Gerais, no período de safrinha, entre os meses de fevereiro e junho, do ano agrícola de 2011. Os genótipos de girassol avaliados foram: BRS G29, CF 101, GNZ CIRO, HELIO 358, HLA 11-26, HLA 44-49, M 734, QC 6730, SULFOSSOL e V 70004.

A área experimental foi adubada seguindo os resultados da análise química do solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições, totalizando 40 parcelas, cada uma foi constituída de quatro linhas de seis metros de comprimento, com espaçamento de 0,70 x 0,30 m.

A avaliação do desempenho agrônômico foi realizada durante o desenvolvimento reprodutivo da planta, quando atingida a fase de floração plena e ao final do ciclo de produção, quando os capítulos se encontravam totalmente secos.

Foram avaliadas 10 plantas da área útil (6,3 m²), eliminando-se 0,5 m de bordadura, constituída das duas fileiras centrais, exceto, para o estande final, apresentado por ocasião da colheita, sendo avaliado pelo número de plantas na área útil da parcela, equivalente a 7 m².

Durante a floração plena, em que 50% das flores do capítulo estavam abertas em todo campo de produção, marcaram-se as plantas a serem avaliadas, determinando-se as seguintes variáveis: altura de plantas - determinada com auxílio de uma régua pela medida do nível do solo até a inserção da inflorescência (capítulo); diâmetro da haste - realizado a 5 cm do nível do solo, utilizando-se um paquímetro digital, com precisão de 0,01 milímetros; número de folhas - determinada pela contagem das folhas totalmente abertas e também de folhas pendentes (em senescência) nas plantas; circunferência do capítulo - ao final do ciclo da cultura, quando os capítulos se encontravam secos, determinou-se a circunferência do capítulo do girassol, medindo-se com o auxílio de uma trena graduada em centímetros.

A colheita foi realizada manualmente, quando os capítulos se encontravam completamente secos, em seguida esses foram debulhados manualmente, para a determinação do rendimento de grãos, corrigido a 11% de umidade, e os dados convertidos em quilo por hectare (kg ha⁻¹), sendo esta, a variável básica.

O peso de 1000 aquênios foi determinado por meio da pesagem de oito subamostras de 100 sementes puras, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g), conforme Brasil (2009), com resultados expressos em gramas.

Os dados provenientes das avaliações foram submetidos à análise de variância, multicolinearidade e análise de trilha; para as análises de correlação canônica, foram formados dois grupos: Grupo 1 (estande → rendimento, peso de mil aquênios) e Grupo 2 (estande → altura de planta, circunferência do capítulo, número de folha, diâmetro da haste). As análises foram realizadas com auxílio do programa Computacional Genes (CRUZ, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos significativos foram observados na análise de variância para os caracteres avaliados nos diferentes genótipos de girassol, exceto, para o rendimento. Isso pode ser explicado pelo efeito do ambiente sob os genótipos, podemos assim supor que, os genótipos

em estudo embora sejam diferentes em termos genéticos, isso não pode ser pronunciado em função do efeito ambiental que sobrepôs aos efeitos genéticos. Portanto, há necessidade de avaliar os genótipos em diferentes localidades e épocas de produção.

Considerando os efeitos adversos da multicolinearidade, foi observando um número de condição menor que 100 (20,3121), classificando a multicolinearidade como fraca, o que não ocasiona problema para a análise de trilha, sendo considerado confiáveis as interpretações dos resultados obtidos (CRUZ E CARNEIRO, 2006).

O coeficiente de determinação revela que 84% da produtividade pode ser explicada pelo efeito das variáveis analisadas, conforme expresso na Tabela 1. Nesta estão apresentados os valores do desdobramento da correlação entre as variáveis explicativas e a variável básica, rendimento, em efeitos diretos e indiretos, obtidos por meio da análise de trilha.

Para fins de melhoramento, é importante identificar dentre as características de alta correlação com a variável básica, aquelas de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente (SEVERINO et al., 2002).

No presente estudo, observou-se, pelas estimativas de correlação, que a altura de plantas foi o principal caractere relacionado ao aumento do rendimento, entretanto, na análise de trilha, sua importância foi secundária, uma vez que a maior parte desse efeito se constitui de forma indireta, via número de folhas (Tabela 1).

A esse respeito, Okuyama et al. (2004) afirmaram que o estudo mais detalhado das relações, obtidas pela análise de trilha, mostrou que a relação entre rendimento de grãos e seus componentes é bastante diferente das apresentadas pela análise de correlação simples. A aparente divergência ocorre em razão da abordagem analítica, enquanto, a correlação simples identifica as associações mútuas entre as características, a análise de trilha permite a determinação da magnitude relativa de cada efeito (CRUZ et al., 2006).

A circunferência do capítulo apresentou efeito direto e negativo sobre a produtividade (Tabela 1), demonstrando a inviabilidade do uso dessas características pelos melhoristas na obtenção de novos genótipos. Esse resultado não vai de encontro aos obtidos por outros

autores (ASHOK et al., 2000; FARHATULLAH E KHALIL, 2006; GONDIM et al., 2008), em que o tamanho do capítulo apresentou efeito direto de valor positivo e de elevada magnitude para o rendimento de girassol. Dessa forma, há necessidade da realização de estudos mais detalhados a respeito da influência dessa característica na produtividade do girassol; comportamento semelhante foi observado para o caráter diâmetro da haste.

Tabela 1 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos de componentes agrônômicos (rendimento: REND, estande: STD, altura de planta: AP, tamanho de capítulo: TC, número de folhas: NF, circunferência de capítulo: CC, peso de mil aquênios: PMA) de dez genótipos de girassol sobre o rendimento de aquênios (REND kg ha⁻¹), obtidos no método análise de trilha.

Efeito	Efeito direto	Efeito indireto	r de Pearson
Altura de plantas			
Direto sobre REND	0.419785	-	-
Indireto via PMA	-	-0.03768	-
Indireto via DH	-	-0.22464	-
Indireto via NF	-	0.52938	-
Indireto via CC	-	-0.10080	-
Indireto via STD	-	0.10778	-
Total (r de Pearson)			0.6938**
Diâmetro da haste			
Direto sobre REND	-0.83385	-	-
Indireto via PMA	-	-0.01667	-
Indireto via NF	-	0.25202	-
Indireto via CC	-	0.11527	-
Indireto via AP	-	0.11309	-
Indireto via STD	-	0.02411	-
Total (r de Pearson)			-0.346
Circunferência do capítulo			
Direto sobre REND	-0.37995	-	-
Indireto via PMA	-	-0.02554	-
Indireto via DH	-	0.25299	-
Indireto via NF	-	0.18568	-
Indireto via AP	-	0.11136	-
Indireto via STD	-	0.11675	-
Total (r de Pearson)			0.2614
Número de folha			
Direto sobre REND	0.603076	-	-
Indireto via PMA	-	-0.03480	-

Indireto via DH	-	-0.34847	-
Indireto via CC	-	-0.11699	-
Indireto via AP	-	0.36848	-
Indireto via STD	-	0.05740	-
Total (r de Pearson)			0,4042**
		Peso mil aquênios	
Direto sobre REND	0.049125	-	-
Indireto via DH	-	0.28300	-
Indireto via NF	-	-0.42728	-
Indireto via CC	-	0.19753	-
Indireto via AP	-	-0.32198	-
Indireto via STD	-	-0.01972	-
Total (r de Pearson)			-0.2393
		Estande	
Direto sobre REND	-0.21247	-	-
Indireto via PMA	-	0.00455	-
Indireto via DH	-	0.09464	-
Indireto via NF	-	-0.16295	-
Indireto via CC	-	0.20878	-
Indireto via AP	-	-0.21296	-
Total (r de Pearson)			-0.2804
Efeito da variável residual			0.391015
Coefficiente de determinação			0.847107

* e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O elevado valor positivo e significativo da correlação, entre o número de folhas e rendimento deveu-se principalmente a seu efeito direto (Tabela 1). O número de folhas por planta também afetou o rendimento final de forma positiva, via efeito indireto da altura de plantas e estande, o que reafirma a importância dessa característica na seleção de plantas mais produtivas. Efeitos semelhantes foram obtidos por Gondim et al. (2008) que estudaram correlações e análise de trilha em girassol. Esse fato implica que a seleção de plantas com maior número de folhas resultará na obtenção de genótipos mais altos e produtivos.

Existe uma tendência que plantas com folhas mais compridas e com entrenós com maior diâmetro produzam mais. De fato, em sistemas sem limitação de água, folhas grandes possibilitam maior produção de fotoassimilados devido à maior área fotossintética, o que implica em maior fotossíntese líquida (TAIZ E ZEIGER, 2013).

Para o peso de mil aquênios, foi observado o efeito direto positivo sobre a produtividade (Tabela 1), entretanto, tal efeito foi de baixa magnitude, inferior ao efeito da variável residual. Vieira et al. (2007) estudando trigo e Barili et al. (2011) ao avaliarem feijão, obtiveram valores positivos para o peso de mil sementes, evidenciando assim que o efeito direto para várias culturas é um bom preditor da correlação genética, possibilitando a seleção para rendimento por meio deste componente.

Na Tabela 1, verifica-se que o estande final de plantas tem efeito direto negativo com o rendimento, o que pode estar evidenciando que o aumento na densidade de plantas acarreta diminuição na produção devido à alta competitividade entre as mesmas. Resultados similares foram obtidos por Barili et al. (2011), ao se estudar a correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum. Andrade et al. (2001) relatam ainda que, a competitividade entre plantas aumenta à medida que ocorre redução do espaçamento, devido o aumento da densidade de plantas por metro.

Os atuais resultados permitem inferir sobre a possibilidade de seleção indireta para produtividade de grãos utilizando como referência as características agronômicas de número de folhas e peso de mil aquênios para os genótipos. Para Amorim et al. (2008) existe correlações significativas e efeitos diretos positivos entre produtividade de grãos, diâmetro do capítulo, porcentagem de grãos e a massa de mil aquênios, podendo ser utilizados na seleção indireta visando o desenvolvimento de novos genótipos.

Em conformidade com Coimbra et al. (2004), ao se observar efeitos diretos altos e positivos, ou indiretos altos e negativos, a seleção indireta pode não oferecer ganhos satisfatórios. Portanto, Cruz et al. (2006) recomendam o uso da seleção simultânea de caracteres, como sendo a mais apropriada, desde que, as características apresentem valores de herdabilidade compatíveis (próximos), em comparação aos da variável principal.

Com o intuito de melhor identificar as associações que permitissem acréscimos no rendimento do girassol, realizou-se um estudo de correlações canônicas (Tabela 2) envolvendo caracteres de produtivos e vegetativos.

O primeiro par canônico ($r = 0,71$) foi significativamente diferente de zero pelo teste qui-quadrado ($p < 0,01$), indicando haver relações entre os caracteres nos complexos analisados

(Tabela 2). Em relação a este par, verificou-se que plantas com menor número de folhas, menores circunferência do capítulo, e mais baixas determinam plantas menos produtivas e aquênios mais pesados.

Verificou-se que plantas com menor circunferência de capítulo determinaram uma redução no rendimento de girassol (Tabela 2), dessa forma pode-se afirmar que o oposto também é verdadeiro, plantas com maior circunferência de capítulo determinaram um aumento no rendimento. Contudo, deve ser mencionado que o caráter rendimento mostrou sentido negativo na correlação simples com circunferência do capítulo (Tabela 1). Portanto, a associação entre estes dois caracteres pode estar sendo definida por outros caracteres e, por consequência, para a obtenção de ganhos na produtividade, poderá haver a necessidade de selecionar simultaneamente tais caracteres, além da circunferência do capítulo. A identificação desses caracteres foi possibilitada pela análise de trilha (Tabela 1).

Tabela 2 - Coeficientes canônicos estimado entre as variáveis do Grupo 1 e Grupo 2, para um par canônico de genótipos de girassol.

Coeficientes canônicos do 1º PC	
Caracteres de produtivos	
Rendimento	- 0,68676
Peso de mil aquênios	0,6418
Coeficientes canônicos do 1º PC	
Caracteres vegetativos	
Altura de planta	- 0,82003
Circunferência de capítulo	- 0,25451
Número de folhas	- 0,15436
Diâmetro da haste	0,14264
R	0,71
Significância	<0,01

Os resultados obtidos pela análise canônica mostram ainda que a obtenção de ganhos simultâneos para o rendimento e para o peso de mil aquênios é extremamente difícil, uma vez que os coeficientes se encontram com sinais opostos. A impossibilidade de aumento conjunto

nestes componentes se deve a existência do efeito de compensação entre os componentes primários, ou seja, à medida que se aumenta o rendimento diminui-se o peso de mil aquênios e vice-versa.

Em feijão, estudos de correlação fenotípica entre componentes do rendimento indicaram oposição entre os componentes primários, número de grãos por legume e massa de grãos, ou seja, quando uma planta produz um grande número de grãos por legume, a necessidade de fotossimilados para o enchimento de todos os grãos, é muitas vezes, maior do que a planta possui, desta forma, ela tende a diminuir a massa dos grãos, o que confere menor massa de mil grãos (MUNDSTOCK E THOMAS, 2005; BARILI et al., 2011).

Com base nestes resultados, ficou evidenciada a importância do estudo de correlações canônicas e análise de trilha no entendimento das relações entre os componentes produtivos e os caracteres vegetativos, pois as magnitudes das correlações simples nem sempre refletiram adequadamente a relação causa-efeito entre caracteres. Portanto, o uso da correlação canônica pode simplificar e determinar quais variáveis são mais importantes na análise.

4. CONCLUSÕES

A análise de trilha e a correlação canônica apontaram a circunferência do capítulo como um componente não utilizável para obter ganhos sobre o rendimento de aquênios de girassol.

O número de folhas, juntamente com o efeito indireto de altura de plantas e estande, são os principais componentes de rendimento de aquênios.

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig: Unidade Regional do Norte de Minas) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M.J.B.; MORAIS, A.R.; TEIXEIRA, I.T.; SILVA, M.V. Avaliação de sistemas de consórcio de feijão com Milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 2, p. 242-250, 2001.
- AMORIN, E.P.; RAMOS, N.P.; UNGARO, M.R.G.; KIIHL, T.A.M. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 307-316, 2008.
- ASHOK, S.; SHERRIFF, N.M.; NARAYANAN, S. L. Character association and path analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Crop Research**, v.20, p.453-456, 2000.
- BARILI, L.D.; VALE, N.M.; MORAIS, P.P.P.; BALDISSERA, J.N.C.; ALMEIDA, C.B.; ROCHA, F.; VALENTINI, G.; BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F. Correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1263-1274, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CASTRO, C. **A expansão do girassol no Brasil**. EMBRAPA Soja. Londrina-PR. 2007. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/rnpg/downloads/Painel>. Acesso em: 29 dez. 2013.
- COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; ENDER, M.; MEROTTO JÚNIOR, A. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. **Ciência Rural**, v.34, p.1421-1428, 2004.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, 10º levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, DF: Conab, v.4, safra 2016/17, n. 10, 2017.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. rev. Viçosa: UFV, 2006. 585 p.
- CRUZ C. D. **Programa Genes**: Aplicativo computacional em genética e estatística. Versão Windows - 2007, Viçosa, UFV.
- FARHATULLAH, F.; KHALIL, I.H. Path analysis of the coefficients of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. **International Journal of agriculture and Biology**, v.8, n.5, p.621-625, 2006.
- GOMES, D. P.; BRINGEL, J. M. M.; MORAES, M. F. H.; KRONKA, A. Z.; TORRES, S. B. Características agronômicas de genótipos de girassol cultivados em São Luiz - MA. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 3, p. 213-216, 2007.

- GONÇALVES, M.C.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Tópicos especiais de biometria no melhoramento de plantas**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 282p. 2012.
- GONDIM, T.C.O.; ROCHA, V.S.; SEDIYAMA, C.S.; MIRANDA, G.V. Análise de trilha para componentes do rendimento e caracteres agronômicos de trigo sob desfolha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 4, p. 487-493, 2008.
- MORRISON, D.F. Multivariate statistical methods. 2. ed. Tokyo: McGraw Hill, 415 p. 1978.
- MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento dos grãos**. UFRGS, Departamento de plantas de Lavoura da Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005. 31p.
- OKUYAMA, L.A.; FEDERIZZI, L.C.; BARBOSA NETO, J.F. Correlation and path analysis of yield and its components and plant traits in wheat. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1701-1708, 2004.
- PORTO, W.S.; CARVALHO, C.G.P.; PINTO, R.J.B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 491-499, 2007.
- PORTO, W.S.; CARVALHO, C.G.P.; PINTO, R.J.B.; OLIVEIRA, M.F., OLIVEIRA, A.C.M. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol para a região subtropical do Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2452-2459, 2009.
- SANTOS, R.C.; CARVALHO, L.P.; SANTOS, V.F. Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em amendoim. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.13-16, 2000.
- SCHWERZ, T., JAKELAITIS, A., TEIXEIRA, M.B., SOARES, F.A. L., TAVARES, C. J. Produção de girassol cultivado após soja, milho e capim-marandu, com e sem irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, p.470–475, 2015.
- SEVERINO, L.S.; SAKIYAMA, N.S.; PEREIRA, A.A.; MIRANDA, G.V.; ZAMBOLIM, L.; BARROS, U.V. Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (*Coffea arabica* L. “Catimor”). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1467-1471, 2002.
- SILVA, M.L.O.; FARIAS, M.A.F.; MORAIS, A.R.; ANDRADE, G.P.; LIMA, E.M.C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes

lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 482–488, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 954 p.

VIEIRA, E.A.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MARTINS, L.F.; BENIN, J.; SILVA, J.A.G.; COIMBRA, J.L.M.; MARTINS, A.F.; CARVALHO, M.F.; RIBEIRO, G. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 169-174, 2007.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, p. 557-585, 1921.

Annona atemoya*: UMA PLANTA PROMISSORA NO CONTROLE DE *Anticarsia gemmatalis

Annona atemoya*: A PLANT PROMISING NO CONTROL OF *Anticarsia gemmatalis

J. E. R. GORRI¹, N. C. R. COSTA¹, T. C. V. CAMARGOS¹, D. S. dos REIS¹ e E. M. SILVA¹

¹Universidade Federal de Viçosa - CRP, Instituto de Ciências Agrárias
E-mail: jessica.rodrigues@ufv.br

PALAVRAS-CHAVE: Atemóia; inseticidas botânicos; mortalidade; lagarta-da-soja.

KEYWORDS: Atemóia; botanical insecticides; mortality; soybean caterpillar.

RESUMO: *As preocupações frente aos impactos ambientais têm aumentado a busca por novas formas de proteção para as plantas. Uma alternativa seria com a ação inseticida de extratos botânicos, que são considerados mais ecológicos. Assim, objetivou-se avaliar a mortalidade da praga *Anticarsia gemmatalis* por ação do extrato etanólico das sementes de *Annona atemoya*. Os bioensaios de toxicidade foram conduzidos em placa de Petri, no qual foi feita com a aplicação tópica nas lagartas da solução do extrato etanólico a 1% (m.v⁻¹). Os tratamentos são compostos por quatro doses do extrato etanólico, quatro doses de acetona (testemunhas) e quatro repetições. A mortalidade dos insetos foi avaliada após dez dias. As doses 7,0 e 5,0 µl do extrato causaram as maiores mortalidades com 61,25 e 48,75%, respectivamente. O resultado obtido no experimento é inédito e demonstra que o extrato botânico etanólico de sementes de atemóia apresenta potencial fitoinseticida sobre lagartas de segundo instar de *A. gemmatalis*.*

ABSTRACT: *Concerns about environmental impacts have increased the search for new forms of plant protection. An alternative would be with the insecticidal action of botanical extracts, which are considered more ecological. The objective of this study was to evaluate the mortality of the *Anticarsia gemmatalis* pest by the action of the ethanolic extract of *Annona atemoya* seeds. The toxicity bioassays were conducted in a Petri dish, in which the topical application was performed on the caterpillars of the solution of the 1% ethanolic extract (m.v⁻¹). The treatments are composed of four doses of ethanolic extract, four acetone doses (controls) and four replicates. Insect mortality was assessed after ten days. The 7.0 and 5.0 µl doses of the*

extract caused the highest mortalities with 61.25 and 48.75%, respectively. The result obtained in the experiment is unprecedented and demonstrates that the ethanolic botanical extract of atemóia seeds has potential phytoinsecticide on second instar caterpillars of A. gemmatalis.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja está sujeita ao ataque de um grande número de pragas da ordem Lepidoptera. Dentro desta ordem, destaca-se a lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae), que se alimenta do limbo foliar, podendo causar até 100% de desfolha nessa cultura (LOURENÇÃO et al., 2010), o que acarreta a uma redução drástica da produtividade (GUEDES et al., 2012).

O controle químico tem sido a forma de controle mais empregada. No entanto, o uso destas moléculas inseticidas promove o acúmulo de substâncias tóxicas no solo, água e nos alimentos (PIMENTEL et al., 2010; TAVARES et al., 2012). Mesmo assim, seu uso não está em declínio, pois novas moléculas são descobertas, assim novos grupos de inseticidas com mecanismos de ação diferentes são produzidos (ISMAN et al., 2011).

Entretanto, mesmo com as novas formulações de inseticidas, há preocupações com os riscos à saúde humana, animal e impactos ambientais relacionados ao uso constante dos mesmos agrotóxicos e com relação ao aumento de populações de pragas resistentes as moléculas sintéticas (KAUSHIK et al., 2009).

Tais preocupações têm aumentado a busca de novas formas de proteção para as plantas. Uma alternativa para reduzir o alto consumo de inseticidas sintéticos seria por meio da utilização de inseticidas botânicos que são considerados ecologicamente mais seguros e com menor impacto a saúde humana (DAYAN et al., 2009).

A ação inseticida dos extratos botânicos é proporcionada por metabólitos secundários como alcaloides, flavonoides, saponinas e terpenoides, produzidos pelas plantas como estratégia de defesa contra herbívoros (ISMAN, 2006). Esses metabólitos são capazes de afetar negativamente o desenvolvimento dos insetos (CHARIANDY et al., 1999), agir como barreira

fagodeterrente (BRUCE E PICKETT, 2011) e podem atuar como repelentes de pragas (AKHTAR et al., 2012).

O uso de extratos botânicos, em geral, é considerado uma opção mais ecológica que os inseticidas sintéticos para o controle de pragas por serem facilmente biodegradáveis (FERNANDEZ-PEREZ et al., 2014); por uma planta conter vários metabólitos secundários, o permite a redução no tempo de seleção de populações de pragas resistentes comparados as pragas expostas aos controles químicos; e em alguns casos possuir moderada a baixa toxicidade a mamíferos (ISMAN E GRIENEISEN, 2014; MIRESMAILLI E ISMAN, 2014).

Como desvantagens ao seu uso podem ser citadas, a falta de estudos para as mais diversas espécies vegetais, elucidação da ação sobre os organismos pragas de importância econômica e também sobre os organismos não-alvo de sua ação (MUGISHA-KAMATENESI et al., 2008; ZOUBIRI E BAALIOUAMER, 2011; KARERU et al., 2013; RAMPELOTTI-FERREIRA et al., 2017). Assim, objetivou-se avaliar a mortalidade de lagartas de *Anticarsia gemmatalis* pela ação inseticida do extrato botânico de sementes de *Annona atemoya*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba (UFV - CRP). O extrato botânico foi obtido das sementes de atemóia (*A. atemoya*) coletadas de frutos provenientes de um plantio comercial em Rio Paranaíba, MG. As lagartas de segundo instar de *A. gemmatalis* foram obtidas a partir de criação no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV - CRP em dieta artificial (PARRA, 2001).

Para a obtenção do extrato botânico de atemóia, as sementes foram secas em estufa de circulação forçada a 40°C por um período de 72 horas. Em seguida, as sementes foram moídas e, posteriormente, o material foi imerso em etanol (C₂H₆O, P.A-ACS 99,5%) por cinco dias na proporção de 60% (m/v de vegetal/solvente). Após esse tempo de imersão, a solução foi filtrada. Na sequência, o solvente foi extraído por meio de evaporador rotativo a 45°C e sob pressão de 600 mm Hg.

Os bioensaios de toxicidade foram realizados em placa de Petri. Para tanto, foi administrada via aplicação tópica em cada lagarta com o auxílio de uma microseringa. A solução aplicada foi obtida da ressolubilização, do produto obtido no evaporador rotativo, em acetona a 1% (m.v⁻¹). Após a aplicação aguardou-se cerca de 15 minutos para administrar a dieta artificial às lagartas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro doses do extrato, quatro doses de acetona (testemunhas), quatro repetições e duas subrepetições (Tabela 1). A mortalidade dos insetos foi avaliada dez dias após a finalização da montagem do experimento. Foram consideradas mortas as lagartas que não responderam com movimentos ou com contrações peristálticas quando tocadas com pincel de ponta fina.

Tabela 1 - Detalhamento do bioensaios para avaliação da mortalidade de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) submetidas ao extrato botânico de *Annona atemoya*.

Praga	Dose (µL)	Nº insetos/ Placa	Repetições	Sub-repetições	Dose testemunha (acetona) (µL)
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	2; 3,5;5; 7	2	4	2	2; 3,5;5; 7

A homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos foram verificadas pelos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente. Para verificar o efeito das doses sobre a mortalidade da praga, os dados foram submetidos à análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade. Entretanto, devido à falta de ajuste aos modelos, os dados foram submetidos a ANOVA seguido pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtido é inédito e demonstra que o extrato de sementes de atemóia apresenta potencial fitoinseticida sobre lagartas de segundo instar de *A. gemmatalis*. As doses de 7,0 e 5,0 µl do extrato de sementes de atemóia apresentaram diferença significativa em relação a testemunha. Essas doses causaram mortalidade em lagartas de *A. gemmatalis* em torno de 61,25 e 48,75%, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Mortalidade de lagartas do segundo instar de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) por aplicação tópica de doses de extrato de *Annona atemoya*. Temperatura= 25±1°C; Umidade relativa = 70±10%; Fotofase = 12h. Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, 2017.

Dose (µl)	Tratamento	Mortalidade (%) ⁽¹⁾
2,0	Testemunha (acetona)	0,03 c
3,5	Testemunha (acetona)	0,03 c
5,0	Testemunha (acetona)	0,04 c
7,0	Testemunha (acetona)	0,04 c
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
2,0	Extrato de <i>Annona atemoya</i>	20,00 bc
3,5	Extrato de <i>Annona atemoya</i>	27,50 abc
5,0	Extrato de <i>Annona atemoya</i>	48,75 ab
7,0	Extrato de <i>Annona atemoya</i>	61,25 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As plantas da família Annonaceae apresentam pontecial ação inseticida e estão entre as mais promissoras, a bioatividade já foi verificada para as diversas espécies de insetos (JACOBSON, 1989; ISMAN, 2006), principalmente lepidópteros, como, *Trichoplusia ni* Hübner, 1803 (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae) (LEATEMIA E ISMAN, 2004; SEFFRIN et al., 2010), *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) (SAITO et al., 2004; ÁLVAREZ-COLOM et al., 2007; BLESSING et al., 2010), *Tuta absoluta* Meyrick, 1917 (Lepidoptera: Gelichiidae) (SILVA et al., 2007), *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) (FONTANA et al., 1998; SAITO et al., 2004), *Pseudaletia sequax* Franclemont, 1951 (Lepidoptera: Noctuidae) (FONTANA et al., 1998) e *Plutella xylostela* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Plutellidae) (LAETAMIA E ISMAN, 2004; DADANG E PRIJONO, 2009; TRINDADE et al., 2011).

É possível que a ação inseticida da atemóia ocorra em função da presença de metabólitos secundários conhecidos como acetogeninas. Essa substância confere a

capacidade de interferir na atividade hormonal de lepidópteros (BLESSING et al., 2010) e inibir a produção de ATP do complexo mitocondrial I (NADH ubiquinona oxidoreductase), causando a morte celular programada dos insetos devido a redução na produção de energia (ATP) e no transporte de elétrons na mitocôndria (LEWIS et al., 1993; AHAMMADSAHIB et al., 1993; ALALI et al., 1999).

Ao analisar o comportamento e a biologia de *A. gemmatalis* ao consumir folhas de soja pulverizadas com extratos de três espécies de plantas do gênero *Annona* (*A. muricata*, *A. squamosa* e *A. coriacea*), foi observado que lagartas de quinto, sexto e sétimo instar consumiram mais folhas, entretanto, o período de desenvolvimento larval e a mortalidade foram maiores para as doses de 18 (10%) e 36 µg (30%). As lagartas conseguiram se alimentar das plantas, mas tiveram seu desenvolvimento prejudicado e até mesmo interrompido. A cromatografia líquida (HPLC) revelou a presença de acetogeninas nas espécies de *Annona* estudadas (FONTANA et al., 1998).

Visando o controle de lagartas da praga *Trichoplusia ni*, extratos botânicos metanólicos das sementes de *A. atemoya* e *A. squamosa* foram utilizados e demonstraram efeitos antioxidantes, tóxicos e de inibição de crescimento em lagartas de *Trichoplusia ni* devido a redução do consumo de área foliar e do desenvolvimento larval (SEFFRIN et al., 2010).

Bioensaios com extratos botânicos de 18 espécies de plantas, dentre estas, as sementes de *A. dioica*. Foram utilizados para demonstrar efeito sobre *A. gemmatalis*. Os extratos foram aplicados (pulverizados) em discos de folhas de milho e soja, em que 1g de planta = 1mL de extrato final. Com os resultados das áreas consumidas foram calculados os índices de inibição alimentar. As espécies de plantas que apresentaram deterrência alimentar foram *A. dioica*, *Agonandra brasiliensis*, *Ocotea suaveolens* e *Machaerium hirtum*. A triagem química revelou os grupos químicos pertencentes as saponinas, alcalóides, cumarinas ou flavonóides, sendo que as sementes de *A. dioica* apresentam cumarinas e alcalóides, a este último grupo químico estão incluídas as acetogeninas (SAITO et al., 2004).

Assim, conforme constatado o extrato de sementes de atemóia apresenta potencial efeito inseticida para o controle de *A. gemmatalis*, podendo integrar as táticas de controle a serem utilizadas dentro do manejo integrado de pragas (MIP). Apesar de haver dificuldades com

relação a estabilidade e formulações envolvendo produtos de origem vegetal, o uso do extrato de sementes de *A. atemoya* mostra-se favorável, pois apresenta fácil obtenção, com baixo custo e rápida degradação, além de baixo ou nenhum risco de contaminação (ISMAN, 2015).

Portanto, pode-se inferir que *A. atemoya* apresenta potencial para bioprospecção na área de produtos fitossanitários. Podendo ser utilizada em pequena escala (artesanal) ou em larga escala por meio da elaboração de produto comercial com base em seu princípio de ação. A produção artesanal pode ser realizada pelo cultivo das plantas pelo agricultor ou pela reutilização de sementes que são descartadas de fábricas de sucos e sorvetes. Já a produção comercial exige mais estudos para a identificação dos compostos e estruturas moleculares e os modos de ação das acetogeninas em plantas da família Annonaceae (RIBEIRO et al., 2013; KRINSKI et al., 2014).

4.CONCLUSÃO

O extrato etanólico das sementes de atemóia na dose de 7,0 e 5,0 µl causaram as maiores mortalidades de 61,25 e 48,75%. Com base nesse resultado, as sementes de atemóia possuem características de ação inseticida, sendo uma base para estudos em nível de campo com seus metabólitos secundários.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo financiamento da pesquisa e à Embrapa Meio Ambiente pelo fornecimento das lagartas.

REFERÊNCIAS

- AHAMMADSAHIB, K.I.; HOLLINGWORTH, R.M.; MCGOVREN, J.P.; HUI, Y.H.; MCLAUGHLIN, J.L. Mode of action of bullatacin: A potent antitumor and pesticidal annonaceous acetogenin. **Life Sciences**, v.53, n. 14, p. 1113-1120, 1993.
- AKHTAR, Y.L.; PAGES, E.; STEVENS, A.; BRADBURY, R.; CAMARA, C.A.G.; ISMAN, M.B. Effect of chemical complexity of essential oils on feeding deterrence in larvae of the cabbage looper. **Physiological Entomology**, v.37, n. 1, p. 81-91, 2012.

- ALALI, F.Q.; LIU, X.; MCLAUGHLIN, J.L. Annonaceous Acetogenins: Recent Progress. **Journal of Natural Products**, v.62, n.3, p. 504-540, 1999.
- ÁLVAREZ-COLOM, O.; NESKE, A.; POPICH, S.; BARDÓN, A. Toxic effects of annonaceous acetogenins from *Annona cherimolia* (Magnoliales: Annonaceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Pest Science**, v.80, n. 1, p. 63-67, 2007.
- BLESSING, L.T.; COLOM, O.A.; POPICH, S.; NESKE, A.; BARDÓN, A. Antifeedant and toxic effects of acetogenins from *Annona montana* on *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Pest Science**, v.83, n. 3, p. 307-310, 2010.
- BRUCE, T.J.A.; PICKETT, J.A. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects- Finding the right mix. **Phytochemistry**, v.72, n. 13, p. 1605-1611, 2011.
- CHARIANDY, C.M.; SEAFORTH, C.E.; PHELPS, R.H.; POLLARD, G.V.; KHAMBAY, B.P. Screening of medicinal plants from Trinidad and Tobago for antimicrobial and insecticidal properties. **Journal of Ethnopharmacology**, v.64, n. 3, p. 265-270, 1999.
- DADANG, F.E.D.; PRIJONO, D. Effectiveness of two botanical insecticide formulations to two major cabbage insect pests on field application. **Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences**, v.15, n. 1, p. 42-51, 2009.
- DAYAN, F.E.; CANTRELL, C.L.; DUKE, S.O. Natural products in crop protection. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v.17, n. 12, p. 4022-4034, 2009.
- FERNANDEZ-PEREZ, M.; FLORES-CESPEDES, F.; DAZA-FERNANDEZ, I.; VIDAL-PENA, F.; VILAFRANCA-SANCHEZ, M. Lignin and lignosulfonate-based formulations to protect pyrethrins against photodegradation and volatilization. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v.53, n. 35, p. 13557-13564, 2014.
- FONTANA, J.; LANCAS, F.; PASOS, M.; CAPPELARO, E.; VILLEGAS, J.; BARON, M.; NOSEDA, M.; POMIHO, M.; VITALE, A.; WEBBER, A.; MAUL, A.; PERES, W.; FOERSTER, L. Selective Polarity- and adsorption- guided extraction/purification of *Annona* sp. polaracetogenins and biological assay against agricultural pests. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.70-72, p. 67-76, 1998.
- GUEDES, J.V.C.; FIORIN, R.A.F.; STÜRMER, G.R.S.; PRÁ, E.D.; PERINI, C.R.; BIGOLIN, M. Sistemas de aplicação e inseticidas no controle de *Anticarsia gemmatalis* na soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n. 8, p.910-914, 2012.

- ISMAN, M.B. A renaissance for botanical insecticides? **Pest Management Science**, v.71, n. 12, p. 1587-1590, 2015.
- ISMAN, M.B. Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v.51, p. 46-66, 2006.
- ISMAN, M.B.; GRIENEISEN, M.L. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. **Trends in Plant Science**, v.19, n. 3, p. 140-145, 2014.
- ISMAN, M.B.; MIRESMAILLI, S.; MACHIAL, C. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture: industry and consumer products. **Phytochemistry Reviews**, v.10, n. 2, p. 197-204, 2011.
- JACOBSON, M. Botanical pesticides: past, present and future. In: ARNASON, J.T.; PHILOGÈNE, B.J.R.; MORAND, P. **Insecticide of plant origin**. Washington, DC, AmericanChemical Society, p. 69-77, 1989.
- KARERU, P.; ROTICH, Z.K.; MAINA, E.W. Use of botanicals and safer insecticides designed in controlling insects: the African case. **Intech**, p. 298-309, 2013.
- KAUSHIK, G.; SATYA, S.; NAIK, S.N. Food processing a tool to pesticide residue dissipation - a review. **Food Research International Journal**, v.42, n. 1, p. 26-40, 2009.
- KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p. 224-243, 2014.
- LEATEMIA, J.; ISMAN, M. Efficacy of crude seed extracts of *Annona squamosa* against diamondback moth, *Plutella xylostella* L. in the greenhouse. **International Journal of Pest Management**, v.50, n. 2, p. 129-133, 2004.
- LEWIS, M.A.; ARNASON, J.T.; PHILOGENE, B.J.R.; RUPPRECHT, J. K.; MCLAUGHLIN, J. L. Inhibition of respiration at site I by asimicin, an insecticidal acetogenin of the pawpaw, *Asimina triloba* (Annonaceae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.45, n. 1, p. 15-23, 1993.
- LOURENÇÃO, A.L.; RECO, P.C.; BRAGA, N.R.; VALLE, G.E. do; PINHEIRO, J.B. Produtividade de genótipos de soja sob infestação da lagarta-da-soja e de percevejos. **Neotropical Entomology**, v.39, n. 2, p.275-281, 2010.
- MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M.B. Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, v.19, n. 1, p. 29-35, 2014.
- MUGISHA-KAMATENESI, M.; DENG, A.L.; OGENDO, J.O.; OMOLO, E.O.; MIHALE, M.J.; OTIM, M.; BUYUNGO, J.P.; BETT, P.K. Indigenous knowledge of field insect

- pests and their management around Lake Victoria basin in Uganda. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v.2, n. 10, p. 342-348, 2008.
- PARRA, J.R.P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. 6ª ed. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 2001. 134 p.
- PIMENTEL, M.A.G.; FARONI, L.R.D.A.; SILVA, F.H.; BATISTA, M.D.; GUEDES, R.N. C. Spread of phosphine resistance among brazilian populations of three species of stored product insects. **Neotropical Entomology**, v.39, n. 1, p. 101-107, 2010.
- RAMPELOTTI-FERREIRA, F.T; COELHO, J.R.A.; PARRA, J.R.P; VENDRAMIM, J.D. Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.138, p. 78-82, 2017.
- RIBEIRO, L.P.; VENDRAMIM, J.D.; BICALHO, K.U.; ANDRADE, M.S.; FERNANDES, J.B.; MORAL, R.A.; DEMÉTRIO, C.G.B. *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): A promising source of bioactive compounds against *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v.55, p. 6-14, 2013.
- SAITO, M.L.; POTT, A.; FERRAZ, J.M.G.; NASCIMENTO, R.S. Avaliação de plantas com atividade deterrente alimentar em *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) e *Anticarsia gemmatalis* Hubner. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.14, p. 1-10, 2004.
- SEFFRIN, R.C.; SHIKANO, I.; AKHTAR, Y.; ISMAN, M.B. Effects of crude seed extracts of *Annona atemoya* and *Annona squamosa* L. against the cabbage looper, *Trichoplusia ni* in the laboratory and greenhouse. **Crop Protection**, v.29, n. 1, p. 20-24, 2010.
- SILVA, A.P.T.; PEREIRA, M.J.B.; BENTO, L.F. Extrato metanólico da semente de araticum (*Annona coriacea*) (MART.) sobre a mortalidade da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n. 2, p. 1150-1153, 2007.
- TAVARES, W.S.; GRAEL, C.F.F.; MENEZES, C.W.G.; CRUZ, I.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. Residual effect of extracts of native plants from Brazil and a synthetic insecticide, chlorpyrifos, on *Coleomegilla maculata*, *Cycloneda sanguinea*, and *Eriopisconexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Vie Milieu**, v.62, n. 3, p. 115-120, 2012.
- TRINDADE, R.C.P.; LUNA, J.S.; LIMA, M.R.F.; SILVA, P.P.; SANT'ANA, A.E.G. Larvicidal activity and seasonal variation of *Annona muricata* (Annonaceae) extract on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v.37, n. 2, p. 223-227, 2011.

ZOUBIRI, S.; BAALIOUAMER, A. Chemical composition and insecticidal properties of some aromatic herbs essential oils from Algeria. **Food Chemistry**, v.129, n. 1, p. 179-182, 2011.

APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUADOR DOS EFEITOS DE DÉFICIT HÍDRICO NO MILHO

APPLICATION OF SALICYLIC ACID AS AN ATENUATOR OF THE EFFECTS OF WATER DEFICIT ON MAIZE

C. A. GOMES¹, A. C. de L. P. ASSIS¹, D. A. ALVES¹ e M. R. dos REIS¹

¹ Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias

E-mail: carol.agomes11@gmail.com

PALAVRAS CHAVE: Estresse; regulador vegetal; *Zea mays*.

KEYWORDS: Stress; vegetal regulator; *Zea mays*.

RESUMO: *O cultivo do milho pode ocorrer em condições climáticas desfavoráveis, safrinha ou cultivo em sequeiro. Objetivou-se avaliar o efeito de ácido salicílico (AS) como atenuador de estresse hídrico. O experimento foi constituído de um fatorial 6 x 2, sendo o primeiro fator seis doses de AS (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mM), e o segundo com ou sem déficit hídrico, e cinco repetições. Avaliou-se fitotoxicidade, clorofilas totais e massa de matéria seca (parte aérea e raiz). Os dados foram submetidos à análise de regressão. As plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram falta de turgidez nas folhas e crescimento menor se comparadas às que não sofreram déficit hídrico. As plantas sob estresse apresentaram maior sintomas de fitotoxicidade. Os dados de clorofila e de massa seca mostram prejuízos com o déficit hídrico, o que pode minimizar a taxa fotossintética, por possuir menor concentração de clorofila. Concluiu-se que o AS atenua os efeitos de déficit hídrico no milho.*

ABSTRACT: *Maize cultivation can occur in unfavorable climatic conditions, off-season or cultivation in the rainfed. The objective of this study was to evaluate the effect of salicylic acid (AS) as a water stress attenuator. The experiment consisted of a 6 x 2 factorial, the first factor being six doses of AS (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 mM), and the second with or without water deficit, and five repetitions. Phytotoxicity, total chlorophylls and dry matter mass (shoot and root) were evaluated. Data were submitted to regression analysis. The plants submitted to the water deficit presented a lack of turgidity in the leaves and a smaller growth when compared to those that did not suffer*

water deficit. Plants under stress had higher phytotoxicity symptoms. The data of chlorophyll and dry mass show damages with the water deficit, which can minimize the photosynthetic rate, because it has a lower concentration of chlorophyll. It is concluded that AS attenuates the effects of water deficit in maize.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um cereal de grande importância em todo o mundo. A produção, no Brasil, é voltada para o abastecimento interno, mas com o tempo vem exportando quantidades expressivas. Isso se deve ao crescimento na taxa de produção de 3 % ao ano e 0,4 % da área cultivada ao ano (EMBRAPA, 2015). Esse aumento se deve ao cultivo em duas épocas do ano, safra e entressafra, bem como ao manejo, qualidade de sementes, preparo do solo, controle de plantas daninhas, doenças, adubação e irrigação.

A ausência de água influencia em grande parte do potencial de produtividade da cultura do milho, pois esta é cultivada em regiões de precipitações de 250 mm até 5000 mm (EMBRAPA, 2015). Na fase vegetativa o milho se mostra tolerante ao déficit hídrico, porém na fase reprodutiva, demonstra grande sensibilidade e queda expressiva no rendimento de grãos (SANTOS E CARLESSO, 1998). Para minimizar esses efeitos, a planta desenvolve mecanismos de diminuição na produção de área foliar, fechamento de estômatos, visto que consome em um ciclo por volta de 204 L de água por planta de milho (TAIZ E ZEIGER, 1991).

O ácido salicílico é um hormônio vegetal, com composto fenólico, que assume a função de ativar as respostas de defesa da planta após alguma alteração em seu funcionamento ou a infecção de patógenos (MAUCH-MANY E MÉTRAUX, 1998). Devido a condições nem sempre favoráveis, as plantas não conseguem produzir a quantidade necessária para sua própria defesa, podendo ser produzida apenas em alguma fase de desenvolvimento ou condições adversas. (VERPOORTE E MEMELINK, 2002). Por isso, a aplicação exógena deste regulador vegetal pode promover benefícios às plantas, aumentando a defesa em menor período de tempo.

Assim, objetivou-se analisar o efeito da aplicação exógena de ácido salicílico em plantas de milho como atenuador de déficit hídrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa – CRP, no período de novembro de 2016 a janeiro de 2017. O experimento foi constituído de um fatorial 6 x 2 o primeiro fator foi constituído de 6 doses de ácido salicílico - AS (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mM), com e sem déficit hídrico. Adotou-se delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. A cultivar utilizada foi a DKB290 Pro3, foi realizada uma adubação de plantio de P_2O_5 , 300 kg/ha e 8 dias após a emergência das plantas foi realizada outra adubação com 100 kg ha⁻¹ de P_2O_5 .

A aplicação foi realizada 15 dias após a emergência das plantas, com pulverizador costal, munido com barra de 1 m, composto de dois bicos de jato tipo leque, volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Foram realizadas avaliações de fitotoxicidade e clorofila aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA). As notas de fitotoxicidade foram dadas através de uma escala de notas na qual 0 % representa nenhuma injúria e 100 % morte das plantas, conforme a metodologia da SBCPD (1995).

A avaliação de clorofila foi realizada com a coleta de quatro discos de aproximadamente 0,5 cm retirados da segunda folha completamente expandida, colocadas em solução de acetona 80 % e armazenadas em ambiente escuro por 72 h. Após isso foi realizada a leitura das amostras em espectrofotômetro, segundo adaptação de método de Scopel (2011).

O material vegetal foi coletado aos 35 dias da aplicação, separando-se raízes e parte aérea, com posterior secagem em estufa a 72°C até atingir peso constante e pesagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$) e análise de regressão. As escolhas do modelo de regressão foram baseadas na significância dos coeficientes, no coeficiente de determinação e no comportamento biológico do fenômeno.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações de fitotoxicidade visam mostrar os efeitos causados na planta após a aplicação de algum produto sobre ela, podendo ser pela alta intolerância à agrotóxicos, elevada concentração de produto ativo, sinergismo entre outros fatores. Isso pode provocar a queima ou a morte das células em que o produto entra em contato, por não conseguir metabolizar o produto (MADALOSSO, 2014). Neste experimento foram visíveis apenas sintomas nas plantas submetidas ao déficit hídrico. Os sintomas foram menor crescimento das plantas, falta de turgidez nas folhas e seca dos ponteiros. Assim, pode-se observar na Figura 1, que as plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram maiores sintomas nas avaliações de fitotoxicidade. Os sintomas foram mais acentuados aos 7 e 28 DAA que ambas apresentaram redução de aproximadamente 6 %. Observou-se ainda que não houve diferença visual entre as doses de ácido salicílico.

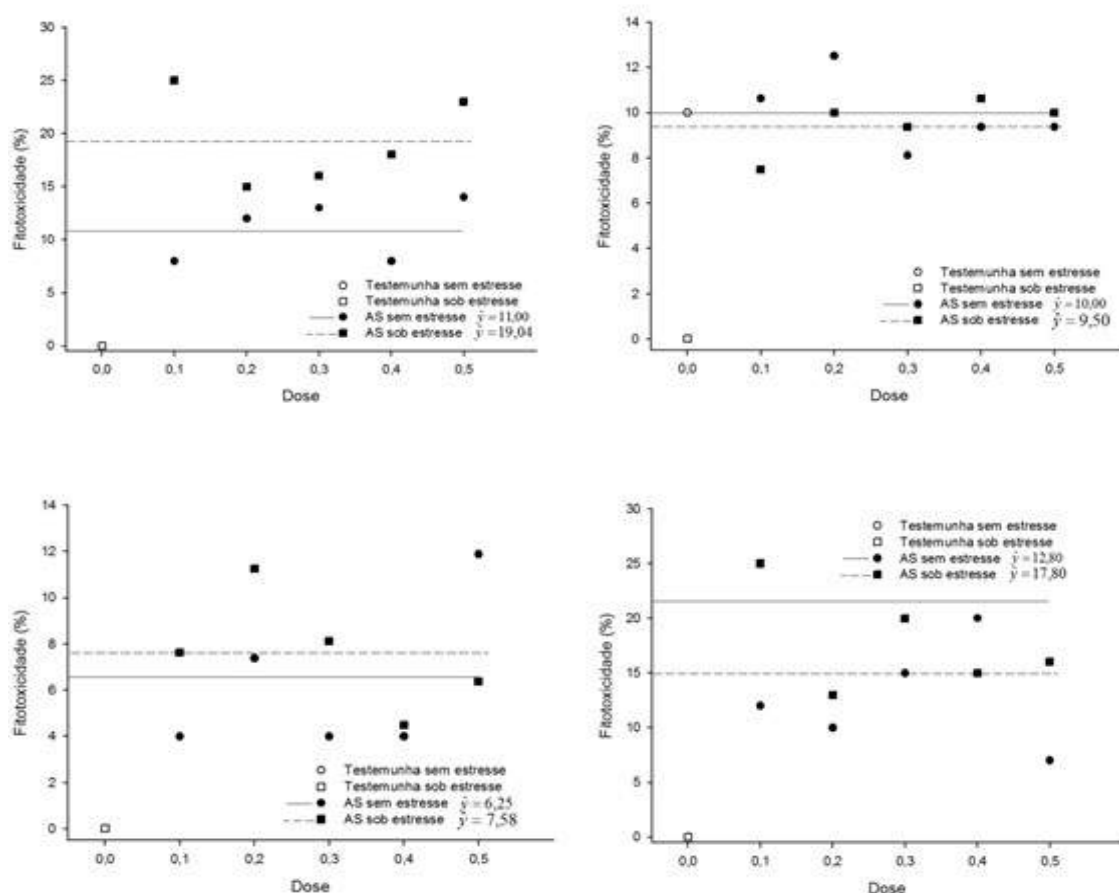


Figura 1 - Clorofilas totais em plantas de milho aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação.

Na Figura 1, observou-se que não há diferença estatística entre as doses de AS, porém observamos na Figura 2 que houve aumento na clorofila das plantas submetidas ao déficit. Assim, a planta conseguiu estabilizar a quantidade de clorofila e ir aumentando, indicando a atuação da defesa da planta contra a falta de água, devido a presença do regulador. A aplicação exógena de AS atua como sinalizador dos mecanismos de defesa das plantas aumentando o teor de clorofilas (KARLIDAG et al., 2009).

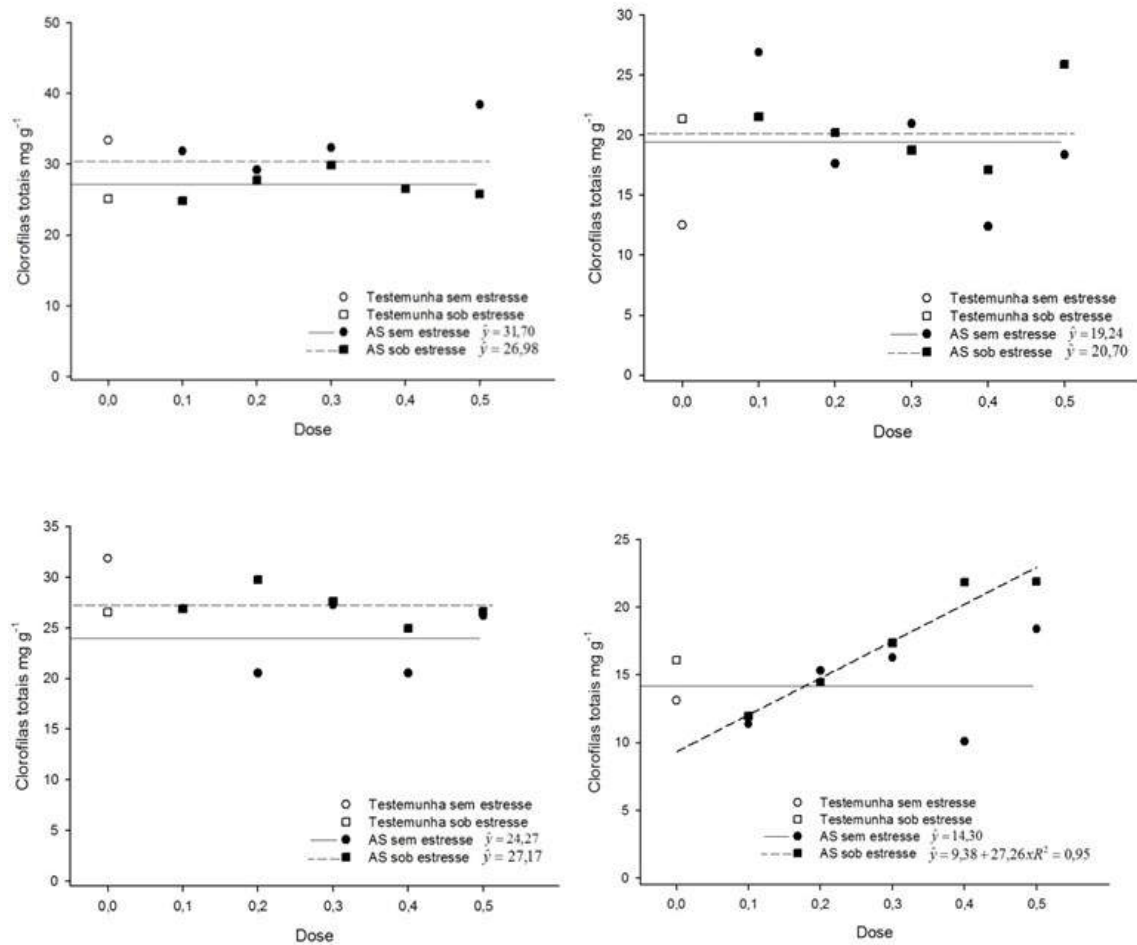


Figura 2 - Clorofilas totais em plantas de milho aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação.

A clorofila são pigmentos verdes, comuns em células fotossintéticas. Estas células fotossintéticas se degradam facilmente devido a luz, radiação, calor, oxigênio ou

alterações enzimáticas (STREIT E CANTERLE, 2005). Esta é utilizada na fase fotoquímica, primeira fase do processo fotossintético, enquanto os outros pigmentos auxiliam na absorção de luz e transferência de energia.

A clorofila pode ser indicadora de senescência foliar. Sua falta ocasiona menor taxa de crescimento da planta, menor área folia e menores taxas fotossintéticas. Já o excesso, pode induzir a precocidade da planta, já que tem maior disponibilidade de fotoassimilados. A senescência é influenciada pelo teor de clorofila também, pois o metabolismo da planta indica a perda de folhas ou não. Além disso, os mecanismos de crescimento da planta são afetados o que induz a planta a manutenção ou diminuição no tamanho das folhas, o que influencia na área foliar e na taxa fotossintética.

Segundo Tollenaar e Wu (1999), a longevidade da folha se deve a um maior suprimento de assimilados, que são os principais responsáveis pela tolerância a fatores de estresse, como por exemplo, a seca. Desta maneira, foi utilizado o ácido salicílico para ativar a defesa da planta e evitar que a taxa fotossintética diminuísse.

A dose de ácido salicílico aumentou a massa radicular das plantas conforme indicado na Figura 3. Com a deficiência de água, a planta desenvolve mecanismos para tentar minimizar esses efeitos, sendo um deles o aumento do sistema radicular, buscando água mais profunda no solo (PEREIRA et al., 2008).

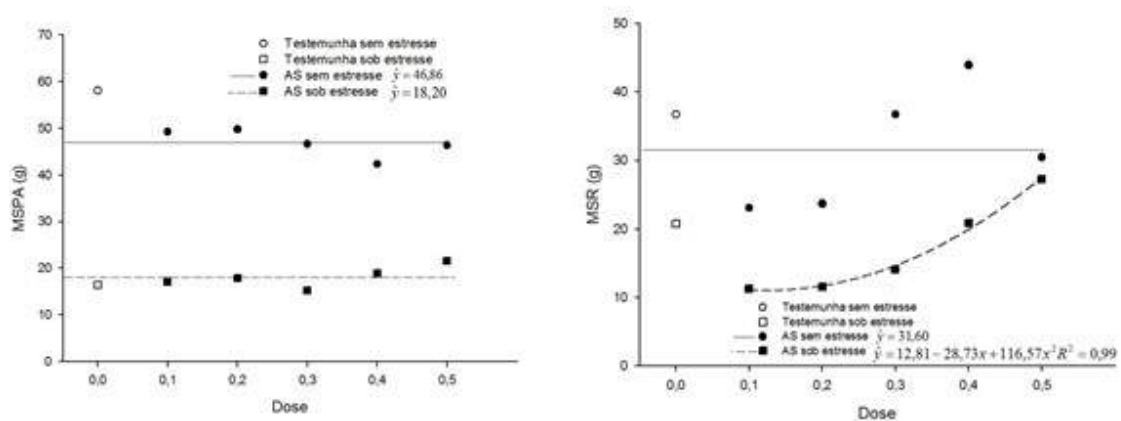


Figura 3 - Massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) em plantas de milho.

Segundo Barber et al. (1998), o conteúdo de água no solo é extremamente determinante na taxa de crescimento das raízes do milho. A quantidade de água disponível auxilia a turgidez das células radiculares e promove a expansão celular, podendo atuar também como lubrificante entre a coifa e partículas no solo. Sendo assim, as raízes destinam a água disponível para essa função e permitem maior crescimento e melhor penetração destas no solo.

Desta forma, o ácido salicílico busca a ajudar a planta a desenvolver esses mecanismos mais rápidos e com melhor eficiência, o que mostra a curva das plantas com estresse hídrico. Esse aumento na massa seca indica também um aumento na área da planta, o que aumenta a área de realização de fotossíntese, permitindo melhor desempenho da planta.

Pode-se observar também que as plantas sem déficit hídrico não sofrem alteração com a presença de ácido salicílico, pois não necessitam de utilizar desses mecanismos. A quantidade de hormônio produzida endogenamente já é suficiente para as poucas defesas em que elas precisam, sendo indiferente a aplicação, pois não causam alteração na massa e não causa toxicidade.

4. CONCLUSÃO

A aplicação de ácido salicílico atenuou os efeitos do estresse hídrico em plantas de milho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento e Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio concedido ao Núcleo de Estudos de Herbicidas na Planta e no Solo (NEHPSOL) pelo suporte na condução do experimento e à Universidade Federal de Viçosa (UFV) pelo apoio técnico e pelo espaço cedido.

REFERÊNCIAS

BARBER, S.A.; MACKEY, A.D.; KUCHENBUCH, R.O.; BARRACLOUGH, S.

Effect of soil temperature and water on maize root growth. **Plant Soil**, v.111,

- n.2, p.267-269, 1988.
- KARLIDAG, H.; YILDIRIM, E.; TURAN; M. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p.180-187, 2009.
- MAUCH-MANI; B.; MÉTRAUX; J.P. Salicylic acid and systemic acquired resistance to pathogen attack. **Annals of Botany**, v.82, n.5, 1998.
- PEREIRA, F.J.; DE CASTRO, E.M.; DE SOUZA, T.C.; MAGALHÃES, P.C. Evolução da anatomia radicular do milho 'Saracura' em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, p.1649-1656, 2009.
- MADALOSSO, M.G.; BALARDIN, R.; FAVERA, D.D.; MARQUES, L.; DEBORTOLI, M.P. **Revista Cultivar**, v.179, p.14-15, 2014.
- SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.1-6, 1998.
- SBCPD - Sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995.
- STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P. **The chlorophylls**. UFSM, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Redwood City, California: The Benjamim/Cummings Publishing Company Inc., 1991.
- TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield improvement in temperate maize attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, v.39, n.1, p. 1597-1604, 1999
- VERPOORTER, R; MEMELINK, J. Engineering secondary metabolite in plants. **Current Opinion in Biotechnology**, v.13, n.1, p. 181-187, 2002.

APLICAÇÃO E EFEITO ANTIOXIDANTE DO ÁCIDO GÁLICO SOBRE A QUALIDADE DE SEMENTES DE TRIGO

APPLICATION AND EFFECT ANTIOXIDANT OF GALLIC ACID ON THE QUALITY OF WHEAT SEEDS

D. A. C. NOBRE¹, L. S. LOPES², W. R. MACEDO¹ e G. H. SILVA³

¹ Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. Instituto de Ciências Agrárias

² COMAM: Comercial Agrícola Mineira. Belo Horizonte, Minas Gerais

³ Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. Instituto de Ciências Exatas
E-mail: danubia_nobre@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum aestivum*; antioxidante; vigor; germinação.

KEYWORDS: *Triticum aestivum*; antioxidant; vigor; germination.

RESUMO: *Objetivamos avaliar o modo de aplicação e o efeito antioxidante do ácido gálico sobre a qualidade de sementes de trigo. Sementes de trigo 'BRS 264' receberam quatro modos de aplicação do ácido gálico, em cinco diferentes doses. As sementes foram submetidas ao teste de envelhecimento acelerado e, em seguida, avaliaram-se: germinação, primeira contagem de germinação, comprimento (parte aérea e raiz) e massa das plântulas. Utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes, analisadas em esquema fatorial 4 x 5 (quatro modos de aplicação do ácido gálico e cinco doses desse). Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilks, à análise de variância e ao teste LSD (5%). Doses de 0,1; 1 e 10 mg L⁻¹ são recomendadas nos diferentes modos de aplicação do ácido gálico. O modo de aplicação em condicionamento osmótico apresentou maior qualidade fisiológica para as sementes de trigo, mesmo quando submetidas ao envelhecimento. As sementes submetidas ao envelhecimento acelerado e com o ácido gálico aplicado diretamente sobre o substrato apresentaram menor potencial fisiológico.*

ABSTRACT: *We aimed to evaluate the application and antioxidant effect of gallic acid on the quality of wheat seeds. Wheat seeds BRS 264 received four forms of gallic acid application in five different doses. The seeds were submitted to the accelerated aging test and then the germination, first germination count, length (shoot and root) and seedling mass were evaluated. Four replicates of 50 seeds were used, analyzed in a 4 x 5 factorial scheme (four forms of application of gallic acid x five doses of the same). Data were submitted to the*

Shapiro-Wilk test, analysis of variance and test LSD (5%). Doses of 0.1; 1 and 10 mg L⁻¹ are recommended in the different forms of gallic acid application. The application form in osmotic conditioning showed higher physiological quality for wheat seeds, even when submitted to aging. The seeds on accelerated aging and with gallic acid applied directly on the germitest paper show less physiological potential.

1. INTRODUÇÃO

Para o melhor aproveitamento produtivo da cultura do trigo, destacam-se alguns aspectos, como a utilização de sementes de alta qualidade, principalmente quanto aos componentes genéticos e fisiológicos (FANAN et al., 2006).

A fisiologia de sementes tem ganhado destaque no processo germinativo por envolver complexos mecanismos de ação e biossíntese de compostos, como a formação contínua das espécies reativas de oxigênio (ERO's) (FERREIRA E MATSUBARA, 1997). As ERO's desempenham um duplo papel, atuando como sinalizadores celulares que suporta e torna viável a germinação, estão relacionadas ainda, à dormência de sementes e efeito protetor contra patógenos, por outro lado, podem agir como produtos tóxicos que se acumulam sob condições de estresse ou durante o envelhecimento das sementes, o que favorece a formação de plântulas anormais ou a não germinação (BAILLY et al., 2008; KUMAR et al., 2015).

As ERO's durante o processo germinativo degradam a membrana lipídica, que causa o extravasamento do conteúdo intracelular, promovendo o descontrole do metabolismo e a troca de água e solutos entre as células e o exterior, com reflexos diretos sobre a qualidade fisiológica das sementes (DIAS E MARCOS FILHO, 1996; KUMAR et al., 2015). Portanto, faz-se necessário novos estudos para verificar a ação dos antioxidantes na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas.

As plantas apresentam mecanismos de defesa contra o excesso de ERO's, que são as substâncias antioxidantes, estas evitam os danos oxidativos, pela produção de catalase, superóxido dismutase e ascorbato peroxidase, que sequestram ou degradam os radicais livres

(RATNAM et al., 2006; SERKEDJIEVA, 2011), e os compostos catalisados destas espécies, originam outros produtos e substratos, que não apresentam danos às plantas.

Compostos exógenos que apresentem ação antioxidante podem ser aplicados em sementes, a fim de reduzir a ação danosa de ERO's, mantendo sua ação homeostática na planta. Dentre esses compostos que visam o controle das ERO's os polifenóis, apresentam grande importância, tendo o ácido gálico (ácido 3, 4, 5-tri-hidroxibenzoico) como um excelente representante. Relatos têm sido apresentados em diferentes pesquisas na indústria farmacêutica e alimentícia e, entre elas, o uso do ácido gálico exibe capacidade antioxidante, redutor de danos ao ácido nucléico, antiviral, antibacteriano e com propriedades fungicidas (PRINCE et al., 2009; VERMA et al, 2013; CHOUBEY et al., 2015; YAO et al., 2017). Em vista disso, o ácido gálico, apresenta-se como um potencial produto a ser utilizado na agricultura para o tratamento de sementes.

Objetivou-se avaliar o modo de aplicação e o efeito antioxidante do ácido gálico sobre a qualidade de sementes de trigo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de trigo da cultivar BRS 264, produzidas no ano agrícola de 2016 no Município de Rio Paranaíba, Minas Gerais e beneficiadas na UBS da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), foram encaminhadas ao Laboratório de Fisiologia e Metabolismo de Produção Vegetal, da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba - MG. Em seguida, as sementes foram separadas em quatro tratamentos para testar o composto ácido gálico (Figura 1), em cinco doses, como agente antioxidante no processo germinativo.

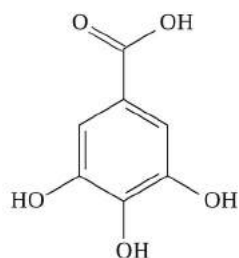


Figura 1 - Estrutura química do ácido gálico (ácido 3, 4, 5-tri-hidroxibenzoico).

O modo de aplicação das doses de ácido gálico foi realizado em quatro tratamentos, sendo aplicado diretamente sobre o papel germitest[®] (P); sementes envelhecidas e ácido gálico aplicado diretamente sobre o papel germitest[®] (EAP); ácido gálico aplicado sobre condicionamento osmótico, onde as sementes de trigo permaneceram por duas horas submersas nas diferentes doses de ácido gálico (CO), e sementes envelhecidas sobre condicionamento osmótico (EACO). O composto ácido gálico, foi empregado em cinco distintas doses: controle (0); 0,01; 0,1; 1 e 10 mg L⁻¹.

Para obtenção das sementes pelo teste de envelhecimento acelerado utilizaram-se caixas tipo “gerbox”, com compartimento individual, possuindo em seu interior uma bandeja com tela de alumínio onde as sementes de trigo foram distribuídas de maneira uniforme. Dentro de cada compartimento individual foram adicionados 40 mL de água destilada. As caixas foram mantidas em câmara do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.), a temperatura de 43 °C, pelo período de 48 horas (MARCOS FILHO, 1999).

A germinação das sementes de trigo foi determinada utilizando-se quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, nas diferentes doses de ácido gálico. O papel germitest[®] foi umedecido com as diferentes doses de ácido gálico na proporção de 2,5 vezes a massa seca do papel, para os dois tratamentos em que o ácido gálico foi aplicado sobre o papel. Para aqueles dois tratamentos em que sementes de trigo foram submersas nas doses de ácido gálico (condicionamento osmótico), o papel foi umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa seca do papel.

Os rolos de papel foram colocados em câmara de germinação Mangelsdorf, regulada à temperatura constante de 20 °C, com a avaliação sendo realizada no quarto e no oitavo dia após a montagem dos testes. Ao final, foram computadas as plântulas normais, anormais e sementes mortas, os resultados foram expressos em porcentagem.

O teste de primeira contagem de germinação foi realizado juntamente com o teste de germinação, onde foram obtidos o número de plântulas normais, determinado por ocasião da primeira contagem (BRASIL, 2009). Ainda no quarto dia após a montagem do teste, foi mensurado o comprimento de 10 plântulas aleatórias de cada repetição, por tratamento, com auxílio de uma régua milimetrada, aferindo o comprimento da parte aérea e da raiz de plântulas de trigo. Na sequência, foi determinada a massa das plântulas com uma balança de precisão analítica (0,001g).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5 (quatro modos de aplicação do ácido gálico x cinco doses do mesmo). Os dados foram avaliados pelo teste Shapiro-Wilk para testar a normalidade e submetidos à análise de variância e teste LSD, em nível de 5% de significância, realizadas com auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis de primeira contagem de germinação, germinação e plântulas anormais, provenientes de sementes de trigo tratadas em diferentes doses e modos de aplicação do ácido gálico, não houve interação significativa pela análise de variância e, houve interação pelo teste LSD (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1 – Resultados médios de primeira contagem de germinação (%), provenientes de sementes de trigo submetidas a diferentes doses de ácido gálico e modos de aplicação.

Tratamentos	Doses de Ácido Gálico (mg L ⁻¹)				
	0	0,01	0,1	1	10
P	95,0 aA	97,0 aA	95,5 aA	95,0 aA	97,0 aA
EAP	89,0 bB	93,0 bA	93,0 bA	93,0 aA	94,0 aA
CO	96,0 aA	96,5 aA	96,5 aA	95,0 aA	95,5 aA
EACO	93,0 aA	93,0 bA	95,5 aA	93,0 aA	95,0 aA

P: ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®]; EAP: sementes envelhecidas e ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®]; CO: ácido gálico sobre condicionamento osmótico e EACO: sementes envelhecidas sobre condicionamento osmótico.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade.

Os resultados médios de primeira contagem de germinação, expressos na Tabela 1, comprovam que o envelhecimento acelerado de sementes de trigo seguido da aplicação de ácido gálico sobre o papel germitest[®], apresentaram as menores médias e diferiram ($p < 0,05$) em todas as concentrações. Ao comparar as diferentes dosagens de ácido gálico para este modo de aplicação, nota-se que apenas o controle exibiu menores médias e diferiu dos demais tratamentos, o que comprova a eficiência do composto antioxidante para o vigor das sementes em estudo.

Para Marcos Filho (2015), o envelhecimento de sementes, geralmente, promove acréscimo na presença de enzimas que removem os radicais livres. Isso pode explicar a não diferença entre as doses aplicadas quando as sementes envelhecidas foram submetidas ao condicionamento osmótico e para os demais tratamentos realizados com sementes sem envelhecer (Tabela 1); todavia, esse efeito não foi observado para as sementes envelhecidas e com aplicação de ácido gálico sobre papel. Portanto, o uso de doses crescentes desse composto oxidante permitiu incrementos no vigor das sementes de trigo.

Para a germinação (Tabela 2), nota-se, novamente, que o envelhecimento acelerado de sementes de trigo seguido da aplicação de ácido gálico em diferentes concentrações sobre o papel, exibiu menores médias para as doses controle, 0,01 e 0,1 mg L⁻¹, que não diferiu do modo de aplicação em sementes envelhecidas sobre condicionamento osmótico. Enquanto, para a comparação das doses, dentro do modo de aplicação do ácido gálico em sementes envelhecidas, nota-se que estas, sob aplicação direta do ácido gálico no papel, a dose de 10 mg L⁻¹, exibiu a maior média e diferiram das demais, com exceção da dose 1 mg L⁻¹, e no condicionamento, não houve diferença, confirmando novamente o efeito positivo do composto antioxidante no processo de germinação.

Tabela 2 – Resultados médios de germinação (%), provenientes de sementes de trigo submetidas a diferentes doses de ácido gálico e modos de aplicação.

Tratamentos	Doses de Ácido Gálico (mg L ⁻¹)				
	0	0,01	0,1	1	10
P	98,0 aA	98,5 aA	98,5 aA	98,0 aA	99,5 aA
EAP	95,5 bB	96,0 bB	96,0 bB	97,5 aAB	98,5 aA
CO	99,5 aA	99,0 aA	99,0 aA	97,5 aA	98,0 aA
EACO	97,5 abA	97,0 bA	98,0 abA	96,0 aA	98,0 aA

P: ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®]; EA P: sementes envelhecidas e ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®]; CO: ácido gálico sobre condicionamento osmótico e EA CO: sementes envelhecidas sobre condicionamento osmótico.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade.

As plântulas anormais (Tabela 3), provenientes de sementes envelhecidas e aplicação de ácido gálico sobre o papel germitest[®], apresentaram as maiores médias para as doses controle e 0,01 mg L⁻¹, as demais dosagens não apresentaram diferenças. O mesmo modo de aplicação quando comparadas dentro das doses, exibiu efeito significativo (p<0,05) apenas para o

controle (0), comprovando novamente a eficácia do composto antioxidante mesmo quando a percentagem de plântulas anormais tenha sido baixa.

Tabela 3 – Resultados médios de plântulas anormais (%), provenientes de sementes de trigo submetidas a diferentes doses de ácido gálico e modos de aplicação.

Tratamentos	Doses de Ácido Gálico (mg L ⁻¹)				
	0	0,01	0,1	1	10
P	1,50 bA	1,00 bA	0,50 aA	1,50 aA	0,50 aA
EAP	4,00 aA	2,50 aB	0,50 aB	1,00 aB	1,00 aB
CO	0,50 bA	0,00 bA	0,50 aA	1,50 aA	0,50 aA
EACO	1,50 bA	1,00 bA	0,50 aA	1,50 aA	1,00 aA

P: ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest®; EAP: sementes envelhecidas e ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest®; CO: ácido gálico sobre condicionamento osmótico e EACO: sementes envelhecidas sobre condicionamento osmótico.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade.

A variável semente morta, provenientes de sementes de trigo tratadas em diferentes doses e modos de aplicação do ácido gálico, não apresentou qualquer significância pelos testes aplicados. Enquanto, para o comprimento de parte aérea, o comprimento de raiz e a massa de plântulas, houve interação significativa pela análise de variância e teste LSD (Tabelas 4, 5 e 6).

Tabela 4 – Resultados médios para comprimento de parte aérea de plântulas (cm), provenientes de sementes de trigo submetidas a diferentes doses de ácido gálico e modos de aplicação.

Tratamentos	Doses de Ácido Gálico (mg L ⁻¹)				
	0	0,01	0,1	1	10
P	4,32 aA	4,13 bB	4,25 bAB	4,22 abAB	4,28 aAB
EAP	3,46 cC	3,68 dB	3,77 cAB	3,86 cA	3,85 bA
CO	4,09 bC	4,60 aA	4,50 aAB	4,37 aB	4,36 aB
EACO	4,05 bAB	3,94 cB	4,09 bAB	4,16 abA	4,15 aA

P: ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest®; EAP: sementes envelhecidas e ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest®; CO: ácido gálico sobre condicionamento osmótico e EACO: sementes envelhecidas sobre condicionamento osmótico.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade.

Os melhores resultados para o comprimento de plântulas (Tabela 4) foram apresentados, quando se utilizou o ácido gálico nas doses de 0 para o composto diretamente sobre o papel

germitest®; nas doses de 0,01 e 0,10 mg L⁻¹ para as sementes que receberam o ácido gálico sobre condicionamento osmótico, diferindo ambas, das demais modos de aplicação. Para a dose de 1 mg L⁻¹, o maior comprimento de parte aérea foi expresso para sementes submetidas a condicionamento osmótico, porém, não houve diferença para as sementes com aplicação do antioxidante diretamente sobre papel e para aquelas envelhecidas e sobre condicionamento osmótico. Para a dose de 10 mg L⁻¹, apenas as sementes envelhecidas e que tiveram aplicação de ácido gálico sobre o papel germitest®, apresentaram as menores médias.

Ainda em conformidade com a Tabela 4, ao analisar cada modo de aplicação em comparação com as diferentes doses, verifica-se que, o composto aplicado diretamente sobre o papel germitest® apresentou maior média para o controle, esse quando comparado com as demais doses, exibiu diferença estatística apenas para dose 0,01 mg L⁻¹, que também não diferiu das demais; para a mesma modo de aplicação utilizando sementes envelhecidas, o controle apresentou o menor comprimento de parte aérea, e diferiu das demais doses, com incrementos nas crescentes doses. A aplicação do antioxidante em condicionamento osmótico, permitiu melhores resultados para a dose de 0,01 mg L⁻¹, que não diferiu da dose de 0,1 mg L⁻¹, diferindo das demais. Por fim, sementes submetidas ao envelhecimento acelerado e ao ácido gálico em condicionamento osmótico, resultou em maiores médias para as doses de 1 e 10 mg L⁻¹, no entanto, não houve diferença ($p < 0,05$) quando comparas ao controle.

O comprimento de raiz de plântulas de trigo, conforme expresso na Tabela 5, para os diferentes modos de aplicação em todas as doses estudadas, exibiu os maiores tamanhos para aquelas plântulas avaliadas com o ácido gálico aplicado diretamente sobre o papel germitest® e sobre o condicionamento osmótico, diferindo dos demais modos de aplicação. Para a comparação das diferentes doses, nota-se que não houve diferença para o antioxidante aplicado diretamente sobre o papel, e quando as sementes foram envelhecidas, apenas a testemunha diferiu e apontou as menores médias, o que comprova a efetividade do composto antioxidante no desenvolvimento inicial das raízes de plântulas de trigo. Para condicionamento osmótico e envelhecimento acelerado seguido de condicionamento não foi observada diferença entre as doses de ácido gálico e o controle.

Tabela 5 – Resultados médios para comprimento de raiz de plântulas (cm), provenientes de sementes de trigo submetidas a diferentes doses de ácido gálico e modos de aplicação.

Tratamentos	Doses de Ácido Gálico (mg L ⁻¹)				
	0	0,01	0,1	1	10
P	7,34 aA	7,47 aA	7,61 aA	7,25 aA	7,43 aA
EAP	5,36 cB	6,46 bA	6,21 bA	6,07 cA	5,93 cA
CO	7,32 aAB	7,38 aAB	7,58 aAB	7,33 aB	7,61 aA
EACO	6,31 bAB	6,10 bB	6,62 bAB	6,67 bA	6,70 bA

P: ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®]; EAP: sementes envelhecidas e ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®]; CO: ácido gálico sobre condicionamento osmótico e EACO: sementes envelhecidas sobre condicionamento osmótico.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade.

O comprimento de parte aérea e raiz de plântulas, também configuram o melhor estado da semente, já que, em condições adversas, sementes mais vigorosas emitem o sistema radicular mais rapidamente, tornando-se mais eficiente na absorção de água e nutrientes, portanto, revelam maior qualidade fisiológica (NAKAGAWA, 1999; GUEDES et al., 2009).

A massa de plântulas de trigo (Tabela 6) em diferentes modos de aplicação do ácido gálico para cada dose avaliada, retratou que para as doses controle; 0,01; 0,1 e 1 mg L⁻¹, sementes sobre envelhecimento acelerado e ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®], expressaram as menores médias e diferiram das demais; para a dose 0 10 mg L⁻¹, o mesmo foi apresentado, contudo, não houve diferença para aquelas sementes envelhecidas e com ácido gálico sobre condicionamento osmótico.

Tabela 6 – Resultados médios para massa de plântulas (g), provenientes de sementes de trigo submetidas a diferentes doses de ácido gálico e modos de aplicação.

Tratamentos	Doses de Ácido Gálico (mg L ⁻¹)				
	0	0,01	0,1	1	10
P	1,45 abB	1,46 bB	1,44 bB	1,40 bB	1,58 aA
EAP	1,27 cB	1,30 cA	1,35 cA	1,36 cA	1,41 cA
CO	1,48 aB	1,57 aA	1,58 aA	1,58 aA	1,56 abA
EACO	1,37 bB	1,40 bB	1,51 abA	1,50 abA	1,49 bcA

P: ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®]; EAP: sementes envelhecidas e ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®]; CO: ácido gálico sobre condicionamento osmótico e EACO: sementes envelhecidas sobre condicionamento osmótico.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade.

Ao se comparar as diferentes doses dentro de cada aplicação do composto antioxidante, observa-se que o ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®] apresentou a maior massa de plântulas e diferença significativa apenas na dose de 10 mg L⁻¹; para sementes envelhecidas e com o ácido gálico aplicado diretamente sobre o papel germitest[®], bem como, para aquelas sobre condicionamento osmótico, nota-se que houve um incremento ao utilizar o antioxidante, já que o controle apresentou a menor média e diferiu das demais doses. O mesmo foi observado para sementes envelhecidas e com ácido gálico sobre condicionamento osmótico, com exceção da dose de 0,01, que não diferiu do controle. Esses resultados permitem afirmar o ganho de massa de plântulas de trigo ao utilizar o antioxidante em seu melhor modo de aplicação.

Ponderamos que nossos resultados permitem identificar quais os melhores modos de aplicação do ácido gálico, para os testes executados, bem como, as doses em estudo, foram àquelas que expressaram maior qualidade fisiológica com o uso do composto antioxidante. Em sementes envelhecidas o uso do ácido gálico aplicado diretamente sobre papel germitest[®], parece favorecer menos o vigor e a germinação das sementes em comparação ao condicionamento osmótico. Mesmo que haja poucas pesquisas sobre o uso do ácido gálico na agricultura, o potencial oxidativo desse produto tem sido confirmado, Singh et al. (2017), relatam o efeito positivo da rutina e do ácido gálico no crescimento inicial e produção de compostos antioxidantes e de defesa em plantas de arroz (*Oryza sativa* L.).

4. CONCLUSÃO

O ácido gálico possui ação antioxidante para uso na agricultura e, ao ser aplicado em condicionamento osmótico, expressa maior qualidade fisiológica para as sementes de trigo, mesmo quando submetidas ao envelhecimento acelerado.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa do Programa Nacional de Pós-Doutorado e à UFV-CRP pelo apoio estrutural.

REFERÊNCIAS

- BAILLY, C.; EL-MAAROUF-BOUATEAU, H.; CORBINEAU, F. From intracellular signaling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, n. 10, p. 806–814, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CHOUBEY, S.; VARUGHESE, L.R.; KUMAR, V.; BENIWAL, V. Medicinal importance of gallic acid and its ester derivatives: a patent review. **Pharmaceutical Patent Analyst**, v.4, n. 4, p. 305-315, 2015.
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, v.53, n. 1, p. 31-42, 1996.
- FANAN, S.; MEDINA, P.F.; LIMA, T.C.; MARCOS FILHO, J. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, p. 152-158, 2006.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**. v.43, n. 1, p. 61-68, 1997.
- GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; GONÇALVES, E.P.; VIANA, J.S.; MEDEIROS, M.S.; LIMA, C.R. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. **Semina**, v.30, n. 4, p. 793-802, 2009.
- KUMAR, S.J.; PRASAD, S.R.; BANERJEE, R.; THAMMINENI, C. Seed birth to death: dual functions of reactive oxygen species in seed physiology. **Annals of Botany**. v.116, p. 663-668, 2015.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed., Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1.1-1.21.

- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.21.
- PRINCE, P.S.M.; PRISCILLA, H.; DEVIKA, P.T. Gallic acid prevents lysosomal damage in isoproterenol induced cardiotoxicity in Wistar rats. **European Journal of Pharmacology**, v.139, p. 139-143, 2009.
- RATNAM, D.V.; ANKOLA, D.D.; BHARDWAJ, V.; SAHANA, D.K.; KUMAR, M.R. Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. **Journal of Controlled Release**. v. 113, n.3, p. 189-207, 2006.
- SERKEDIEVA, J. Antioxidant effects of plant polyphenols: a case study of a polyphenol-rich extract from *Geranium sanguineum* L. In: Gupta SD (ed) **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**, Enfield: Science Publishers, 2011. p 275-293.
- SINGH, A.; GUPTA, R.; PANDEY, R. Exogenous application of rutin and gallic acid regulate antioxidants and alleviate reactive oxygen generation in *Oryza sativa* L. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 23, n.2, p.301-309, 2017.
- VERMA, S.; SINGH, A.; MISHRA, A. Gallic acid: Molecular rival of cancer. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 35, p. 473-485, 2013.
- YAO, Y.; WU, M.; HUANG, Y.; LI, C.; PAN, X.; ZHU, W.; HUANG, Y. Appropriately raising fermentation temperature beneficial to the increase of antioxidant activity and gallic acid content in *Eurotium cristatum*-fermented loose tea. **LWT - Food Science and Technology**, v.82, p. 248-254, 2017.

AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE IPÊ AMARELO (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

EVALUATION OF YELLOW IPÊ SEED GERMINATION (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Standl.) IN DIFFERENT SUBSTRATES

B. E. C. SILVA¹, P. C. B. PIMENTA², M. R. JOLOMBA³, P. H. D. LUIZ⁴ e C. M. M. POLONI⁵

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas

² Instituto Federal de Educação do Espírito Santo, Laboratório de Sementes

³ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia

⁴ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura

⁵ Instituto Federal de Educação do Espírito Santo, Laboratório de Irrigação

E-mail: brunomukuri@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Germinabilidade; casa de vegetação; espécie florestal nativa.

KEYWORDS: Germinability; greenhouse; native forest species.

RESUMO: *O ipê amarelo, Tabebuia chrysotricha (Mart. Ex DC.) Standl., é uma espécie florestal nativa que ocorre desde o estado do Espírito Santo até Santa Catarina. A árvore é extremamente ornamental, sendo muito utilizada para arborização em praças e ruas, devido ao seu pequeno porte. Objetivou-se com este trabalho avaliar a germinação de sementes de T. chrysotricha em 5 diferentes substratos. O estudo constituiu-se no acompanhamento da germinação de 500 sementes divididas em 5 tratamentos, distribuídos em 4 blocos inteiramente casualizados. As contagens foram realizadas diariamente até 30 dias após a semeadura. Os substratos que apresentaram resultados superiores de IVG e TMG foram respectivamente vermiculita e mistura de solo (terra+ areia + esterco bovino [2:2:1]), já o substrato terra apresentou resultados inferiores em todos os quesitos avaliados. Conclui-se que germinação de sementes de T. chrysotricha apresenta resultados superiores quando semeados em substrato vermiculita.*

ABSTRACT: *The yellow ipê, Tabebuia chrysotricha (Mart. Ex DC.) Standl., Is a native forest species that occurs from the state of Espírito Santo to Santa Catarina. The tree is extremely ornamental, being much used for afforestation in squares and streets, due to its*

small size. The objective of this work was to evaluate the germination of T. chrysotricha seeds in 5 different substrates. The study consisted in monitoring the germination of 500 seeds divided into 5 treatments, distributed in 4 completely randomized blocks. The counts were performed daily up to 30 days after sowing. The substrates that presented superior results of IVG and TMG were, respectively, vermiculite and soil mixtures (soil + sand + bovine manure [2: 2: 1]), and the soil substrate presented lower results in all the evaluated questions. It is concluded that seed germination of T. chrysotricha presents superior results when sown on vermiculite substrate.

1. INTRODUÇÃO

Tabebuia chrysotricha (Mart. ex DC.) Standl., conhecida como ipê-amarelo-cascudo, ipê-do-morro, ipê, ipê-amarelo, aipé, ipê-tabaco, é uma espécie florestal nativa do Brasil, encontrado nos estados do Espírito Santo até Santa Catarina. É uma planta decídua e heliófita. Sua dispersão é descontínua e irregular, geralmente ocorrendo em baixa frequência. O fato de suas raízes não serem consideradas agressivas, permite seu uso em diversas aplicações, inclusive em arborização urbana, tais como praças e parques. Devido à sua floração ser amarela exuberante é amplamente utilizada em paisagismo, mas também para recompor matas ciliares em áreas livres de inundações (CARVALHO, 2003). Produz anualmente grande quantidade de sementes. É uma espécie que apresenta uma madeira moderadamente pesada, resistente, de grande durabilidade mesmo em condições adversas. É própria para obras externas e internas em construção civil. A árvore é extremamente ornamental, sendo muito utilizada para arborização em praças e ruas, devido ao seu pequeno porte. Floresce durante os meses de agosto e setembro, geralmente com a planta totalmente despida de folhagem. Os frutos amadurecem a partir do final de setembro a meados de outubro. Ao final da florada, o ipê-amarelo, inicia a formação de seus frutos e conseqüentemente de suas sementes que irão se dispersar pela ação térmica e eólica no final do mês de outubro e início de novembro. Um quilo de semente contém cerca de 15.200 unidades, com viabilidade de armazenamento inferior a quatro meses (LORENZI, 2002).

Uma das dificuldades enfrentadas por quem trabalha com a produção de mudas de espécies florestais nativas é o crescimento lento de muitas delas, particularmente daquelas classificadas como tardias ou clímax. Em face disso, é de fundamental importância a definição de estratégias que favoreçam a produção de mudas com qualidade, em menor espaço de tempo possível e em condições acessíveis aos médios e pequenos produtores rurais (CUNHA et al., 2005), por ser esse o público com maiores limitações financeiras para a restauração florestal (ENGEL, 2007). Essas características atribuem ao ipê amarelo, um alto valor econômico, o que justifica estudos que visem uma melhor produção e qualidade de sementes.

Para a produção de mudas é importante a utilização de sementes de qualidade e, neste aspecto, o teste de germinação é o principal parâmetro para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes. No entanto, existem variações entre as metodologias utilizadas nesse teste para sementes de ipê, o que dificulta a comparação dos resultados (OLIVEIRA et al., 2005). Os procedimentos para análise da germinação de sementes de ipê-amarelo, assim como para a maioria das sementes de espécies florestais, ainda não estão padronizados pelas Regras para Análise de Sementes– RAS (BRASIL, 2009). A RAS normatiza a metodologia de execução deste teste, quanto às recomendações de temperaturas, tipos e intensidade de umedecimento dos substratos, critérios de avaliação, entre outras. Essas recomendações visam oferecer condições ideais para estimar o potencial máximo de germinação de um lote. As RAS são corrigidas e atualizadas periodicamente e as alterações são realizadas com base em pesquisas científicas e nas regras internacionais para avaliação da qualidade das sementes (ISTA, 1995).

A germinação de sementes é uma das fases críticas para o estabelecimento das plantas em condições naturais. Fisiologicamente, a germinação inicia-se com a embebição de água pela semente, seguida da retomada do crescimento do embrião quiescente e terminando com a protrusão de alguma parte deste por meio do tegumento. Na maioria dos casos, o primeiro órgão a emergir é a raiz primária. O processo de germinação inicia-se com o ressurgimento das atividades metabólicas que foram quase que paralisadas após a maturação da semente (BEWLEY E BLACK, 1982). Durante a germinação das sementes, o substrato utilizado também pode influenciar a porcentagem final de germinação devido à sua estrutura, aeração,

capacidade de retenção de água e facilidade de infestação por patógenos, o que pode variar, dependendo do tipo de material utilizado (SCALON, 1992; ESCHIAPATIAFERREIRA E PEREZ, 1997; JELLER E PEREZ, 1999).

O substrato pode ser formado de matéria-prima de origem mineral, orgânica ou sintética, de um só material ou de diversos materiais em misturas, sendo que alguns não possuem características desejáveis de qualidade (KANASHIRO, 1999). A germinação das sementes é influenciada pelo substrato, pois fatores como aeração, estrutura, capacidade de retenção de água, grau de infestação de patógenos, entre outros, podem variar de acordo com o material utilizado, favorecendo ou prejudicando a germinação das sementes. O substrato ideal deve ser de fácil disponibilidade de aquisição e transporte, ausência de patógenos e plantas daninhas, riqueza em nutrientes essenciais, pH adequado, boa textura e estrutura (SILVA et al., 2001), além de manter uma proporção adequada entre a disponibilidade de água e aeração (POPINIGIS, 1985).

O objetivo deste trabalho foi identificar o melhor substrato para teste de germinação das sementes e crescimento de plântulas de *Tabebuia chrysotricha*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de outubro a novembro de 2014 em casa de vegetação, localizada no Instituto Federal do Espírito Santo - *Campus* Santa Teresa, no distrito de São João de Petrópolis, município de Santa Teresa – ES, altitude de 120 m, latitude 19° 44' 20", longitude 40° 39' 25".

Os tratamentos compostos por diferentes tipos de substratos foram avaliados sobre a emergência e desenvolvimento de mudas de *T. chrysotricha*. Os substratos utilizados foram areia, terra, Vermiculita, Bioplant e mistura (areia + terra + esterco bovino [2:2:1]).

As sementes de *T. chrysotricha* foram coletadas no mês de outubro de 2014, de uma única matriz, localizada na mata do município de Santa Maria de Jetibá - ES, onde foram selecionadas sementes no mesmo ponto de maturação.

Os substratos foram acondicionados em tubetes pretos perfurados N°3, que ficaram em repouso por 24 h, para um maior acondicionamento do substrato nos recipientes. Passado o período de repouso, foi semeado uma semente em cada tubete, a uma profundidade de 2 cm. Após a instalação do experimento em casa de vegetação, as mudas foram irrigadas diariamente.

O delineamento experimental adotado foi em blocos inteiramente casualizados (DBC), composto de 5 tratamentos, 4 repetições e 25 mudas por parcela, totalizando 500 mudas, sendo a unidade experimental composta por 25 mudas.

As contagens de germinação foram feitas diariamente, a partir da instalação do teste até seu encerramento, que ocorreu aos 30 dias. O critério adotado para a avaliação baseou-se nas recomendações da RAS (Brasil, 2009), considerando-se germinadas as sementes que originaram plântulas normais, com todas as estruturas essenciais, demonstrando, assim, sua aptidão para produzirem plantas normais sob condições favoráveis de campo.

2.1. Características Avaliadas

Índice de velocidade de germinação (IVG): as contagens foram efetuadas diariamente e tiveram início no dia 04/11/2014, com o surgimento das primeiras plântulas, 7 dias após a semeadura (DAS). O IVG foi avaliado através de um índice determinado pela fórmula de MAGUIRE (1962): $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$, onde G1, G2, Gn = número de plântulas germinadas na primeira, segunda, até a última contagem e N1, N2, Nn = número de dias desde a primeira, segunda, até a última contagem.

Tempo médio de germinação (TMG): obtido através de contagens diárias das sementes germinadas até o trigésimo dia após a semeadura e calculado através da fórmula abaixo, proposta por Labouriau (1983), sendo os resultados expressos em dias.

$TMG = \sum (ni \cdot ti) / \sum ni$, em que:

TMG= tempo médio de germinação (dias),

ni = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;

ti = tempo decorrido entre o início da germinação e a i-ésima contagem

Porcentagem de germinação (G): obtida utilizando os dados coletados no teste de velocidade de germinação.

2.2. Análises Estatísticas

No procedimento estatístico, a análise de variância foi realizada separadamente para cada teste, segundo delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, com comparação entre as médias dos tratamentos por meio do teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises estatísticas a partir dos dados das sementes germinadas. Constatou-se que o efeito do teste na maioria dos tratamentos e dos blocos foram significativos.

Tabela 1 - Valor médio de porcentagem de germinação (G %), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG).

Substratos	G (%)	IVG	TMG
Areia	17,25 ab	0,87307 abc	2,18395 ab
Bioplant	38,00 a	1,17746 ab	2,26895 ab
Vermiculita	44,00 a	1,45682 a	2,91045 a
Mistura	19,00 ab	0,51970 bc	1,57938 b
Terra	2,00 b	0,14706 c	0,25000 c

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey a 5 %.

Com relação aos substratos, os melhores resultados foram obtidos utilizando vermiculita para os parâmetros de porcentagem de germinação e velocidade de germinação. Esse resultado corrobora com o obtido por Figliolia et al. (2006), que estudando os efeitos do substrato na germinação de sementes de cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), constatou que a vermiculita foi um substrato eficiente, promovendo uma ótima germinação e elevados valores de IVG. O mesmo foi relatado por Rêgo (2004) que avaliou o efeito de diferentes substratos

sobre a germinação e o vigor de sementes de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*) e também verificou a eficácia da germinação sobre o substrato vermiculita.

Com aplicação do teste tukey a 5 % de probabilidade verificou-se que os substratos vermiculita e Bioplant não diferiram entre si para a porcentagem de germinação de sementes, possuindo assim as melhores médias neste quesito (Tabela 1).

Para a semeadura em terra houve grande redução da porcentagem e da velocidade de germinação. Nessa condição, ocorreu a protrusão da raiz primária e o início do desenvolvimento das plântulas sob a terra, mas as plântulas não romperam a camada do substrato. Assim, considerou-se que a quantidade de argila presente neste substrato restringiu a emergência das plântulas, reduzindo os valores dos parâmetros avaliados. Uma provável explicação para a dificuldade de superação da camada de substrato pode estar associada às características deste substrato em presença de água, com a formação de uma camada seladora em sua superfície.

Com um comportamento oposto a superioridade apresentada nos outros parâmetros, a vermiculita apresentou pior tempo médio de germinação. Para este parâmetro a mistura de solo, apresentou melhor média. Apesar do valor encontrado para o tempo médio de germinação da terra, o mesmo foi desconsiderado devido ao seu comportamento não germinativo em 75 % dos blocos em que se encontrava.

4. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos é possível afirmar a qualidade do substrato vermiculita para a realização de testes de germinação para sementes de ipê amarelo (*Tabebuia chrysotricha*).

REFERÊNCIAS

- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds**, Berlin: Springer-Verlag, v.2., 1982.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399p.

- CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1ª ed. Brasília: Embrapa; 2003.
- CUNHA, A.O.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; J.A.L.; SOUZA, V.C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.507-516, 2005.
- ENGEL, V.L. Restauração ecológica de florestas tropicais: aliando benefícios ecológicos, econômicos e sociais. **Revista Opiniões sobre o Setor de Celulose, Papel e Floresta**. mar-maio de 2007. p.11.
- ESCHIAPATIA-FERREIRA, M.S.; PEREZ, S.C.J.A. Tratamento para superar a dormência de semente de *Senna macranthera* (Collad.) Irwing et Bran. (Fabaceae-Caesalpinoidea). **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.231-237, 1997.
- FERRAZ, A.; ENGEL, V.L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* l. var. *stilbocarpa* (hayne) lee et lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (mart. ex dc.) sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (benth.) brenan). **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.413-423, 2011.
- FIGLIOLIA, M.B.; AGUIAR, I.B.; SILVA, A. Germinação de sementes de *Lafoensia glyptocarpa* koehne (mirindiba-rosa), *Myroxylon peruiferum* l. f. (cabreúva-vermelha) e *Cedrela fi ssilis* vell. (cedro-rosa). **Revista Instituto Florestal**, v.18, n. único, p.49-58, 2006.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION – ISTA. **Handbook of vigour test methods**. 3. ed., Zürich: ISTA, 1995. 116p.
- JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.A. Estudo da superação da dormência e da temperatura de semente de *Cassia excelsa*. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.32-40, 1999.
- KANASHIRO, S. **Efeito de diferentes substratos na produção da espécie *Aechmea fasciata* (Lindley) Baker em vasos**. 1999. 79 f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1999.
- LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 384p. 2002.
- MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

- OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; SILVA, T.T.A.; BORGES, D.I. Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich. – Bignoniaceae 1. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.3, p.642-648, 2005.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília, DF: [s.n.], 1985. 289p.
- RÊGO, G.M.; POSSAMAI, E. **Efeito do substrato e da temperatura sobre a germinação e vigor de sementes do jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. (Embrapa Florestas, comunicado técnico 127).
- SCALON, S.P.Q. **Estudo da germinação de sementes e produção de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* Benth.)**. 1992. 63f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.
- SILVA, R.P.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de muda de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.2, p.377–381, 2001.

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS PRODUTIVOS DO CAPIM VAQUERO FERTIRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE AGROINDÚSTRIA

EVALUATION OF PRODUCTIVITY PARAMETERS OF THE FERTIRRIGATED COWBOY CAPIMETER WITH AGROINDUSTRIAL RESIDUE WATER

P. L. SILVA^{1,2}, L. C. DRUMOND^{1,2} e D. OLIVEIRA¹

¹ Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias

² Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal

E-mail: priscila.loire@ufv.br

PALAVRAS-CHAVE: Efluente; impacto ambiental; manejo de pastagem.

KEYWORDS: Wastewater; environmental impact; pasture management.

RESUMO: *A água residuária de agroindústria (ARA) é um efluente rico em elementos químicos que pode ser utilizada como fonte de nutrientes para as plantas, com isso, tem sido amplamente utilizada no processo de fertirrigação de pastagem. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes doses de ARA em relação à testemunha, sobre os componentes de produção de Capim Vaquero. O experimento foi conduzido na área da Indústria de Rações Patense, localizada no município de Patos de Minas, Minas Gerais. Foi utilizado o teste Tukey, a 5 % de probabilidade, para análise de variância não-paramétrica e comparações múltiplas, visando comparar os efeitos da utilização de amostrais. As doses de ARA aplicadas causaram diferença significativa ($p > 0,05$) para os parâmetros avaliados: Densidade de forragem, Matéria seca, Taxa de Acúmulo de forragem e capacidade de suporte animal, indicando a viabilidade desse sistema de produção.*

ABSTRACT: *The wastewater agribusiness (ARA) is a rich effluent into chemicals that can be used as a source of nutrients for plants, thus, it has been widely used in pasture fertigation process. The objective of this study was to evaluate the effect of different doses of ARA compared to the control on the grass production components Vaquero. The experiment was conducted in the Manufacturing area rations Patense, in the city of Patos de Minas, Minas Gerais. Tukey test was used at 5 % probability for non-parametric analysis of variance and multiple comparisons in order to compare the effects of using sample. The ARA applied doses caused significant difference ($p > 0.05$) for the evaluated parameters: forage density, dry*

matter, accumulation rate of herbage and animal carrying capacity, indicating the viability of this production system.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos sessenta anos a população mundial duplicou, enquanto o consumo de água multiplicou por sete (CAMPOS, 2006). Fato que evidencia que o problema de escassez desse recurso está mais ligado a problemas de insustentabilidade e desperdício, do que ao ciclo hidrológico da água.

O crescimento populacional e a crescente demanda por melhor qualidade de vida levam a escassez dos recursos naturais (BRITO et al., 2012). Esse fato evidencia a necessidade de busca por uma nova postura ambiental, onde a tomada de decisão deve ser direcionada com vistas a otimização dos recursos, assim sendo, o reuso planejado de águas residuárias na agricultura além de controlar a poluição é uma alternativa de gerir recursos hídricos.

O uso de águas residuárias (ARA) quando feito de maneira adequada, com todo acompanhamento técnico e científico, pode garantir a disponibilidade constante de água para a produção agrícola e ainda contribuir para a economia de fertilizantes inorgânicos, pois contêm nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, aumentando significativamente o rendimento dos cultivos, melhorando a estrutura do solo e ampliando as fronteiras agrícolas (GHEYI et al., 2007).

A ARA pode ser utilizada como fertilizantes para diversas culturas. Porém quando se tem uma área restrita para a distribuição desse fluido, deve-se usar predominantemente plantas forrageiras, devido a sua alta produção de massa, atingindo valores superiores a 60 toneladas de matéria seca por hectare por ano ($t\ MS\ ha^{-1}ano^{-1}$). Em condições tropicais, plantas forrageiras C4, chegam a extrair valores superiores a $900\ kg\ de\ N\ ha^{-1}ano^{-1}$ em sistemas de pastejo e mais de $1800\ kg\ de\ N\ ha^{-1}ano^{-1}$ em sistemas de produção de forragem para corte, constituindo dessa forma, um excelente dreno de nutrientes (ANDRADE, 2011).

Estudos recentes mostram que a fertirrigação com ARA não causa estresses para a planta, nem compromete os animais quanto ao aspecto sanitário. Erthal et al. (2010) avaliaram variáveis fisiológicas, nutricionais e de rendimento de plantas e os resultados comprovaram que a utilização da água residuária bruta não causou estresse osmótico nem toxicidade pelos elementos químicos analisados. No entanto, propiciou absorção de nutrientes e rendimento forrageiro em níveis próximos aos recomendados podendo substituir, parcialmente, a adubação mineral para o cultivo dessas forrageiras.

Por outro lado, Bevilacqua et al. (2003) ao avaliar a qualidade sanitária de bovinos alimentados com forrageira fertirrigada com esgotos sanitários observaram que os animais alimentados com a forrageira não apresentaram alterações no perfil sanitário, tampouco foram identificados nas fezes, *Salmonella* spp. e *Cryptosporidium* sp. A análise microbiológica das carcaças não revelou amostras com presença de indicadores acima dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira e os resultados da pesquisa sorológica para *Cisticercus bovis* foram negativos para todos os soros bovinos testados. Assim sendo, foi evidenciado que é possível a produção de forrageira fertirrigada com efluente e sua utilização para alimentação animal, sem oferecer comprometimento ao perfil sanitário e a qualidade microbiológica da carcaça dos animais.

Apesar de muitos avanços científicos e tecnológicos, a produtividade média das pastagens brasileiras ainda é incipiente, com lotações médias inferiores a 1 unidade animal (UA) ha⁻¹, indicando necessidade de intensificação da produtividade (ALENCAR et al., 2009). Pensando nisso, a pesquisa tem buscado o uso racional de tecnologias relacionadas com o manejo do solo, do ambiente, da planta e do animal, e dentre essas tecnologias destacam-se o uso da irrigação, o método de pastejo rotacionado e o uso de adubações compatíveis com altas produções de forragem (ANDRADE, 2011).

A fertirrigação da pastagem pode reduzir custos de produção e tempo de trabalho para alimentar o rebanho quando comparada a outros tipos de alternativas de suplementação no outono-inverno, tais como silagens e fenos que necessitam de máquinas para preparo, armazenagem e fornecimento aos animais. Podendo ainda proporcionar maior retorno líquido na produção animal se comparada a sistemas que precisam usar grãos e forragens cortadas,

usar uma menor área para a produção animal, propiciar boa cobertura de solo, além de prolongar o período de pastejo durante a estação seca (DRUMOND E AGUIAR, 2005).

Quando trabalha-se com água residuária, os ganhos podem ser ainda mais significativos, uma vez que os resíduos de agroindústrias podem ser fonte de água e nutrientes para forrageiras, aumentando conseqüentemente a taxa de lotação de animais e permitindo ganhos de produção até mesmo na estação seca, no entanto ainda são escassos os trabalhos que avaliam o efeito de águas residuárias na formação das pastagens.

Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da fertirrigação com água residuária de agroindústria, sobre alguns parâmetros de crescimento do capim Vaquero manejado intensivamente em ambiente de cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido de novembro de 2014 a fevereiro de 2015, no município de Patos de Minas - MG, na área da Indústria de Rações Patense, localizada nas coordenadas geodésicas de 18° 37' 13" de latitude sul, 46° 33' 55" de longitude oeste com altitude de 804 metros.

O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA 2006). Uma calagem foi feita com base na análise de solo para correção de acidez e para elevar a saturação por bases a 80 %. O clima segundo classificação de Köppen é do tipo Cwa, tropical de altitude, caracterizado pela presença de duas estações bem definidas, uma fria/seca, abrangendo os meses de abril a setembro e outro quente/chuvosa que se estende de outubro a março. A precipitação pluviométrica média da região é de 1474 mm ano⁻¹. A área experimental possui 0,5 ha e é irrigada por aspersão semiautomatizada (Figura1).



Figura 1- Área do experimento.

O método de pastejo utilizado foi de lotação rotacionada, seguindo metas de altura de pré-pastejo entre 25 a 30 cm e 10 a 12 cm na saída em pós pastejo, com períodos de descanso variando de 22 a 30 dias. Para o pastejo, foram utilizadas novilhas da raça Nelore, que entram no sistema de pastejo com aproximadamente 220 kg, permanecendo até atingir peso médio de 530 kg.

Os efluentes utilizados na fertiirrigação foram provenientes do processamento de subprodutos de origem animal, como sangue, ossos, gorduras, aparas de carne, animais ou partes condenadas pela inspeção sanitária e vísceras não-comestíveis de bovinos, penas e vísceras de aves. Todos os efluentes foram destinados ao sistema de tratamento de efluentes já implementado na empresa (Figura 2), que é composto por grade, caixa de areia, uma caixa de gordura, seguida de um sistema de lagoas de estabilização que é uma lagoa anaeróbica seguida de uma facultativa, transformando os 150 milhões litros de águas residuais geradas pela empresa em irrigação e adubo, o que eliminou por completo o despejo destas águas em rios ou córregos.



Figura 2- Unidade de tratamento (ETE).



Figura 3- Relvado Utilizado.

As características gerais dos efluentes, após tratamento primário estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da água residuária de indústria utilizada durante o experimento.

Parâmetro¹	Valor²
DBO	320
DQO	942
Óleos e Graxas	Não detectado
pH	7,1
Alumínio total	Não detectado
Boro total (UW)	Não detectado
Cálcio	Não detectado
Fósforo total	6,3
Magnésio	Não detectado
Manganês total	Não detectado
Nitrogênio total	140
Potássio Total	12
Enxofre	Não detectado
Cobre total	Não detectado
Ferro Total	Não detectado
Sólidos em suspensão	2,2
Sólidos totais	590

¹Caracterização realizada conforme metodologia descrita por Standard Methods. ² mg L⁻¹.

Os parâmetros produtivos da forragem foram avaliados através da avaliação de Massa de Forragem (MF), Altura (ALT), Densidade de forragem (DMF), Taxa de Acúmulo de Forragem (TAF) e Capacidade de suporte animal (CS). Para medição da altura do relvado tomou-se a altura desde o nível do solo até a parte mais alta, usando uma folha transparente para uniformização das leituras com uma trena. A MF estimada em kg de matéria seca por hectare (MS ha⁻¹) foi avaliada a partir do corte a 10 cm do solo em moldura quadrada de 0,25 m² (0,5 X 0,5 m) (Figura 3), conforme descrito por Drumond e Aguiar (2005). A massa coletada foi acondicionada, levada ao laboratório e realizada a pesagem da matéria fresca original em balança de precisão. Posteriormente, foi retirada uma amostra de 0,100 kg do material fresco para determinação da matéria seca da forragem, através da secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C por 72 h. Com o valor obtido na área da moldura, estimou-se a matéria seca por hectare por extrapolação simples.

A TAF foi calculada de acordo com a equação 1 (DRUMOND E AGUIAR, 2005). Eq.(1)

$$TAF = \frac{MF}{n}$$

Em que:

TAF = Taxa de acúmulo de forragem, kg MS.ha⁻¹.dia⁻¹;

MF = Massa de Forragem, kg de MS.ha⁻¹;

n = Tempo do Ciclo (dias).

A densidade da massa da forragem foi calculada conforme equação 2 (DRUMOND E AGUIAR, 2005). Eq.(2)

$$DMF = \frac{MF}{h}$$

Em que:

DMF = Densidade da massa de forragem, kg.cm⁻¹;

MF = Massa de Forragem, kg de MS.ha⁻¹;

h = Altura (cm).

A capacidade de suporte foi calculada de acordo com equação 3 (DRUMOND E AGUIAR, 2005). Eq.(3)

$$CS = \frac{TAF}{OF * 0,95}$$

Em que:

CS = Capacidade de Suporte, UA.ha⁻¹;

TAF = Taxa de acúmulo de forragem, kg de MS.ha⁻¹.dia⁻¹;

OF = Oferta de forragem (adotado 2,5% do peso vivo da unidade animal).

É importante esclarecer que 1 unidade animal (UA) representa um animal de 450 kg de peso vivo.

O experimento foi conduzido em esquema de parcela subdividida no tempo contendo dois tratamentos com água residuária mais um tratamento adicional com água limpa, sendo avaliados três épocas, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos constituíram de 450 m³ ha⁻¹ano⁻¹ de água pura (T0), da aplicação de 225 m³ ha⁻¹ano⁻¹ de água residuária e reposição 225 m³ ha⁻¹ano⁻¹ com água pura (T1), e aplicação de 450 m³ha⁻¹ano⁻¹ de água residuária (T2), determinados a partir da quantidade de nutrientes possivelmente extraídos pela forrageira, considerando que essa quantidade não causou estresse a mesma, com turno de rega de 3 dias.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Objetivando avaliar o valor nutritivo da forragem, que se refere a composição química da forragem e sua digestibilidade, foi feita uma análise bromatológica da mesma nos meses que antecederiam o fim do experimento. Uma atenção maior foi dada aos teores de proteína, por ser uma das variáveis mais importantes para determinação do ganho de peso animal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ciclos de crescimento das gramíneas são influenciados por diversos fatores climáticos, como temperatura, luminosidade e disponibilidade hídrica que determinam todo o desenvolvimento, em função do potencial genético da planta (PINHEIRO, 2002).

Na ocasião do primeiro ciclo houve uma precipitação mensal de 141 mm com temperatura média de 25°C, no segundo ciclo o período apresentou precipitação mensal de 242 mm e temperatura média de 23°C e o último ciclo apresentou precipitação mensal de 305 mm com temperatura média de 24°C. Segundo dados obtidos da estação meteorológica da fazenda Experimental Sertãozinho da EPAMIG.

Segundo Cecato et al. (2000) durante o inverno em regiões tropicais as condições de temperatura, umidade e luminosidade são inadequadas para o bom desempenho das plantas forrageiras a exemplo do capim Vaquero. Por outro lado, no verão essas variáveis climáticas são adequadas e, dependendo do manejo adotado, pode-se obter excelente produção de matéria seca.

A altura das plantas de capim Vaquero diferiram do tratamento sem a aplicação de água residuária apenas na terceira avaliação (Tabela 2), sugerindo que as condições climáticas favoráveis juntamente com a aplicação de água residuária, rica em nutrientes, independente da dose favoreceram o crescimento em altura das plantas. Outra justificativa se dá pela inversionalidade entre altura e densidade.

É importante ressaltar que no manejo de pastagens, em método de pastejo com lotação rotacionada, recomenda-se o uso de uma altura fixa como referência para o ponto de pastejo, independente da época do ano, uma vez que a partir desse dado momento ocorrerá alongamento de colmos e redução da taxa assimilatória líquida de carbono, sendo o tempo necessário para que a pastagem atinja essa altura variável, a depender da disponibilidade de fatores de crescimento, que estão relacionados ao sistema produtivo, níveis de adubações, uso de irrigação, região, etc. (DRUMOND e AGUIAR, 2005; DA SILVA, 2011).

Neste contexto, é importante que o pastejo dos capins Tifton 85 e Vaquero, em sistemas intensivos, seja realizado aos 25 cm e saída com 10 a 15 cm (DA SILVA et al., 2008).

Tabela 2 - Altura (cm), matéria seca (kg ha⁻¹), densidade de massa de forragem (kg de MS cm⁻¹), taxa de acúmulo de forragem (kg MS dia⁻¹) e capacidade de suporte animal (Unidade animal ha⁻¹) do capim vaquero em resposta à aplicação de água residuária.

Ciclo 1					
Tratamentos	ALT	MS	DMF	TAF	CS
T0	21,55 a	984,00 c	89,68 b	35,14 c	3,19 c
T1	19,85 a	1715,6 b	180,14 a	61,27 b	5,57 b
T2	21,10 a	2328,8 a	221,45 a	83,17 a	7,56 a
F	0,305 ^{ns}	20,564 ^{**}	16,865 ^{**}	20,574 ^{**}	20,537 ^{**}
Média	20,83	1673,13	81,59	59,86	5,44
CV (%)	15,31	17,72	19,74	17,71	17,73
Ciclo 2					
T0	22,25 a	960,0 b	82,08 c	34,28 b	3,11 b
T1	24,65 a	3885,6 a	265,17 b	138,77 a	12,61 a
T2	25,45 a	4900,8 a	319,76 a	175,03 a	15,91 a
F	1,247 ^{ns}	57,94 ^{**}	81,964 ^{**}	57,94 ^{**}	57,964 ^{**}
Média	24,12	3248,8	129,53	116,02	10,541
CV (%)	12,37	16,55	13,22	16,55	16,56
Ciclo 3					
T0	19,45 b	1275,6 b	133,79 b	45,55 b	4,14 b
T1	29,4 a	4075,1 a	252,67 a	145,53 a	13,23 a
T2	31,2 a	5175,0 a	249,32 a	184,82 a	16,80 a
F	24,846 ^{**}	50,011 ^{**}	17,868 ^{**}	50,012 ^{**}	49,974 ^{**}
Média	26,68	3508,57	124,22	125,30	11,387
CV (%)	9,52	16,21	20,21	16,21	16,22

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ** F significativo ao nível de 1% de probabilidade. * F significativo ao nível de 5% de probabilidade. ns - F não significativo a 10% de probabilidade.

A densidade da massa de forragem está relacionada ao manejo da pastagem e características da arquitetura das plantas, e como dita anteriormente é inversamente proporcional à altura do relvado, justificando o fato de não haver diferença significativa no parâmetro altura para quase todas as épocas amostradas, e, no entanto, a densidade se correlacionar positivamente frente a fertirrigação.

Esses resultados estão em conformidade com encontrados por Aguiar et al. (2004), que trabalhando com Tifton 85 irrigado e manejado intensivamente na região de Uberaba-MG, encontraram densidade de massa de forragem variando ao longo do ano de 140 a 200 kg

MS/ha/cm. MARCELINO et al. (2005), trabalhando com capim Braquiarião no período de outubro de 2002 março de 2003 encontraram uma densidade da massa de forragem de 137 kg MS/ha/cm. Neste contexto, a densidade é importante para a avaliação do crescimento da forrageira já que determina variáveis como o consumo animal, que conseqüentemente reflete no seu desempenho permitindo determinar o momento ideal de pastejo a fim de garantir um bom aproveitamento das plantas.

A produção de MS total é resultado do somatório da produção inicial e dos acúmulos diários durante todo o período experimental. Assim, a produção de MS total comportou-se de maneira semelhante à TAF, apresentando diferença significativa entre a aplicação de AR e água limpa em todas as amostragens, evidenciando que a forrageira apresenta respostas positivas quanto à fertilização via aplicação de águas residuárias. Quanto à dose houve diferença significativa apenas na primeira avaliação, supostamente nessa época a menor dose já atendia a demanda nutricional da planta.

Resultado semelhante foi obtido por ROSA et al. (2002), com aplicação de dejetos de suíno em braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), com doses de 100; 150 e 200 m³ há⁻¹ ano⁻¹, em Goiânia - GO. A aplicação de 200 m³ há⁻¹ ano⁻¹ proporcionou 8.518 kg há⁻¹ de MS por ciclo de 35 dias. Essa produção foi superior à de 8.049 kg há⁻¹ de MS por ciclo obtida com a aplicação de 3,5 kg há⁻¹ de P₂O₅; 18 kg há⁻¹ de K₂O; 160 kg há⁻¹ de N e micronutrientes, aplicados por tonelada de MS de forragem estimada a ser colhida por hectare.

Destaca-se que o acúmulo de forragem encontrado no presente trabalho está em conformidade com a maioria dos trabalhos com Tifton 85 encontrados na literatura, que citam valores que variam de 67,3 a 118,1 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ de MS nas estações de outono e verão, respectivamente (MARCELINO et al., 2003; AGUIAR et al., 2006). Na época 1 devido a ocorrência de um veranico a produção foi um pouco inferior a essa média, a medida que as condições climáticas foram reestabelecidas para o verão, foi possível superar tais valores, indicando ainda mais a viabilidade do uso de águas residuárias na produção de forragem.

Maiores valores de produção são decorrentes do processo de intensificação no manejo da pastagem, que se refere aos maiores níveis de adubação e vantagens técnicas da utilização

da irrigação, tais como melhor aproveitamento das fertilizações e manutenção de disponibilidade hídrica durante todo o período experimental, uma vez que mesmo em épocas tipicamente chuvosas é comum em ambientes tropicais a ocorrência de períodos sem chuvas, chamados veranicos (DRUMOND E AGUIAR, 2005).

A fertirrigação com AR teve efeito significativo na capacidade suporte nas três amostragens, sendo observado efeito de doses apenas na primeira avaliação. Ressalta-se que o desempenho animal não foi mensurado.

Esses resultados corroboram com aqueles encontrados por Konzen (2002) que avaliando a aplicação de dejetos suínos em pastagem de braquiário Rio Verde – GO, com dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, observou que foi possível dobrar a capacidade de lotação. Ainda de acordo com o mesmo autor, em pastagem de capim-tanzânia e mombaça, em Brasilândia - MS a aplicação de DLS em fertirrigação através de pivô central possibilitou produções de $8.000 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ atingindo lotações superiores a $8,0 \text{ UA/ha}$ com média de ganho de $0,8 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Com base nesses resultados apresentados, observa-se que há possibilidade de aumento da produção animal com maior produção de forragem. A adoção de técnicas de manejo adequadas e utilização de água residuária de agroindústria, resultou em um aumento de 6 a 21 vezes a média nacional de capacidade suporte animal, que segundo Kichel (2000) atualmente é de $0,8 \text{ UA/ha}$, evidenciado que apesar do país ter condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de forrageiras ainda está aquém do seu potencial produtivo.

Com relação à análise bromatológica da forragem que resulta em parâmetros qualitativos da pastagem, também obtivemos dados satisfatórios. Segundo Gonçalves e Costa (1991), teores de proteína bruta inferiores a 7 % são limitantes à produção animal, devido a baixos consumos voluntários, menores coeficientes de digestibilidade e balanço negativo de nitrogênio. Cabe ressaltar que para o experimento em questão os valores de proteína bruta foram de 20 %, 24 %, 26 % para os tratamentos 0,1 e 2 respectivamente. Pelas médias obtidas neste trabalho, infere-se que o teor médio de proteína bruta contido na matéria seca da forrageira em estudo foi superior aos limites críticos defendidos pelos autores supracitados. Esses valores são superiores aos observados por Prohmann et al. (2004), que trabalhando com

Tifton 85 encontraram valores de 13,6 % a 15,3 % de proteína em forragem já estabelecida e corrigida quanto à fertilidade. Os valores observados são suficientes para manutenção e ganhos de peso satisfatório dos animais, comprovando ainda mais a viabilidade desse sistema.

4. CONCLUSÕES

O uso de águas residuárias é uma alternativa viável para a produção de capim Vaquero e se manejada adequadamente pode ser um mecanismo de desenvolvimento limpo que reaproveita água e nutrientes, proporciona lucro ao produtor e sustentabilidade ambiental

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.P.A.; DRUMOND, L.C.D.; MORAES NETO, A.R.; PAIXÃO, J.B.; RESENDE, J.R.; BORGES, L.F.C.; MELO JUNIOR, L.A.; SILVA, V.F.; APONTE, J.E.E. Composição química e taxa de acúmulo dos capins Mombaça, Tanzânia-1 (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça e Tanzânia-1) e Tifton 85 (*Cynodon dactylon* x *Cynodon nlemfuensis* cv. Tifton 68) em pastagens intensivas. **FAZU em Revista**, n.3, p.15-19, 2006.
- AGUIAR, A.P.A.; DRUMOND, L.C.D.; FERREIRA NETO, A.A. Avaliação de características de crescimento e produção do capim Tifton 85 (*Cynodon* sp), sob condições irrigadas e em sequeiro em ambiente de cerrado. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE DE ZOOTECNIA. 39, 29 jul.-01 ago., 2002. **Anais...** Recife: UFRPE, 2002.
- ALENCAR, C.A.B.; CUNHA, F.F; MARTINS, C.E.; CÓSER, A.C.; ROCHA, W.S.D.; ARAÚJO, R.A.S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.98-108, 2009.
- ANDRADE, A.S. **Crescimento e composição bromatológica de Tifton 85 e Vaquero em pastagens fertirrigadas.** (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Federal de Viçosa, 33p., 2011.
- BRITO, R.R.; GOMES, E.R.; LUDWIG, R. **Uso da água na irrigação.** VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, n.2, p. 373-383, 2012.
- BEVILACQUA, P.D.; BASTOS, R.K.X.; PINTO, P.S.A.; TAKARABE, J.M.; BANDEIRA, M.L.; MÂNCIO, A.B. Avaliação da qualidade sanitária de bovinos alimentados com

- forageira irrigada com esgotos sanitários. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- CAMPOS, H.L. Gestão de bacias hidrográficas: pressupostos básicos. In: SÁ, J.A.; CORRÊA, A.C.B. (Org.). **Regionalização e Análise Regional: perspectivas e abordagens contemporâneas**. Recife: Universitária UFPE, p. 91-111, 2006.
- CECATO, U.; MACHADO, A.O.; MARTINS, E.N.; PEREIRA, L.A.F.; BARBOSA, M.A.A.; SANTOS, G.T. Avaliação da produção e de algumas características de rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.660-668, 2000.
- DA SILVA, S.C. Uso da interceptação de luz como critério de manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 8., Lavras, 2011. **Anais ...** Lavras: UFLA, p. 79-98, 2011.
- DA SILVA, S.C.; JÚNIOR, D.N.; EUCLIDES, V.P.B. **Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo**. 1. ed. Viçosa: Suprema, 115 p., 2008.
- DRUMOND, L.C.D.; AGUIAR, A.P.A. **Irrigação de Pastagem**. Uberaba: Ed. L.C.D. DRUMOND, 210p., 2005.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p., 2006.
- ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.467-477, 2010.
- GONÇALVES, C.A.; COSTA, L.C. Adubação orgânica, frequência de corte de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*. Schum, cv. Cameroon) em Porto Velho, Rondônia. **Lavoura Arrozeira**, v.44, n.396, p.27-29, 1991.
- GHEYI, H.R.; MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L.; FERNANDES P.D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérbas: efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.569-578, 2007.
- MARCELINO, K.R.A.; VILELA, L.; LEITE, G.G.; GUERRA, A.F.; DIOGO, J.M.S. Manejo da adubação nitrogenada de tensões hídricas sobre a produção de matéria seca e índice de área foliar de Tifton 85 cultivado no cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.268-275, 2003.

- PINHEIRO, V.D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil**. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- PROHMANN, P.E.F.; BRANCO, A.F.; CECATO, U.; JOBIM, C.C.; GUIMARÃES, K.C.; FERREIRA, R.A. Suplementação de bovinos em pastagens de Coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) no inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.801-810, 2004.

CARACTERIZAÇÃO DE POPULAÇÕES DO NEMATOIDE DE GALHAS NA CULTURA DA CENOURA EM MINAS GERAIS

CHARACTERIZATION OF POPULATION OF ROOT-KNOT NEMATODE IN CARROT IN MINAS GERAIS

T. G. da CUNHA¹, L. E. VISÔTTO¹, E. A. LOPES¹, L. M. PINHEIRO¹ e C. M. G. OLIVEIRA²

¹ Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias

² Instituto Biológico – Campinas, SP

E-mail: leticia.pinheiro@ufv.br

PALAVRAS-CHAVE: Diagnose; *Meloidogyne*; análise perineal; esterase; PCR.

KEYWORDS: Diagnosis; *Meloidogyne*; perineal analysis; esterase; PCR.

RESUMO: *A cenoura (Daucus carota) é cultivada em várias regiões do Brasil, incluindo Minas Gerais. O nematoide de galhas (Meloidogyne spp.) está entre os fatores mais importantes na redução da produção dessa cultura. Com o objetivo de conhecer a distribuição de espécies de Meloidogyne em áreas de produção de cenoura em Minas Gerais, coletamos amostras de raízes e solo em áreas infestadas pelo patógeno nas regiões do Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e Campo das Vertentes e procedemos a identificação das espécies por meio de análise do padrão perineal, eletroforese de isoenzimas e por reação em cadeia da polimerase. As espécies encontradas foram Meloidogyne incognita, Meloidogyne javanica e Meloidogyne polycephannulata, com maior prevalência de M. incognita.*

ABSTRACT: *Carrot (Daucus carota) is cultivated in several regions in Brazil, including Minas Gerais. Root-knot nematode (Meloidogyne spp.) is among the most important factors on the reduction of yield of this crop. Aiming to know the distribution of Meloidogyne species in carrot production areas in Minas Gerais, we collected samples of roots and soil in areas infested by the pathogen in the Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro and Campo das Vertentes and also we identified the species by the analysis of the perineal pattern, isozyme phenotypes and polymerase chain reaction. We found the species Meloidogyne incognita, Meloidogyne javanica and Meloidogyne polycephannulata, with a higher prevalence of M. incognita.*

1. INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota*) é uma hortaliça da família *Apiacea*, apreciada *in natura* ou em alimentos processados pela indústria. Os principais produtores de cenoura no Brasil são Bahia, Minas Gerais, Paraná e São Paulo (VILELA E BORGES, 2008). Em Minas Gerais, a produção encontra-se, predominantemente, nas regiões do Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e Campo das Vertentes.

Inúmeros fatores influenciam a redução da produtividade da cultura da cenoura, com destaque para os nematoides (LOPES et al., 2008). No Brasil, alguns dos problemas mais significativos são resultantes do ataque dos nematoides de galhas do gênero *Meloidogyne* (PINHEIRO et al., 2010). O desenvolvimento da doença se dá com a colonização da região do córtex da raiz, levando à hipertrofia e hiperplasia de células, causando as galhas (PINHEIRO et al., 2010). A deformação das raízes é sintoma comum, incluindo crescimento limitado, bifurcação e alteração visual devido à formação de galhas. Com isso, as raízes não atendem padrões comerciais de classificação e são descartadas (PINHEIRO E HENZ, 2008; PINHEIRO et al., 2010).

Para a identificação de espécies de *Meloidogyne*, diversas técnicas têm sido usadas ao longo das últimas décadas. A observação dos padrões perineais foi o método padrão de identificação por muito tempo (HARTMAN & SASSER, 1985). A partir das décadas de 1970 e 1980, a eletroforese de isoenzimas passou a ser a técnica padrão de diagnose de espécies de *Meloidogyne* (ESBENSHADE E TRIANTAPHYLOU, 1990; CARNEIRO E ALMEIDA, 2001). Inúmeros protocolos baseados em análise de DNA foram desenvolvidos e tem sido cada vez mais usados na diagnose de espécies de fitonematoídes, principalmente em função da redução dos custos dos equipamentos e dos reagentes necessários em tais procedimentos (HAN et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2011; AKYASI E FELEK, 2013; HUMPHREYS-PEREIRA E ELLING, 2014).

Apesar da importância econômica da cenoura para Minas Gerais e da relevância dos nematoides de galhas nessa cultura, nenhum levantamento ainda havia sido realizado visando à caracterização de populações do patógeno prevalentes em áreas de produção da hortaliça no Estado. Devido à essa lacuna, coletamos amostras de solo e raízes de cenoura em áreas com

presença de *Meloidogyne* e identificamos as espécies por meio de métodos biológicos, bioquímicos e moleculares.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta de amostras

Amostras de solo e de raízes de cenoura com sintomas de *Meloidogyne* foram coletadas nos três principais polos de produção de Minas Gerais: Alto Paranaíba (município de Rio Paranaíba), Triângulo Mineiro (municípios de Santa Juliana e Pedrinópolis) e Campo das Vertentes (município de Carandaí). As amostras de uma mesma área foram reunidas para a obtenção de amostra composta de 500 cm³ de solo e 500 g de raízes e os locais de coleta foram georreferenciados (Tabela 1).

O solo foi acondicionado em sacos plásticos e as raízes em sacos de papel. Caixas de isopor foram utilizadas para acondicionamento e transporte das amostras ao Laboratório de Fitopatologia, Bioquímica e Genética Molecular da Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba (UFV/CRP).

2.2. Extração, multiplicação e manutenção das populações do nematoide de galhas

As amostras de solo foram homogeneizadas e uma fração de 100 cm³ foi usada para a extração de nematoides pelo método de flutuação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964). O restante do solo foi armazenado em geladeira, a 4 °C, para eventual utilização. Nematoides extraídos das amostras foram usados para inoculação ou para identificação das espécies. As populações de nematoides foram multiplicadas e mantidas em tomateiros Santa Cruz Kada cultivados em vasos de 3 L em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba e no Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Bambuí. O substrato empregado para cultivo do tomateiro foi composto de mistura solo e areia (1:1, v:v), previamente autoclavada a 120 °C por 1 h em dois ciclos com intervalo de 24 h. A renovação das plantas com novo substrato ocorreu em intervalos de 30 a 60 dias.

Tabela 1 – Regiões de coleta, municípios, dados geográficos e código de identificação de amostras de solo e de raízes de cenoura em áreas infestadas pelo nematoide de galhas.

Região de Coleta	Município	Dados Geográficos	Código
Alto Paranaíba	Rio Paranaíba	S 19°27'41,2'' W 46°12'59,3''	RIO03
Alto Paranaíba	Rio Paranaíba	S 19°27'56,5'' W 46°12'42,8''	RIO04
Alto Paranaíba	Rio Paranaíba	S 19°27'18,7'' W 46°12'36,3''	RIO05
Alto Paranaíba	Rio Paranaíba	S 19°26'27,2'' W 46°09'41,1''	RIO06
Alto Paranaíba	Rio Paranaíba	S 19°28'09,7'' W 46°15'4,8''	RIO09
Alto Paranaíba	Rio Paranaíba	S 19°12'35,3'' W 46°07'59,2''	RIO10
Alto Paranaíba	Rio Paranaíba	S 19°12'35,3'' W 46°07'59,2''	RIO11
Alto Paranaíba	Rio Paranaíba	S 19°28'84,5'' W 46°18'73,9''	RIO16
Campo das Vertentes	Carandaí	S 20°57'27,4'' W 43°54'14,8''	CAD01
Campo das Vertentes	Carandaí	S 20°57'59,7'' W 43°54'14,8''	CAD02
Campo das Vertentes	Carandaí	S 20°58'08,9'' W 43°54'13,8''	CAD09
Campo das Vertentes	Carandaí	S 20°57'53,1'' W 43°53'40,9''	CAD10
Triângulo Mineiro	Santa Juliana	S 19°18'22,1'' W 47°34'05,6''	TRI06
Triângulo Mineiro	Santa Juliana	S 19°18'14,3'' W 47°29'07,1''	TRI07
Triângulo Mineiro	Santa Juliana	S 19°22'12,4'' W 47°31'07,6''	TRI08

2.3. Identificação das espécies de *Meloidogyne* por análise do padrão perineal de fêmeas

Fêmeas adultas de *Meloidogyne* foram extraídas de raízes de cenoura obtidas em campo ou de raízes de tomateiros usados na manutenção das populações em casa de vegetação. A extração foi feita manualmente com uso de estilete, sob microscópio estereoscópico. Para identificação por meio de análise do padrão perineal (HARTMAN E SASSER, 1985), dez fêmeas foram usadas por população e a observação foi feita em microscópio de luz. Características como a conformidade e tamanho de estrias, forma do arco dorsal, distância entre o ânus e a vulva, presença de pontuações na região perineal foram comparadas às características descritas na literatura (HARTMAN E SASSER, 1985).

2.4. Identificação das espécies de *Meloidogyne* por eletroforese de isoenzimas

Para a análise do polimorfismo de isoenzimas por eletroforese, a proteína analisada foi a esterase (EST), a qual permite a identificação de um maior número de espécies de *Meloidogyne* (ESBENSHADE E TRIANTAPHYLLOU, 1990; CARNEIRO E ALMEIDA, 2001). Para isso, dez fêmeas adultas do nematoide de galhas foram excisadas de raízes com auxílio de estilete de ponta fina e estereomicroscópio. As fêmeas foram transferidas para tubos contendo de 3 a 5 mL do tampão de extração (CARNEIRO E ALMEIDA, 2001), maceradas com pistilo e aplicadas em cavidade formadas no gel de poliacrilamida. Cultura pura de *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood foi o padrão de referência comparativa entre os fenótipos encontrados no campo. O extrato enzimático de cada amostra foi aplicado em uma cavidade do gel. A identificação dos fenótipos foi realizada por meio do cálculo da mobilidade relativa (Rm) de cada banda polimórfica comparada ao padrão.

2.5. Identificação das espécies de *Meloidogyne* por reação em cadeia da polimerase (PCR)

As espécies de *Meloidogyne* coletadas no campo foram identificadas usando a chave de identificação molecular (ADAM et al., 2007). Um a dez nematoides (juvenis ou fêmeas) foram transferidos para microtubos contendo 15 µL de água livre de nuclease e 3 µL de tampão 5X Green GoTaq® Flexi (Promega, Madison, USA). Em seguida, quatro a cinco esferas de vidro de 1 mm foram adicionadas em cada microtubo. Os microtubos foram levados ao amalgamador (Dentomat®, Modelo 600 BR, Degussa, Alemanha) por 30 s a 50/60

Hz para rompimento da cutícula do nematoide. Em seguida, 2 µL de proteinase K (100 mg/mL) foram adicionados a cada microtubo. Por fim, os microtubos foram mantidos a 60 °C por 60 min, 95 °C por 15 min e 15 °C por 2 min. O DNA extraído foi mantido congelado a -20 °C.

A amplificação dos fragmentos de DNA por PCR foi realizada em termociclador Veriti® (Applied Biosystems, Foster City, USA). O volume final de cada reação foi de 12,5 µL, sendo composta por 1,0 µL de DNA do patógeno; 0,5 µL de cada par de *primers* (10 mM); 0,0625 µL de GoTaq® Flexi DNA polimerase (Promega, Madison, WI, USA); 1,25 µL de dNTP a 2 mM; 0,75 µL de MgCl₂ (25 mM); 2,5 µL de tampão 5X Green GoTaq® Flexi e água livre de nuclease (Promega, Madison, USA) para completar o volume. Os primers utilizados foram 194/195 (BLOK et al., 1997), D2/D3 (NUNN, 1992), Fjav/Rjav (ZIJLSTRA et al., 2000) e MI-F/MI-R (MENG et al. 2004). As condições de amplificação foram adaptadas de Adam et al. (2007), assim como os primers utilizados.

Os produtos da amplificação foram separados por eletroforese em tampão TBE a 90 V usando gel de agarose corado com brometo de etídio ou SYBR Safe (10.000 x, Invitrogen, Carlsbad, USA). Marcadores moleculares 100 pb DNA Ladder RTU (Kasvi, Curitiba, PR, Brasil) foram usados para comparação dos produtos da amplificação. O gel foi visualizado em transiluminador de luz UV (Wealtec, Model MD-20, 312 mm) e, em seguida, fotografado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em um total de 15 amostras, a espécie *Meloidogyne incognita* foi a mais prevalente (66,67%), ocorrendo em 10 locais, isoladamente ou em mistura populacional com *M. javanica* (Tabela 2). *Meloidogyne incognita* foi encontrado em todas as sete locais amostrados nas regiões do Campo das Vertentes e Triângulo Mineiro e em três propriedades em Rio Paranaíba. *Meloidogyne javanica* foi a segunda espécie com maior prevalência, sendo detectada em sete localidades, de forma isolada ou em mistura populacional (Tabela 2). Ela foi encontrada em metade das amostras de Rio Paranaíba e em mistura populacional com *M. incognita* em todas as propriedades amostradas em Carandaí. Por fim, a espécie *M. polycephannulata*, descrita em 2009 a partir de amostras coletadas em Rio Paranaíba (CHARCHAR et al., 2009), foi encontrada em uma amostra em Rio Paranaíba (Tabela 2).

Nas quatro amostras coletadas em Carandaí, detectamos mistura populacional de *M. incognita* e *M. javanica* (Tabela 2).

Tabela 2 – Identificação de espécies de *Meloidogyne* em amostras de cenoura coletadas em no Alto Paranaíba (RIO), Campo das Vertentes (CAD) e Triângulo Mineiro (TRI).

Código	Espécie de <i>Meloidogyne</i>		
	Padrão Perineal	Eletroforese de Isoenzimas	PCR
RIO03	<i>M. incognita</i>	<i>M. incognita</i>	Não amplificou
RIO04	<i>M. javanica</i>	<i>M. javanica</i>	<i>M. javanica</i>
RIO05	<i>M. incognita</i>	<i>M. incognita</i>	Não amplificou
RIO06	<i>M. javanica</i>	<i>M. javanica</i>	<i>M. javanica</i>
RIO09	<i>M. incognita</i>	<i>M. incognita</i>	Não amplificou
RIO10	<i>M. javanica</i>	<i>M. javanica</i>	Não amplificou
RIO11	<i>M. javanica</i>	<i>M. javanica</i>	<i>M. javanica</i>
RIO16	<i>M. polycephannulata</i>	<i>M. polycephannulata</i>	Não amplificou
CAD01	<i>M. incognita</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. javanica</i>
CAD02	<i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. javanica</i>
CAD09	<i>M. incognita</i>	<i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i>	<i>M. javanica</i>
CAD10	<i>M. incognita</i>	<i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i>	Não amplificou
TRI06	<i>M. incognita</i>	<i>M. incognita</i>	Não amplificou
TRI07	<i>M. incognita</i>	<i>M. incognita</i>	Não amplificou
TRI08	<i>M. incognita</i>	<i>M. incognita</i>	Não amplificou

Foi possível identificar as espécies em todas as amostras por meio de análise do padrão perineal das fêmeas e eletroforese de isoenzimas (Tabela 2). Padrões perineais típicos das espécies *M. incognita*, *M. javanica* e *M. polycephannulata* foram observados. Em relação

ao uso de eletroforese de isoenzimas, observou-se o fenótipo isoenzimático de esterase observado para *M. incognita* (J1), constituído por uma única banda na altura da banda de menor mobilidade do fenótipo de *M. javanica* (CARNEIRO E ALMEIDA, 2001). Os fenótipos J3 e J2 de *M. javanica* foram encontrados, com ocorrência do segundo em apenas duas amostras (RIO04 e RIO11). Os resultados da análise perineal e eletroforese foram idênticos em aproximadamente 70% das amostras, permitindo identificar as populações CAD01, RIO03, RIO05, RIO09, TRI06, TRI07 e TRI08 como sendo *M. incognita*; RIO04, RIO10, RIO06 e RIO11 como *M. javanica* e RIO16 como *M. polycephannulata* (Tabela 2).

Misturas populacionais em amostras coletadas em Carandaí ocasionaram resultados distintos ao usar a análise perineal e a eletroforese. A população CAD02 apresentou correspondência à mistura de espécies *M. javanica* e *M. incognita*, pela análise perineal e o mesmo ocorreu com as amostras CAD09 e CAD10, mas no perfil esterásico. Além disso, a população CAD01 foi identificada como *M. incognita* por análise perineal e eletroforese e como *M. javanica* por PCR usando primer específico (Tabela 2). Essa aparente discrepância é possível ocorrer quando misturas populacionais são encontradas em campo. Nesse caso, as duas espécies de *Meloidogyne* são adaptadas às condições tropicais e, a princípio, podem coexistir em um mesmo campo de produção em uma mesma safra. Considerando que dez fêmeas são extraídas para identificação por análise perineal e por eletroforese, indivíduos de espécies diferentes que ocorram em uma mesma planta ou área podem ser coletados para análise, permitindo a detecção da mistura populacional. Desta forma, é possível inferir que existe mistura populacional de *M. incognita* e *M. javanica* em todas as amostras de Carandaí, considerando os resultados dos três métodos de identificação usados neste trabalho.

A identificação das espécies por meio de reação em cadeia da polimerase (PCR) foi possível apenas para a espécie *M. javanica* (Tabela 2). A amplificação das amostras foi possível usando primers universais D2/D3 (NUNN, 1992) e 194/195 (BLOK et al., 1997). As populações RIO04, RIO06, RIO11, CAD01, CAD02 e CAD09 foram identificadas como *M. javanica* com o uso do primer espécie-específico Fjav/Rjav (ZIJLSTRA et al., 2000), resultando em banda de aproximadamente 720 pb, característica da espécie (ADAM et al., 2007). No entanto, o diagnóstico molecular de nenhuma população identificada como *M. incognita* por análise perineal ou eletroforese foi possível com o uso do conjunto de primers

MI-F/MI-R (MENG et al., 2004), específicos para *M. incognita* e que deveriam resultar na amplificação de uma banda de 999 pb (ADAM et al., 2007). Embora esses primers tenham sido testados e validados para identificação de *M. incognita*, outros pesquisadores também não conseguiram amplificar amostras de DNA da espécie usando esse mesmo conjunto, como, por exemplo, Kiewnick et al. (2013).

Neste trabalho, observamos a predominância das espécies tropicais *M. incognita* e *M. javanica* em áreas de produção de cenoura em Minas Gerais. Em outros levantamentos realizados no Brasil em áreas de produção de hortaliças, esses nematoides também foram os mais prevalentes, como no Norte de Minas Gerais (CHARCHAR et al., 1999), Ceará (SILVA et al., 2016) e Bahia (PINHEIRO et al., 2010), São Paulo (GONÇALVES, 2014) e nos estados de Sul do Brasil (MEDINA, 2014). Outras espécies, como *M. enterolobii*, *M. arenaria* e *M. hapla*, encontradas em alguns desses outros levantamentos não foram detectadas em nosso trabalho.

Em 2009, pesquisadores da Embrapa descreveram a espécie *M. polycephannulata* a partir de amostras de cenoura coletadas em Rio Paranaíba (CHARCHAR et al., 2009). Em nosso trabalho, a população RIO16 apresentou similaridade ao descrito para a espécie em relação aos padrões perineais e perfis eletroforéticos, o que nos levou a caracterizá-la como *M. polycephannulata*. No entanto, a distinção dessa nova espécie vem sendo questionada (CARNEIRO et al., 2016; MONTEIRO, 2016). Segundo esses autores, *M. polycephannulata* mostrou-se idêntica a *M. incognita*, partilhando o perfil de esterase I2 e o mesmo fragmento alvo do DNA amplificado por primers específicos para *M. incognita*. Logo, é plausível crer que tal população seja uma variante de *M. incognita*. Estudos mais aprofundados de caracterização da população RIO16 serão realizados para elucidar aspectos ainda duvidosos sobre *M. polycephannulata* e permitirão um melhor enquadramento taxonômico da população.

A ampla gama de hospedeiros de *M. incognita* e *M. javanica* pode explicar sua prevalência em áreas de produção de cenoura, além de sua adaptação às condições ambientais dos principais polos produtores. Elas são conhecidas por parasitar numerosas espécies de plantas cultivadas, incluindo hortaliças (CHARCHAR et al., 2009), grandes culturas e plantas daninhas (DIAS et al., 2010). Isso lhes dá vantagem competitiva, uma vez que a técnica de

rotação de culturas fica limitada devido ao grande número de espécies comerciais hospedeiras, o que reduz o intervalo de tempo de ausência do hospedeiro suscetível no campo. Além disso, a ocorrência de mistura populacional, como detectada em amostras de Carandaí, dificulta ainda mais a escolha de materiais para rotação.

4. CONCLUSÕES

As espécies *M. javanica* e *M. incognita* são predominantes em áreas de cultivo de cenoura localizadas na região do Alto Paranaíba, Campos das Vertentes e Triângulo Mineiro, com maior prevalência de *M. incognita*. Populações mistas de *M. incognita* e *M. javanica* são encontradas em propriedades produtoras de cenoura de Carandaí. A espécie descrita como *M. polycephannulata* está presente em uma propriedade em Rio Paranaíba.

AGRADECIMENTOS

Everaldo A. Lopes agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo 304663/2014-0) e aos produtores e técnicos que gentilmente colaboraram com a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ADAM, M.A.M.; PHILLIPS, M.S.; BLOK, V.C. Molecular diagnostic key for identification for single juveniles of seven common and economically important species of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.). **Plant Pathology**, v.56, p.190-197, 2007.
- AKYAZI, F.; FELEK, A.F. Molecular identification of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* from kiwi fruit orchards in Ordu province, Turkey. **Turkiye Entomoloji Dergisi**, v.37, n.4, p.449-456, 2013.
- BLOK, V.C.; PHILLIPS, M.S.; FARGETTE, M. Comparison of sequences from the ribosomal DNA intergenic region of *Meloidogyne mayaguensis* and other major tropical root knot nematodes. **Journal of Nematology**, v.29, p.16-22, 1997.
- CARNEIRO, R.M.D.G.; MONTEIRO, J.M.S.; SILVA, U.C.; GOMES, G. Gênero *Meloidogyne*: diagnose através de eletroforese de isoenzimas e marcadores SCAR. In: OLIVEIRA, C.M.G.; SANTOS, M.A.; CASTRO, L.H.S. **Diagnose de fitonematoides**. Campinas, SP: Millennium Editora, 2016. Cap.3. p.47-72.

- CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzima dos nematoides de galha para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, v.25, p.35-44, 2001.
- CHARCHAR, J.M.; EISENBACK, J.D.; HIRSCHMANN, H. *Meloidogyne petuniae* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitic on petunia in Brazil. **Journal of Nematology**, v.31, p.81-91, 1999.
- CHARCHAR, J.M.; EISENBACK, J.D.; VIEIRA, J.V.; FONSECA-BOITEUX, M.E.N.; BOITEUX, L.S. *Meloidogyne polycephannulata* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing carrot in Brazil. **Journal of Nematology**, v.41, p.174-186, 2009.
- DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E.S. **Nematoides em Soja: Identificação e Controle**. Londrina: Embrapa Soja, 2010, 8p. (Circular Técnica 76).
- ESBENSHADE, P.R.; TRIANTAPHYLLOU, A.C. Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. **Journal of Nematology**, v.22, p.10-15, 1990.
- GONÇALVES, L.A. **Levantamento e manejo de nematoides fitoparasitas em áreas cultivadas com olerícolas na região centro-oeste do estado de São Paulo**. 2014. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.
- HAN, H.; CHO, M.R.; JEON, H.Y.; LIM, C.K.; JANG, H.I. PCR-RFLP Identification of three major *Meloidogyne* species in Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.7, n.2, p.171-175, 2004.
- HARTMAN, R.M.; SASSER, J.N. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal pattern morphology. In: BARKER, K.R.; CARTER, C.C.; SASSER, J.N. **An advanced treatise on Meloidogyne**. Vol. 2. Methodology. Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985, p.69-77.
- HUMPHREYS-PEREIRA, D.A.; ELLING, A.A. Mitochondrial genomes of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. incognita* (Nematoda: Tylenchina): comparative analysis, gene order and phylogenetic relationships with other nematodes. **Molecular and Biochemical Parasitology**, v.194, p.20-32, 2014.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, p.692, 1964.

- KIEWNICK, S.; WOLF, S.; WILLARETH, M.; FREY, J.E. Identification of the tropical root-knot nematode species *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using a multiplex PCR assay. **Nematology**, v.15, p.891-894, 2013.
- LOPES, C.A.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CHARCHAR, J.M. 2008. Cenoura (*Daucus carota*) in: **Sistema de Produção, Embrapa Hortaliças**. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 19 abr 2016.
- MEDINA, I.L.; CASA-COILA, V.H.; GOMES, C.B.; PEREIRA, A.S.; NAZARENO, N.R.X. Ocorrência de *Meloidogyne ethiopica* no Paraná e reação de cultivares de batata ao nematoide das galhas. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.463-466, 2014.
- MENG, Q.P.; LONG, H.; XU, J.H. PCR assays for rapid and sensitive identification of three major root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria*. **Acta Phytopathologica Sinica**, v.34, p.204-210, 2004.
- GONÇALVES, L.A. **Levantamento e manejo de nematoides fitoparasitas em áreas cultivadas com olerícolas na região centro-oeste do estado de São Paulo**. 2014. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.
- MONTEIRO, J.M.S. **Caracterização morfológica, enzimática e molecular de populações brasileiras de *Meloidogyne* spp.: identificação e sinonimização de espécies**. 2016. 126 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia), Universidade de Brasília, 2016.
- NUNN, G. **Nematode molecular evolution. An investigation of evolutionary patterns among nematodes based upon DNA sequences**. 1992. Ph.D. dissertation, University of Nottingham, UK, 1992.
- OLIVEIRA, C.M.G.; MONTEIRO, A.R.; BLOK, V.C. Morphological and molecular diagnostics for plant parasitic nematodes: working together to get the identification done. **Tropical Plant Pathology**, v.36, p.65-73, 2011.
- PINHEIRO, J.B.; HENZ, G.P. 2008. **Manejo do nematoide-de-galhas (*Meloidogyne* spp.) na cultura da cenoura**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 7p. (Comunicado Técnico 55).
- PINHEIRO, J.B.; CARVALHO, A.D.F.; VIEIRA, J.V. 2010. **Manejo do nematoide-de-galhas (*Meloidogyne* spp.) em cultivos de cenoura na região de Irecê-BA**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 7p. (Comunicado Técnico 77).

- SILVA, M.C.L.; SANTOS, C.D.G.; SILVA, G.S. Espécies de *Meloidogyne* associadas a vegetais em microrregiões do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, p.710-719, 2016.
- VILELA, N.J.; BORGES, I.O. 2008. **Retrospectiva e situação atual da cenoura no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 9p. (Circular Técnica, 59).
- ZIJLSTRA, C. Identification of *Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax* and *M. hapla* based on SCAR-PCR: a powerful way of enabling reliable identification of populations or individuals that share common traits. **European Journal of Plant Pathology**, v.106, p.283-290, 2000.

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE EMISSORES MICROSPRAY EM DIFERENTES PRESSÕES DE SERVIÇO

HYDRAULIC CHARACTERIZATION OF MICROSPRAY EMITTERS IN DIFFERENT SERVICE PRESSURES

C. M. M. POLONI¹, G. H. S. VIEIRA¹, B. E. C. SILVA², G. PETERLE¹, M. R. JOLOMBA³
e P. H. D. LUIZ⁴

¹ Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Espírito Santo- campus Santa Teresa,
Laboratório de Irrigação

² Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas

³ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia

⁴ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura

E-mail: poloniuf@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: irrigação; localizada; uniformidade; distribuição.

KEYWORDS: irrigation; drip; uniformity; distribution.

RESUMO: *O presente trabalho objetivou caracterizar emissores Microspray em diferentes pressões de serviço. O experimento foi conduzido no IFES – Campus Santa Teresa, Brasil. Foi montado um sistema de avaliação contando com 8 mangueiras de polietileno (16 mm) de 18 metros de comprimento cada, espaçadas entre si de um metro. As linhas continham 8 emissores do tipo Microspray Microjet Amarelo (Amanco) com vazão nominal de 13 L h⁻¹ à pressão de 100 kPa, espaçados de dois metros. O sistema foi avaliado seguindo o método proposto por Denículi sendo submetido a pressões de serviço crescentes sendo 100, 150, 200, 250 e 300 kPa. Foi avaliada a vazão média, o coeficiente de variação de fabricação, o CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) e o CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição). Os emissores Microspray Microjet Amarelo Amanco obtiveram os melhores resultados quando submetidos à avaliação sob as pressões de 150 a 200 kPa.*

ABSTRACT: *The present work aimed to characterize Microspray emitters at different service pressures. The experiment was carried out at IFES - Campus Santa Teresa, Brazil. An evaluation system was set up with 8 polyethylene hoses (16 mm), 18 meters long each, spaced one meter apart. The lines contained 8 emitters of the Microspray Microjet Yellow (Amanco) with nominal flow of 13 L h⁻¹ at a pressure of 100 kPa, spaced of two meters. The*

system was evaluated following the method proposed by Deniculi (1980) and subjected to increasing service pressures being 100, 150, 200, 250 and 300 kPa. The mean flow rate, the coefficient of manufacturing variation, the CUC (Uniformity Coefficient of Christiansen) and the CUD (Distribution Uniformity Coefficient) were evaluated. The Microspray Microjet Yellow Amanco emitters obtained the best results when submitted to the evaluation under the pressures of 150 to 200 kPa.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada no Brasil vem crescendo gradativamente nos últimos anos, dado ao barateamento da instalação somada ao aumento da necessidade hídrica das culturas que, por sua vez, estão produzindo cada vez mais. Contudo, a grande quantidade de água requerida para a prática da irrigação das culturas, o decréscimo de sua disponibilidade e o alto custo da energia necessária à sua aplicação, têm aumentado o interesse pela racionalização desse recurso, de forma a minimizar as suas perdas (AZEVEDO et al. 1999).

Atualmente, a área total irrigada no Brasil é de apenas 8%, apesar de estar em expansão Viegas (2015), sendo que a maior parte é irrigada através de aspersão ou superfície. A irrigação localizada, mesmo tendo um custo maior de implantação, está em pleno crescimento, principalmente na região Sudeste do Brasil. A irrigação localizada pode ser definida como uma aplicação precisa de água na forma de gotas, através de emissores, localizados em pontos selecionados ao longo das linhas condutoras de água e, se bem manejado, resulta na economia de água e energia.

Em um sistema de irrigação localizada o emissor se destaca como a peça principal, sendo ele responsável por garantir a aplicação correta da lâmina desejada. De acordo com Azevedo et al. (1997), pequenas diferenças entre dois emissores aparentemente idênticos podem causar variações significativas na vazão do sistema. Emissores mais sofisticados têm maior valor de aquisição e instalação, pois necessitam de sistemas de alto nível tecnológico a fim de manter a eficiência.

Para maior disponibilização deste tipo de emissores a agricultores com baixa renda, modificações estão constantemente sendo feitas para simplificá-los, tornando-os mais acessíveis. Estas modificações mantêm a alta frequência, a alta eficiência e o baixo volume de irrigação, vantagens básicas da irrigação localizada. Algumas dessas modificações são a improvisação de emissores gotejadores e sistemas de baixa pressão hidráulica (SIJALI, 2001).

Seguindo a lógica do desenvolvimento de tecnologias que une o desempenho e o baixo custo, foi construído o *Microspray*. Ele foi desenvolvido de forma a unir as vantagens de dois tipos de emissores, o gotejador e o microaspersor, sendo um emissor de baixo custo com vazão superior ao primeiro e inferior ao segundo. No entanto, como toda nova tecnologia, carece de avaliação e de novos meios de avaliação. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho do emissor *Microspray* trabalhando em diferentes pressões de serviço.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área do setor de olericultura do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Teresa (19W 48' 15", 40S 40' 46") a 130 metros de altitude. Foi utilizado o sistema de irrigação do setor que já se encontrava no local, equipado com conjunto moto bomba de 7,5 cv de potência com vazão de 20 m³.h⁻¹, na qual foi instalada uma derivação contendo 8 linhas laterais de 18 metros de comprimento cada, compostas por mangueiras de polietileno de 16 mm de diâmetro, espaçadas entre si a 1 metro de distância. As linhas continham 8 emissores do tipo *Microspray Microjet Amarelo* (Amanco) de vazão nominal de 13 L.h⁻¹ a 100 kPa, espaçados a 2 metros. No início da linha de derivação foi instalado um registro para ajustar a pressão do sistema, sendo para tal utilizado um manômetro acoplado a uma válvula após o registro. O Rio Santa Maria do Doce foi utilizado como fonte de captação, já o sistema de filtragem foi composto por um filtro telado de 120 Mesh, instalado ao início da linha de derivação.

O sistema foi avaliado seguindo o método proposto por Denículi (1980), para isso foram avaliadas 4 linhas laterais na posição 1/8, 3/8, 5/8 e 7/8, coletando a lâmina de 8 emissores por linha avaliada, totalizando 32 emissores. Em cada avaliação realizada, o sistema foi submetido a pressões de serviço crescentes sendo 100 kPa, 150 kPa, 200 kPa, 250 kPa e 300 kPa. Para a coleta dos dados foi fixado um tempo de 30 segundos por emissor, a

lâmina coletada foi medida através de uma proveta graduada. A pressão foi regulada através do registro de gaveta e monitorada pelo manômetro acoplado a válvula garantindo assim a pressão desejada.

De posse dos dados foi calculada a vazão média por meio da Equação 1:

(1)

$$Q = \frac{v}{t}$$

em que, v é volume coletado de cada emissor; t o tempo demarcado para a coleta, sendo que os valores foram convertidos em L.h⁻¹.

Foi determinado o coeficiente de variação de fabricação (CVf), a fim de se observar os fatores construtivos dos emissores, sendo calculado de acordo com a Equação 2:

(2)

$$CVf = \frac{Sq}{\bar{q}}$$

em que, Sq é o desvio padrão da vazão das amostras; e \bar{q} é a média de todas as vazões obtidas.

O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) foi calculado de acordo com a Equação 3:

(3)

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum |qi - \bar{q}|}{n * \bar{q}} \right)$$

em que, qi é vazão de cada emissor; \bar{q} vazão média dos emissores; e n é o número de emissores.

O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) foi calculado de acordo com a Equação 4:

(4)

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}}$$

em que, $q_{25\%}$ é a média dos 25% menores valores de vazões obtidas; e \bar{q} vazão média dos emissores.

Os dados foram submetidos a análise comparativa aos valores tabelados de aceitação de cada parâmetro avaliado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos, respectivamente, do coeficiente de uniformidade de Christiansen, do coeficiente de uniformidade de distribuição e do coeficiente de variação de fabricação, ambos em porcentagem e a vazão média do emissor, em L^{h-1} ; variáveis essas obtidas sob as pressões desejadas, são apresentados na Tabela 1.

Os dados obtidos pelos emissores Microspray Microjet Amarelo Amanco apresentam valores de uniformidade (CUC e CUD), superiores a 90% em todas as pressões em que o sistema foi submetido. Para os valores de CUC Figura 2, os melhores resultados encontrados foram 96,73% e 96,62% sob pressão de 150 e 200 kPa respectivamente. Segundo Bernardo et al. (2006), esses valores são considerados excelentes pois são superiores a 90%. Desempenho semelhante tiveram o emissores quando avaliados pelo CUD Figura 3, sendo os melhores resultados 94,48% e 93,76% quando o sistema foi submetido às pressões de 150 e 200 kPa respectivamente. Segundo a classificação proposta por Merriam e Keller (1978), tais valores são considerados excelentes.

Tabela 1 - Valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de variação de fabricação (CVf) e vazão ($L^{h^{-1}}$) em função da pressão de serviço.

Pressão (kPa)	Variáveis			
	CUC (%)	CUD(%)	CVf(%)	Q ($L.h^{-1}$)
100	94,70	90,78	6,80	12,32
150	96,73	94,48	4,11	16,03
200	96,62	93,76	4,78	18,57
250	95,74	92,29	5,43	20,39
300	95,41	92,82	5,52	21,49

Os valores crescentes de vazão encontrados variaram de 12,32 a 21,49 $L.h^{-1}$ Tabela 1, é explicado pela variação proposital da pressão do sistema, onde com o aumento da pressão se aumenta a vazão dos emissores. Os emissores Microspray devido sua simplicidade não são equipados com tecnologia autocompensante, sendo assim, não são capazes de manter vazão uniforme em condições de variação de pressão.

Para classificar quanto ao coeficiente de variação de fabricação em sistemas de irrigação localizada, a ASABE (2008) define CVf $\leq 5\%$ - excelente; 5 a 7% - média, 7 a 10% - baixa, 10 a 15% - marginal e $>15\%$ inaceitável. O emissor Microspray Microjet Amarelo Amanco quando submetido às pressões de 150 e 200 kPa obteve o melhor resultado com CVf $<5\%$, porém quando o sistema foi submetido as pressões de 100 250 e 300 kPa o emissor teve desempenho mediano Figura 1.

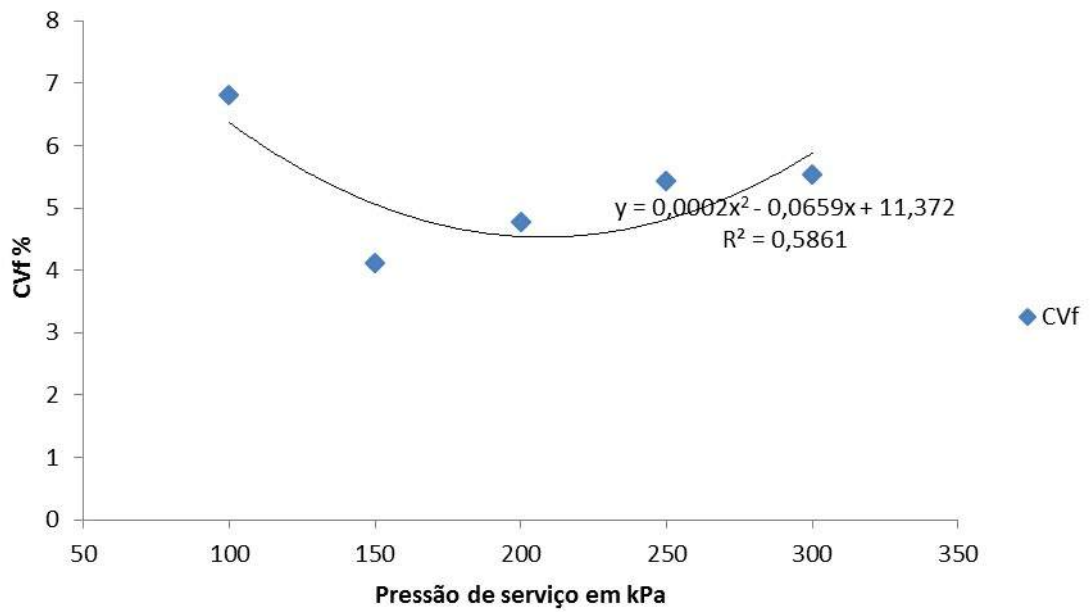


Figura 1 – Coeficiente de variação de fabricação dos emissores Microspray sobre diferentes pressões de serviço.

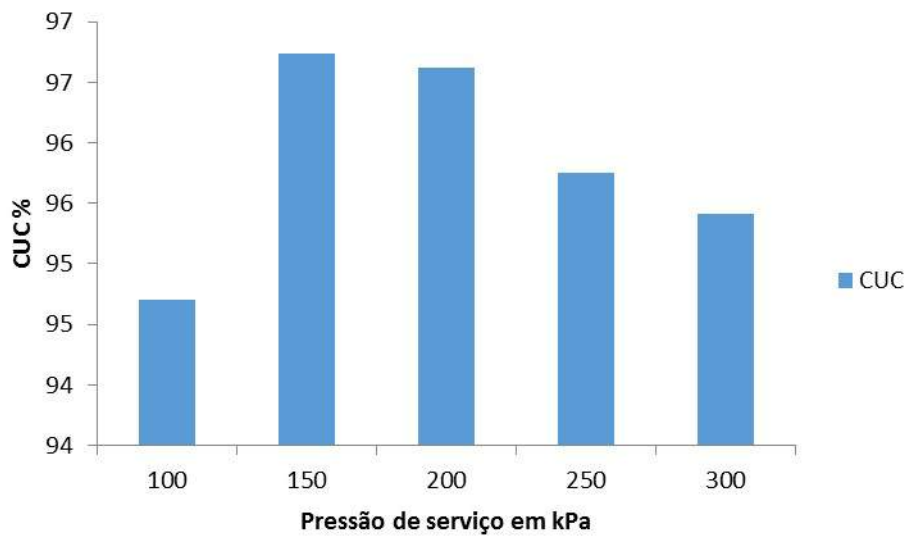


Figura 2 - Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em função da variação de pressão de serviço.

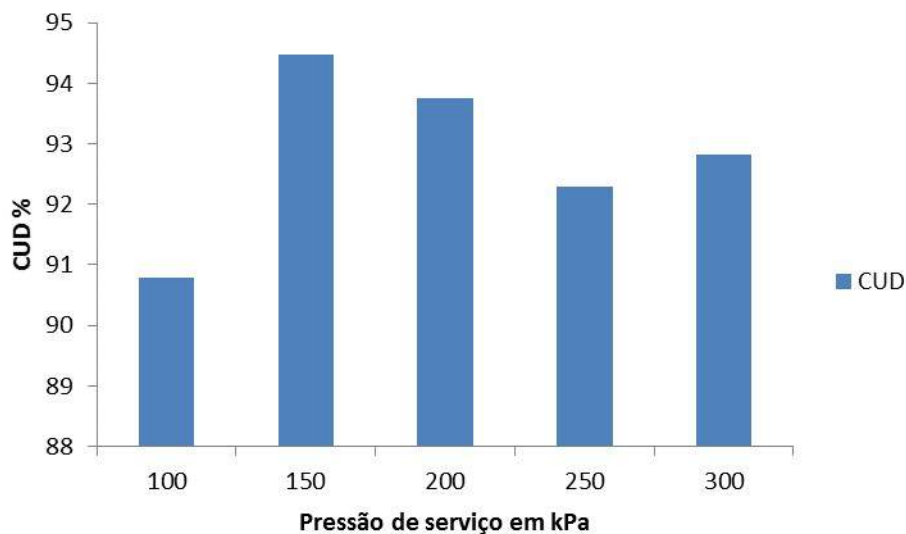


Figura 3 - Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) em função da variação de pressão.

4. CONCLUSÃO

Os emissores Microspray Microjet Amarelo Amanco podem trabalhar em pressões além daquelas indicada pelo fabricante e proporcionam melhores resultados de CVf, CUC e CUD quando operam à pressões de 150 a 200 kPa. A vazão dos emissores está diretamente ligada a variação da pressão de serviço submetida.

REFERÊNCIAS

- ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Design and Installation of Microirrigation Systems**. ASABE STANDARDS 2008, EP405.1 APR1988 (R2008). St. Joseph, 2008.
- AZEVEDO, C.A.V.; AZEVEDO, H.M.; DANTAS NETO, J.; MEDEIROS, M.G.A.; Performance hidráulica e perfil de distribuição de água do microaspersor NAAN 7110, sob diferentes condições de vento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.1, n.1, p.57-61, 1997.
- AZEVEDO, C.A.V.; AZEVEDO, H.M.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J.A. Avaliação da distribuição de água de um microaspersor autocompensante. **Revista Irriga**, v.4, n.3, p.168-174, 1999.

- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8ª Ed. Viçosa, Ed. UFV, 2006, 625p.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v.27, n. 150, p 155-162, 1980.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University. 1978. 271p.
- SIJALI, I.V. **Drip irrigation: options for smallholder farmers in Eastern and Southern Africa**. Technical Handbook, n.24. Regional Land Management Unit, 2001. 54p.
- VIEGAS, C. 2015. **Área irrigada no Brasil é de apenas 8%**. **Canal Rural**. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/area-irrigada-brasil- apenas-8020>>. Acesso 09 mai. 2017.

COMPARAÇÃO DAS METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

COMPARISON OF METHODOLOGIES FOR THE EVALUATION OF PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL

F. D. COGO¹ e F. A. D. COGO¹

¹Instituto Federal do Sul de Minas - *Campus Muzambinho*
E-mail: franciane.cogo@ muz.ifsuldeminas.edu.br

PALAVRAS-CHAVE: Granulometria; porosidade do solo; estrutura do solo.

KEYWORDS: Granulometry; porosity of soil; structure of the soil.

RESUMO: *A metodologia adequada é condição básica para um resultado confiável, seja para pesquisa ou agropecuária. O presente estudo objetivou comparar metodologias para avaliação de atributos físicos do solo. Avaliou-se: Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Argissolo Vermelho-amarelo distrófico (PVAd) e Cambissolo Háptico Tb distrófico típico (CXbd). Determinou-se a densidade de partículas e do solo, granulometria e argila dispersa em água (ADA) por diferentes métodos; O volume total de poros, macro e microporosidade do solo e poros bloqueados. Os resultados analisados variaram na seqüência de LVdf>PVAd=CXbd para Dp; CXbd=PVAd>LVdf para Ds; LVdf>PVAd>CXbd para argila total, VTP e macro; CXbd>LVdf=PVAd para os poros bloqueados; e LVdf=CXbd=PVAd para microporosidade.*

ABSTRACT: *The present study aimed to compare methodologies for the evaluation of soil physical attributes. Evaluated: Latosol Red (LVdf), Dystrophic Red-Yellow Argissolo (PVAd) and Typic Dystrophic Hb Cambisol (CXbd). Particle density the of soil, particle size and water dispersed clay (ADA) were determined by different methods; The total volume of pores, macro and microporosity of the soil and blocked pores. The obtained results analyzed attributes varied in the sequence of LVdf> PVAd = CXbd for Dp; CXbd = PVAd> LVdf for Ds; LVdf> PVAd> CXbd for total clay, VTP and macro; CXbd> LVdf = PVAd for blocked pores; And LVdf = CXbd = PVAd for microporosity.*

1. INTRODUÇÃO

O solo é um sistema complexo, heterogêneo, disperso e polifásico, e também um elo que liga entre a litosfera, atmosfera e a biosfera. Esta heterogeneidade é atribuída, especialmente às diferenças em materiais de origem, condições bioclimáticas e idade geológica, o que gera grandes variações mineralógicas, físicas e químicas (RESENDE et al., 1988). Os atributos do solo são divididos em características e propriedades. As características do solo são intrínsecas a este, resultantes dos processos pedogenéticos, enquanto que as propriedades podem ser alteradas pela ação antrópica. Sendo assim, o conhecimento destes atributos é de grande importância para não comprometer a sustentabilidade do sistema agrícola (DIAS JUNIOR et al., 1996).

A densidade de partículas do solo (D_p) corresponde à média ponderada das densidades de seus constituintes (GUBIANI, 2006). Outra característica é a textura do solo, que representa a distribuição quantitativa das partículas minerais. De acordo com Lopes (1992), a textura do solo provavelmente é característica física mais importante dos solos, devido a sua estreita relação com adsorção de fósforo, retenção de água, capacidade de troca de cátions. E ainda, os resultados de análises texturais são essenciais na caracterização de perfis de solos o uso em levantamentos e classificação do solo (EMBRAPA, 1999). Para a determinação da textura, um método simples e mais rápido é o método de Bouyoucos que é utilizado quando se deseja uma análise rápida dos separados de solo, sem que seja imprescindível grande precisão, o que torna esse método mais utilizado nas análises de rotina, ao passo que o método da Pipeta, apesar de trabalhoso, é empregado globalmente por causada sua precisão (DIAS JÚNIOR E FERREIRA, 1996). A condição básica para todos os métodos de análise textural é o alcance da dispersão das partículas do solo e sua manutenção durante toda etapa analítica. Para tanto, associam-se métodos envolvendo processos químicos e físicos (OLIVEIRA et al., 2002). Os processos químicos utilizados estão relacionados à adição de soluções de hidróxido de sódio ou heptametáfosfato de sódio.

A densidade do solo (D_s) é a relação entre a massa de uma amostra de solo e o volume total dessa amostra, considerando o arranjo das partículas. A D_s ao lado com outros parâmetros admite inferir sobre a qualidade física dos solos. A D_s em condições naturais é uma propriedade muito modificável entre as várias classes de solos. Esta é afetada, sobretudo pelo manejo empregado. Na busca de se aperfeiçoar o uso do solo, as

condições de umidade no solo ajustadas a realização das operações mecanizadas não são respeitadas, ocasionando modificação na estrutura do solo (OLIVEIRA et al., 2003). Em um solo com compactação, seu volume é comprimido, onde a macroporosidade é substituída por um acréscimo da D_s , adicionando a resistência física ao desenvolvimento do sistema radicular e alterando a disponibilidade de água e de oxigênio (MÜLLER et al., 2001).

Objetivou-se analisar os atributos físicos do solo de três classes de solos localizados no município de Lavras, MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Na realização desta pesquisa foram utilizados materiais provenientes do horizonte B de três solos. Os solos foram classificados, segundo Embrapa (1999) como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) e Cambissolo Háptico Tb distrófico típico (CXbd).

Para a avaliação dos atributos físicos dos solos, utilizaram-se cinco amostras deformadas e cinco indeformadas de solo - torrões e anéis volumétricos. Depois da coleta, as amostras foram enviadas ao Laboratório, onde decorreu o preparo da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). A Densidade de partículas (D_p) foi determinada pelos métodos do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997) e do picnômetro (BLAKE, 1965).

Análise granulométrica foi realizada através da dispersão de amostras de TFSA, utilizando um agitador do tipo coqueteleira metálica de alta rotação (10000 rpm) durante 15 min. como dispersante físico e solução de hidróxido de sódio 1 N (NaOH) na dispersão química. Utilizou-se para isto dois métodos, sendo que em ambos, a areia foi determinada por tamisagem em malha de 0,053 mm, enquanto que a quantificação da argila total se deu pelos métodos de Bouyoucos e pelo método da pipeta, conforme determinações de Day (1965) e Embrapa (1997). O silte foi determinado pela diferença. A argila dispersa em água (ADA) foi determinada segundo os dois métodos, nas mesmas condições descritas anteriormente, sem a presença do NaOH durante o processo de dispersão. O índice de floculação (IF) foi determinado pela seguinte equação (EMBRAPA, 1997):

$$IF = \frac{(AT - ADA)}{AT} \cdot 100$$

onde AT: argila total e ADA: argila dispersa em água.

A qualidade estrutural dos solos foi avaliada por determinações nas amostras não deformadas. As amostras de torrão foram previamente arredondadas para diâmetro aproximado de 2 cm de diâmetro e introduzidas em parafina líquida à 60°C para determinação da Densidade do solo (Ds) pelo método do torrão impermeabilizado (KIEHL, 1979).

As amostras não deformadas coletadas em anéis volumétricos foram previamente saturadas em bandejas de plástico com água destilada na altura de mais ou menos 3/4 do cilindro, após preenchimento dos poros por capilaridade, pelo tempo de 48 h. Posteriormente, essas amostras foram submetidas a tensão de 6 kPa para determinação da microporosidade (OLIVEIRA, 1968) e secas em estufa a 105°C para determinação da Ds pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

O Volume Total de Poros calculado (VTP) foi determinado pela expressão:

$$VTP = 1 - (Ds/Dp)$$

sendo Ds: Densidade do solo e Dp: Densidade de partículas.

A macroporosidade foi calculada pela diferença entre VTP e microporosidade. O volume total de poros determinado foi obtido a partir do produto entre umidade de saturação e densidade do solo, o qual foi utilizado na determinação da quantidade de poros bloqueados, pela diferença entre VTP calculada e VTP determinada.

Os resultados da caracterização física do solo, em função das metodologias avaliadas foram submetidos à análise de variância, segundo delineamento inteiramente casualizado e a comparação das médias pelo teste de Tukey (P<0,05).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em um total os valores de densidade de partículas pelo método de picnômetro foram superiores aos do balão volumétrico, conforme apresentado na Tabela 1. A etapa analítica de determinação da Dp pelo método do picnômetro baseiou-se na pesagem,

enquanto que no balão volumétrico esta etapa foi realizada pela leitura do volume de álcool gasto para completar o volume do balão contendo os sólidos. Esta última técnica aumenta a probabilidade de erro na leitura, em função da habilidade técnica do laboratorista, o que atribui ao método do picnômetro uma maior precisão na obtenção de resultados (KIEHL, 1979). Embora haja menor precisão do método do balão volumétrico, este exige procedimentos mais simples para sua determinação, existe uma baixa produtividade laboratorial (GUBIANI et al., 2006). O LVdf apresentou Dp superior aos demais solos analisados devido ao elevado teor de óxidos, hidróxidos e óxi-hidróxidos de ferro e alumínio presente na fração argila dos Latossolos (RESENDE et al., 2002).

Tabela 1 - Densidade do solo e de partículas por diferentes metodologias.

Solo	Densidade de partícula	
	Picnômetro	Balão Volumétrico
	-----(kg dm^{-3})-----	
LVdf	2,76 Aa	2,66 Ab
PVAd	2,60 Ba	2,51 Bab
CXbd	2,60 Ba	2,50 Bab
Solo	Densidade do solo	
	Torrão Impermeabilizado	Anel Volumétrico
	-----(kg dm^{-3})-----	
LVdf	1,16 Ba	1,07 Bb
CXbd	1,47 ABa	1,46 Aa
PVAd	1,50 Aa	1,28 ABb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúscula, nas linhas, não são diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os teores de argila quantificados pelo método de Bouyoucos apresentaram tendência de maiores valores em relação ao método da pipeta, conforme demonstrado na Tabela 2. Isto é atribuído fato que ao transferir o volume da solução correspondente aos primeiros centímetros sedimentados, esta operação gera uma turbulência na solução e suspensão das partículas de silte, e assim, superestimando o resultado.

Tabela 2 - Granulometria e classificação textural.

Solo	Areia	Silte	Argila	ADA	IF	S/A	Classe Textural
	-----(g kg^{-1})-----				%		
	Método de Bouyoucos						
LVdf	135 Ca	75 Bb	794 Aa	13 Ba	98 Aa	0,11 Ba	Muito Argiloso
CXbd	426 Aa	145 ABa	453 Ba	326 ABa	20 Cb	0,34 Aa	Argila
PVAd	321 Bb	121 ABb	561 Aba	381 Aa	33 Bb	0,22 ABa	Argila
	Método da Pipeta						
LVdf	140 Ca	110 Aa	757 Aa	7 Ba	98 Aa	0,13 Ba	Muito Argiloso
CXbd	420 Aa	125 ABa	435 Ca	307 ABb	33 Ca	0,29 Aa	Argila
PVAd	340 Ba	130 ABa	535 Bb	295 Ab	45 Ba	0,26 ABa	Argila

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúscula, nas linhas, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O LVdf apresentou maior teor de argila comparado aos demais, sendo assim enquadrado na classe textural muito argiloso (LEMOS E SANTOS, 2002). O PVAd apresentou maior teor de argila que o CXbd, mas ambos foram enquadrados na classe textural Argila. A relação Silte/Argila, do LVdf inferior a 0,15, independente do método, evidencia o avançado estágio de intemperização (EMBRAPA, 1999). A baixa quantidade de ADA, juntamente com IF elevado no LVdf do mesmo modo são indicativos de alto intemperismo.

O CXbd apresentou valores de relação S/A inferior a 0,6 este é um valor utilizado para diferenciação de horizontes B latossólico de B incipiente quando estes apresentarem características morfológicas semelhantes (EMBRAPA, 1999). Pelos resultados, a diferenciação por este critério não seria possível, demonstrando que, somente a granulometria é insuficiente para a classificação de solos.

A quantidade de areia é determinada, independente do método, pela tamisagem em malha de 0,053 mm, segundo normatização do USDA. Os resultados mostraram a tendência de uniformização da quantidade desta, independente do método avaliado (Tabela 2). O PVAd apresentou diferenças no teor de areia entre os métodos avaliados. Sugere-se que a diferença esteja relacionada com a variabilidade espacial do solo, principalmente em função da amostragem (SALES, 1992). Esta diferença, também presente em certas frações de areia conforme demonstrado na tabela 3, não são expressivas a ponto de interferir nos atributos físicos do solo e provocar alterações a

nível de sua classificação ou manejo. Os resultados sinalizam que a amostragem não foi suficiente para expressar o comportamento exato destas características do solo. Pelo fato do CXbd apresentar maior teor de AT, foi observado no fracionamento os maiores teores em relação aos demais solos (Tabela 3).

Tabela 3 - Distribuição quantitativa das frações de areia.

Solo	AMG	AG	----- (g kg ⁻¹) -----			
			AM	AF	AMF	AT
Método de Bouyoucos						
LVdf	11 Ca	22 Ca	32 Ca	57 Ca	19 ABa	141 Ca
CXbd	74 Aa	101 Aa	106 Ab	110 Aa	29 Ab	420 Aa
PVAd	44 Bb	63 Bb	89 Ba	94 Ba	28 Aa	318 Bb
Método da Pipeta						
LVdf	8 Ba	18 Ca	39 Ca	55 Ba	20 Ba	139 Ba
CXbd	76 Aa	100Aa	116 Aa	98Aa	32 Aa	420 Aa
PVAd	55ABa	73 Ba	88 Ba	11 Cb	29 ABa	338 ABa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúscula, nas linhas, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey t (P<0,05).

O LVdf apresentou maiores valores de VTP, macro e relação Mac: Mic. O comportamento está relacionado pelo fato de ser um solo ser oxidico, o que requer um arranjo das partículas do solo ao nível de microagregado tendendo ao granular (RESENDE et al., 2002). Este comportamento foi observado por Ferreira (1999) em Latossolos gibbissíticos. A microporosidade dos solos não se diferiu, conforme apresentado na tabela 4. Em processos de compactação do solo, reduções significativas ocorrem especialmente no volume dos macroporos, podendo ou não ocorrer mudanças no volume de microporos (HILLEL, 1982).

Tabela 4 - Porosidade de três classes de solos.

Solo	VTP	Micro	Macro	Poros Bloqueados		Mac: Mic
				----- m ³ m ⁻³ -----		
LVdf	0,60 A	0,38 A	0,22 A	0,01 AB		0,58 A
CXbd	0,45 B	0,37 A	0,08 B	0,04 A		0,21 AB
PVAd	0,50 AB	0,36 A	0,12 AB	0,02 AB		0,24 AB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúscula, nas linhas, não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O PVAd apresentou valores intermediários de Ds, VTP e macro (Tabela 1). Além da maior Ds (Tabela 1), o CXbd apresentou os menores valores de VTP, macro e relação Mac: Mic (Tabela 4). Em relação a estes parâmetros, o solo pode ser considerado como limitante ao melhor desenvolvimento das plantas cultivadas, quando se considera como valores críticos a macroporosidade de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e a relação Mac: Mic de 0,5 (Tabela 4) (KIEHL, 1979). A macroporosidade acarretará baixa permeabilidade, entretanto, desde que mantido a boa cobertura vegetal, estes solos podem apresentar menores problemas com erosão (OLIVEIRA et al., 1994).

4. CONCLUSÕES

As metodologias utilizadas nas determinações físicas dos solos apresentaram diferenças entre si. As diferenças obtidas em ambos os métodos representaram bem os atributos analisados. A avaliação dos atributos físicos do solo indica que o CXbd pode apresentar algum tipo de restrição ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas cultivadas.

REFERÊNCIAS

- BLAKE, G.R. Bulk density. In: Black, C.A. **Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.** Madison, American Society of Agronomy, Pt.1, p.374-90, 1965.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; ENSMINGER, L.E.; WHITE, J.L. & CLARK, F.E., eds. **Methods of soil analysis.** Madison, v.1, p.545-567, 1965.
- DIAS JUNIOR, M. de S.; FERREIRA, M. M. **Roteiro de Aulas Práticas de Física do solo.** Lavras, 35 p., 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 1999. 412p.

- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influencia da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.23, n.3, p.515-524, 1999.
- GUBIANI, P.I.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo – exatidão, precisão e tempo de processamento. **Ciência Rural**. V.36, n.2, p.664-668, 2006.
- HILLEL, D. **Introduction to soil physic**. San Diego, Academic Press, 1982. 364p.
- KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia: Relações Solo-Planta**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- LEMOES, R.; SANTOS, R. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2002.
- LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”. Manejo de fertilidade para produção agropecuária**. São Paulo, Anda, 1992. 49p. (Boletim técnico, 5).
- MÜLLER, M.M.L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.25, p.531-538, 2001.
- OLIVEIRA, L.B. Determinação da macro e microporosidade pela mesa de tensão em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.3, p.197-200, 1968.
- OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, M.M.; CURI, N. Caracterização físico-hídrica de Cambissolos da microrregião Campos da Mantiqueira (MG). **Ciência e Prática**. v.18, n.4, p.341-348, 1994.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.M.; SÁ, M.A.C.; LIMA J.M. Agitador horizontal de movimento helicoidal na dispersão mecânica de amostras de três Latossolos do Sul e Campos das Vertentes de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. v.26, n.5, p.881-887. 2002.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.38, n.2, p.291-299, 2003.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4. ed. Viçosa – MG: NEPUT, 2002. 338p.

RESENDE, M. **Pedologia e Fertilidade do Solo: Interações e aplicações**, Brasília.

Ministério da Educação; Lavras, Esal; Piracicaba: Potafos. 1988.

SALES, L.E. **Variabilidade espacial da velocidade de infiltração básica associada a propriedades físicas das camadas superficial e subsuperficial de dois solos da região de Lavras (MG)**. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992. 104 p.

DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE UM LATOSSOLO DO CERRADO

DETERMINATION OF THE HYDRAULIC CONDUCTIVITY FUNCTION OF A CERRADO OXISOL

M. C. MELO¹, L. M. GUIMARÃES¹, E. L. MELO¹, P. C. SILVA¹ e L. C. D.
DRUMOND¹

¹ Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba
E-mail: mariana.c.melo@ufv.br

PALAVRAS-CHAVE: condutividade hidráulica; curva retenção de água no solo; papel filtro; permeâmetro de Guelph; irrigação.

KEYWORDS: hydraulic conductivity; soil retention curve; paper filter; Guelph permeameter; irrigation.

RESUMO: *O estudo dos solos não saturados tem aplicação direta no uso racional da água, sendo essenciais em projetos e manejo da irrigação. Objetivou-se neste trabalho, determinar pelo método indireto a função de condutividade hidráulica dos solos (FCH) ajustada pelo modelo de Van Genuchten-Mualem para um latossolo da região do Alto Paranaíba. A FCH foi obtida por meio da curva de retenção de água nos solos (CRA) pela técnica do papel filtro e a condutividade hidráulica saturada do solo (K_{sat}) através do permeâmetro de Guelph, em 5 pontos e duas profundidades (0,2-0,4; 0,4-0,6 m). As CRA's possuem comportamento bimodal devido a macro e microporosidade deste solo. Os valores de K_{sat} foram condizentes aos encontrados na literatura. As CRA's e K_{sat} não apresentaram variabilidade entre os pontos e profundidades, mostrando a boa homogeneidade física deste latossolo ao longo do perfil do solo. A FCH ajustou-se bem ao modelo, sendo o primeiro trecho da CRA (0-8000 kPa) suficiente em projetos de irrigação.*

ABSTRACT: *The study of unsaturated soils has direct application in the rational use of water, being essential in irrigation projects and management. The objective of this work was to determine by indirect method the hydraulic conductivity of soils (HCS) adjusted by the Van Genuchten-Mualem model for a oxisol of the Alto Paranaíba region. A HCS was obtained by*

means of the soil water retention curve (SWR) by the filter paper technique and the saturated hydraulic conductivity of the soil (K_{sat}) through the Guelph permeameter, in 5 points and two depths (0,2-0,4; 0,4-0,6 m). The SWR's have bimodal behavior due to macro and microporosity of this soil. The K_{sat} values were consistent with those found in the literature. The SWR's and K_{sat} did not show variability between the points and depths, showing the good physical homogeneity of this oxisol along the soil profile. The HCS adjusted well to the model, being the first stretch of SWR (0-8000 kPa) sufficient in irrigation projects.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos para compreensão e predição do fluxo de água no solo são fundamentais para a solução de problemas e melhorias de técnicas que envolvem a irrigação, com aplicação direta na otimização do uso da água e conseqüentemente na interação solo-água-planta. A capacidade da água em se movimentar no perfil do solo com a diminuição do teor de umidade é chamada de função de condutividade hidráulica (FCH) e ocorre em condições naturais à medida que poros ocupados por água são substituídos por ar. Segundo McCartney (2007), três variáveis podem ser usadas para caracterizar o comportamento hidráulico dos solos não saturados: o teor de umidade volumétrico, a matriz de sucção (diferença entre a pressão de ar e água), e a resistência que a água encontra para atravessar a camada de solo, dado pelo coeficiente de permeabilidade K. A partir da FCH pode-se calibrar tensiômetros e realizar modelagens do movimento de água no solo para predição do sistema solo-água-planta-atmosfera.

A relação entre o teor de umidade volumétrico e a matriz de sucção é chamada de curva característica do solo ou curva de retenção de água (CRA). A CRA é dependente das propriedades do solo, como granulometria, teor de matéria orgânica e composição mineralógica, de condições como volume e distribuição dos vazios, micro e macroestrutura, microfissuras, pH, composição da fase líquida, temperatura, dentre outros. Segundo Marinho (2005), muitas críticas podem ser feitas, pois a curva em questão não é somente uma característica do solo ou do material poroso, pois depende de fatores como história de tensões e das trajetórias de drenagem (ou secagem) e umedecimento seguidas durante a variação de

umidade. Na descrição do comportamento físico-hídrico de solos nessas condições, o modelo de ajuste proposto por van Genuchten (1980) tem sido amplamente utilizado e permite relacionar com ótima precisão o teor de umidade volumétrico (relação entre volume de água e volume total) e a sucção correspondente. Essa equação matemática é caracterizada por apresentar duas assíntotas, relacionadas com os conteúdos de água no solo correspondentes à saturação (θ_s) e ao conteúdo residual (θ_r) e um ponto de inflexão entre os platôs, o qual é dependente dos atributos do solo, sendo a sua forma e inclinação reguladas por parâmetros empíricos de ajuste do modelo (" α ", " n " e " m ").

A relação entre o teor de umidade volumétrico e o coeficiente de permeabilidade é dado como função de condutividade hidráulica (FCH), as quais podem ser apresentadas em função da sucção, saturação, teor de umidade volumétrico ou até mesmo em função da saturação efetiva. Solos com textura mais grossa apresentam funções nas quais a taxa de decréscimo da condutividade hidráulica é bem maior do que a dos solos com textura mais fina, uma vez que os poros maiores drenam mais facilmente que os menores, reduzindo a área efetiva de drenagem e diminuindo a condutividade hidráulica mais rapidamente.

A determinação da FCH é realizada através de técnicas diretas ou indiretas. As medidas diretas são geralmente feitas por meio de ensaios de permeabilidade desenvolvidos em laboratório e/ou ensaios de campo. Já as medidas indiretas utilizam o coeficiente de permeabilidade saturada (K_{sat}) e a CRA do solo (FREDLUND E RAHARDJO, 1993). Em decorrência das dificuldades encontradas na determinação da função de condutividade por meios diretos devido a demanda de tempo e a necessidade de equipamentos especiais que oneram custos, muitas pesquisas têm sido direcionadas para desenvolver procedimentos semi-empíricos, ou indiretos, que determinam a FCH usando a CRA (GARDNER 1958; BROOKS E COREY, 1964; van GENUCHTEN, 1980; FREDLUND et al., 1994).

Diante da necessidade de otimização do manejo da irrigação para predição da quantidade real de água necessária às plantas e conhecimento do movimento de água ao longo do perfil do solo, este trabalho teve como objetivo, determinar pelo método indireto a função

de condutividade hidráulica dos solos (FCH) ajustada pelo modelo de Van Genuchten-Mualem para um latossolo da região do Alto Paranaíba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, MG, nas coordenadas 19° 12' 43" S e 46° 07' 56" W, com altitude média de 1128 m. O clima da região é classificado como Cwb, segundo Köppen, com estações de inverno e verão bem definidas, chuvas no verão e temperatura média do ar no mês mais quente maior que 22°C. O solo da região é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado, textura argilosa, fase cerrado, relevo plano e suave ondulado (EMBRAPA, 2006). Foram realizados ensaios para obtenção da CRA e do K_{sat} em cinco pontos aleatórios nas profundidades de 0,2-0,4 e 0,4-0,6 m em uma área de 10.000 m². Amostras desse solo também foram utilizadas para conhecimento de sua textura, sendo realizada através do ensaio de granulometria conjunta segundo as normas ABNT NBR-7181/84.

A condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) do solo foi determinada em campo por meio do permeâmetro de Guelph utilizando os métodos por uma e por duas cargas hidráulicas. O cálculo da K_{sat} e do Potencial de fluxo matricial Φ_m são obtidos através da determinação do valor da taxa de infiltração e da associação deste valor com as dimensões do furo e da altura da coluna d'água em seu interior. A Equação 1 é apresentada para obtenção do K_{sat} com uma carga hidráulica.

$$K_{sat} = \frac{CQ}{2\pi H^2 + \pi P^2 C + \frac{2EH}{\alpha}} \quad (1)$$

onde,

K_{sat} : condutividade hidráulica (cm/s);

C: parâmetro fator de forma, que depende do raio do poço (P=3 cm), da altura da carga hidráulica (H=5 cm) e da macroporosidade e textura do solo;

Q: vazão do regime permanente dada por $Q = R \times A$, onde R é a taxa de infiltração, e A a área do reservatório (conforme reservatório utilizado externo/interno= 35,10 cm² e interno 2,14 cm²);

P: raio do poço (P=3 cm);

α : parâmetro estimado por avaliação visual *in situ* da macro porosidade e textura do solo.

Para procedimentos de ensaio com duas cargas hidráulicas, com uso de água dos reservatórios interno/externo, tem-se a Equação 2.

$$k_{sat} = (0,0041 * X * R_2) - (0,0054 * X * R_1) \quad (2)$$

onde,

K_{sat} : condutividade hidráulica (cm/s);

R_1 e R_2 : taxa de infiltração corresponde às alturas H_1 e H_2 respectivamente (cm/s);

X: constante do reservatório, usada quando a combinação de reservatório interno/externo é selecionada, $X=35,10$ cm², como mostra a Equação 3.

$$\Phi_m = (0,0572 * Y * R_2) - (0,0237 * Y * R_1) \quad (3)$$

em que,

Φ_m : Potencial de fluxo matricial (cm²/s);

R_2 e R_1 : Taxa de infiltração corresponde às alturas H_1 e H_2 respectivamente (cm/s);

Y: Constante do reservatório, usada quando a combinação de reservatório interno/externo é selecionada $Y=2,14$ cm².

As curvas de retenção de água no solo (CRA) foram determinadas em cada ponto utilizando-se a técnica do papel filtro, ensaio padronizado pela ASTM D-5298 (*Standard Test*

Method for Measurement of Soil Potential (Suction) Using Filter Paper). Para retirar as amostras indeformadas, foram confeccionados anéis em PVC com 50 mm de diâmetro e 20 mm de altura, em média. Os anéis foram biselados para facilitar a cravação. Foram retiradas entre 10 e 14 amostras por profundidade. Foram obtidos os teores de umidade e massa úmida, o que possibilitou a determinação da porosidade, grau de saturação e peso específico seco. Foi utilizado o papel filtro Whatman nº 42. As CRAs foram obtidas por meio de secagem, onde todas as amostras são umedecidas até saturação completa e expostas as condições ambientais para secagem, até o valor de saturação desejado, calculado previamente mediante os índices físicos e controlado por pesagens sucessivas. Os papéis filtro foram colocados cuidadosamente na superfície superior e outro na inferior de cada corpo de prova e imediatamente após o posicionamento dos papéis filtro, envolveu-se o corpo de prova com filme plástico. Em seguida, os corpos de prova foram identificados e deixados em câmara úmida por 7 dias. Posteriormente, os corpos de prova foram abertos para determinação do teor de umidade do papel filtro, primeiramente pesando-o e depois submetendo-o a estufa, por um período de 2 horas, a uma temperatura de 105°C. Cada valor de sucção calculado foi determinado pela média de três resultados.

Calculado o teor de umidade do papel filtro (w), a sucção matricial do solo (ψ) é determinada utilizando as curvas de calibração do papel filtro Whatman N°42, obtidas por Chandler et al. (1992), apresentadas nas Equações 4 e 5.

Para umidades do papel filtro $> 47\%$:

$$\psi (kPa) = 10^{(0,05 - 2,48 \log w)} \quad (4)$$

Para umidades do papel filtro $\leq 47\%$

$$\psi (kPa) = 10^{(4,84 - 0,0622w)} \quad (5)$$

onde,

ψ : é a sucção matricial do solo;

w: é o teor de umidade do papel filtro.

O modelo de van Genuchten (1980) foi escolhido para o ajuste aos pontos experimentais sendo apresentado na Equação 6. Os parâmetros α , m, n foram obtidos por otimização, minimizando-se a diferença entre os resultados experimentais e teóricos, como mostra a Equação 7, utilizando-se, para isso, a ferramenta *Solver* do programa *Excel*.

$$\theta_w(\psi) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{(1 + (\alpha \cdot \psi)^n)^m} \quad (6)$$

$$Diferença (\%) = \frac{\sqrt{(\theta_1 - \theta_c)_1^2 + (\theta_1 - \theta_c)_2^2 + (\theta_1 - \theta_c)_3^2 + \dots}}{\sqrt{\theta_{c1}^2 + \theta_{c2}^2 + \theta_{c3}^2 + \dots}} \quad (7)$$

em que,

Ψ : sucção matricial (cm);

θ_w : teor de umidade volumétrica (cm^3/cm^3);

θ_s : teor de umidade volumétrica de saturação (cm^3/cm^3);

θ_r : teor de umidade volumétrica residual (cm^3/cm^3);

α : parâmetro de ajuste da curva (cm^{-1});

n, m: parâmetros de ajuste, $m = 1 - 1/n$;

θ_1 : teor de umidade volumétrico obtido em laboratório;

θ_c : teor de umidade volumétrico calculado pelo modelo.

O valor do teor de umidade volumétrico obtido em laboratório foi calculado pela Equação 8.

$$\theta_1 = \frac{S_{r \times s}}{1 + s} \quad (8)$$

onde,

Sr: grau de saturação;

e: índices de vazios.

Em razão do comportamento bimodal de alguns solos, têm sido propostas modelagens utilizando-se equações capazes de identificar esse comportamento, em que essas classes de poros são quantificadas por meio de dois pontos de máximo, obtidos a partir da derivação da curva de retenção de água (DEXTER et al., 2008) e conseqüentemente, dois pontos de inflexão, como apresentado na Figura 1.

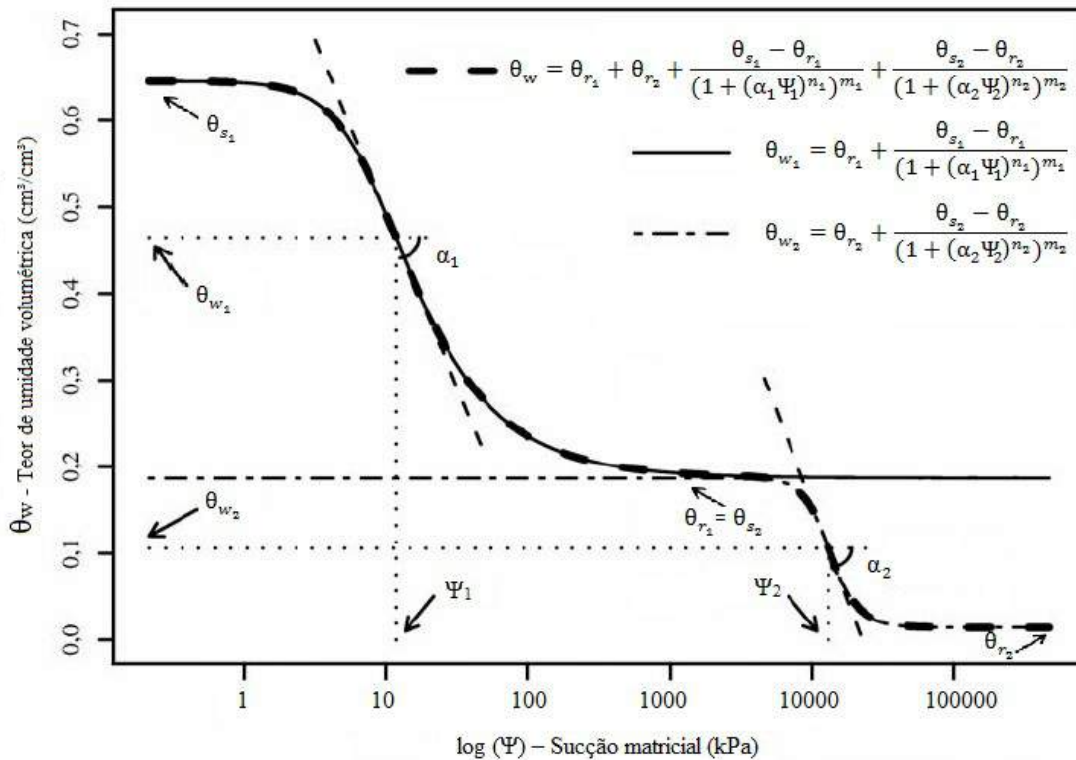


Figura 1 - Modelo sugerido de ajuste da função duplo van Genuchten para a CRA, com as localizações dos parâmetros associados ao modelo, sendo potencial matricial (ψ_i) e conteúdo de água (θ_{wi}) com a estimativa da primeira e segunda inclinação nos pontos de inflexão.

Fonte: Adaptado de Carducci et al. (2011).

Observa-se na Figura 1 algumas características da curva, sendo:

θ_{s1} : teor de umidade volumétrica de saturação da curva 1;

θ_{s2} : teor de umidade volumétrica de saturação da curva 2;

θ_{r1} : teor de umidade volumétrica residual da curva 1, valor igual ao θ_{s2} ;

θ_{r2} : teor de umidade volumétrica residual da curva 2;

θ_i , m_i , n_i : são os parâmetros de ajustes das curvas 1 e 2.

Com os resultados obtidos experimentalmente, foi determinada a função de permeabilidade pelo ajuste da curva de van Genuchten-Mualem por meio da Equação 9. Os dados de entrada são o coeficiente de permeabilidade saturada obtida em campo (K_{sat}) e os valores α , m e n obtidos pela curva de retenção.

$$K(\Psi) = k_s \times \frac{[1 - (\alpha\Psi)^{n-1}] \times (1 + (\alpha\Psi)^n)^{-m}}{[(1 + \alpha\Psi)^n]^{\frac{m}{n}}} \quad (9)$$

onde,

K_s : condutividade hidráulica na condição saturada;

α , n , m : parâmetros para ajuste da CRA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas granulométricas dos cinco pontos amostrais são apresentadas na Figura 2. O teor de argila, silte e areia foram em média respectivamente iguais a 70%, 18% e 12%. Pode-se observar que a textura deste solo é predominantemente composta por materiais finos, o que o caracteriza como argiloso. Camargo e Pires (2015) caracterizaram uma área próxima e encontraram material variando de 62% a 85% de material fino.

A condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) é apresentada na Tabela 1. Pode-se observar que este solo é bastante permeável, na ordem de $5,0E-3$ cm/s, tanto para o método de um estágio, quanto para o de dois estágios.

Valores negativos são comumente encontrados nos ensaios de dois estágios. De acordo com Soto et al. (2009), esses resultados são causados pela heterogeneidade ou macroporosidade no meio poroso, resultando em características de fluxo diferentes, entre um e outro estágio de medição. Soto et al. (2009), analisaram o método do permeâmetro Guelph em um solo arenoso e outro argiloso, empregando os métodos de um e dois estágios. Eles evidenciaram dificuldades em cumprir a condição de isotropia de K_{sat} no método de dois estágios, porém destacaram que com o uso desta técnica torna-se possível a minimização de erros operacionais.

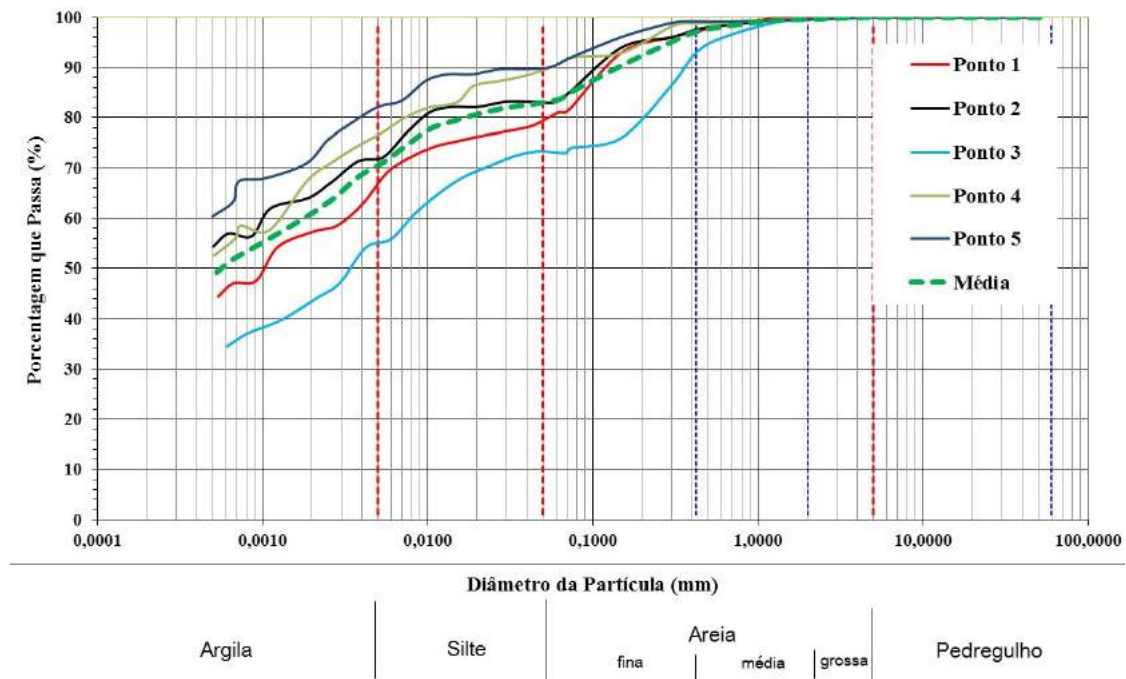


Figura 2 – Curvas granulométricas do solo.

Tabela 1 – K_{sat} para um e dois estágios.

Condutividade hidráulica K_{sat} em cm/s				
Ponto	1 estágio		2 estágios	
	0,2-0,4 m	0,4-0,6 m	0,2-0,4 m	0,4-0,6 m
1	1,8E-03	5,8E-03	2,0E-03	-2,8E-03
2	9,3E-04	4,3E-03	2,8E-03	-2,0E-03

3	3,1E-03	2,7E-03	2,0E-04	9,9E-03
4	5,6E-03	2,5E-02	-1,2E-03	-5,3E-02
5	3,5E-03	4,2E-03	2,6E-04	6,6E-04
Média	3,1E-03	4,3E-03	1,1E-03	5,3E-03

Gonçalves e Libardi (2013) determinaram o Ksat pelo método do perfil instantâneo de um latossolo e obtiveram valores na ordem de 2,0E-4 cm/s. Sousa e Alves (2003) avaliaram o movimento de água de um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes manejos e encontraram o Ksat com valores na ordem de 3,0E-3 cm/s entre as profundidades de 0 a 0,4 m. Netto e Fernandes (2005), determinaram a condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho em pousio e cultivo intensivo e encontraram valores de Ksat na ordem de 1,0E-3 cm/s. Pode-se inferir que os resultados da Ksat deste trabalho condizem com os resultados apresentados na literatura para um latossolo. A estrutura destes solos é composta de agregados com formato arredondado, sendo numerosos e distribuídos de maneira a deixarem grande quantidade de macro poros entre eles, o que proporciona uma maior permeabilidade à água, mesmo com elevados teores de argila.

A Figura 3-A e 3-B apresentam as CRAs determinadas pelo método do papel filtro e ajustadas no modelo de Van Genuchten (1980). Pode-se verificar que as curvas obtidas possuem um comportamento bimodal. As CRA's foram geradas individualmente por ponto e por profundidade e os parâmetros necessários ao modelo de Van Genuchten (1980) podem ser consultados na Tabela 2. Na Tabela 3 são apresentados os resultados encontrados a partir dos valores médios por profundidade. Nas medidas de sucção tanto em laboratório como em campo pode-se ter uma série de dificuldades experimentais e comumente deve-se recorrer a diferentes técnicas de ensaio com intuito de se conhecer o potencial matricial dentro de uma faixa ampla, que seja suficiente para utilização prática. Para fins de projetos de irrigação, Carducci et al. (2011), destaca que apesar de ser considerada indisponível às plantas, estudos visando quantificar a água residual retida nos solos tornam-se fundamentais, pois essa pode ser determinante na regulação de processos bioquímicos microbianos no solo, na reindução da tolerância à dessecação de sementes germinadas e plântulas quando submetidas a elevado

potencial matricial ($\psi_m > 1.500 \text{ kPa}$), além de poder atuar como agente lubrificante entre agregados, quando o solo é submetido a pressões externas durante as operações mecanizadas.

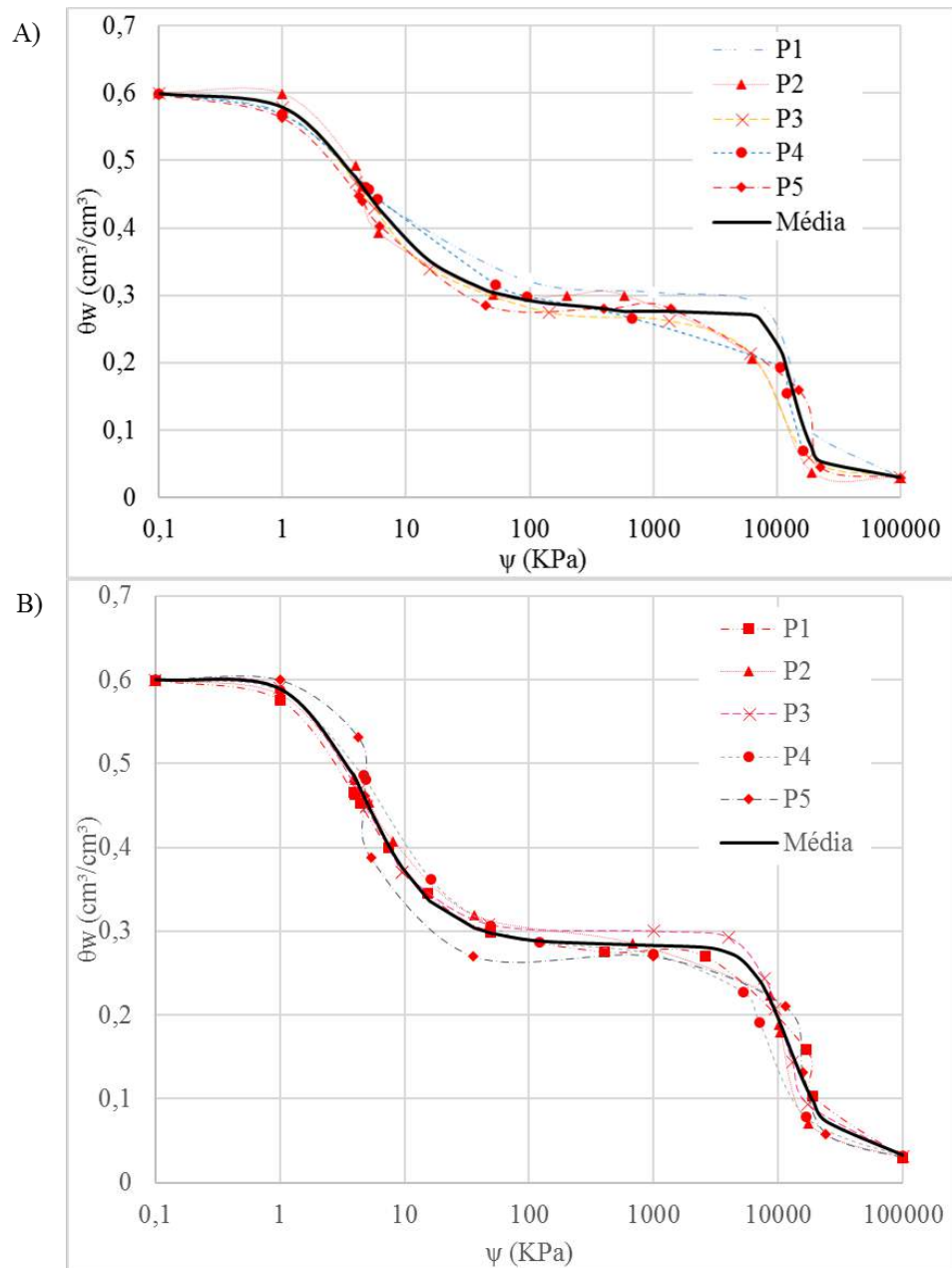


Figura 3 – CRA's nas profundidades A) 0,2-0,4 m e B) 0,4-0,6 m.

As CRA's de um latossolo estudado por Carducci et al. (2011), também apresentaram comportamento bimodal no intervalo de potencial matricial estudado. Nesse trabalho os

pesquisadores abordam que os Latossolos do Cerrado, em função da mineralogia da fração argila e estrutura granular, apresentam elevado volume de poros grandes e de poros extremamente pequenos. A distribuição destes por tamanho é caracterizada por apresentar predominantemente duas classes distintas: a primeira, relacionada àqueles muito grandes, que promovem rápida drenagem interna do solo e a segunda, a poros muito pequenos, nos quais a água é retida com energia muito alta, caracterizando-a como água higroscópica (OLIVEIRA et al., 2004). O comportamento bimodal da curva de retenção de água no solo reflete essas classes de poros, em que o primeiro ponto de inflexão ocorre sob baixos potenciais matriciais (entre 1 e 50 kPa), ao passo que o segundo ponto ocorre sob potenciais muito altos (entre 8.000 e 20.000 kPa).

Tabela 2 – Valores dos parâmetros por pontos pelo modelo de Van Genuchten

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5	
	Profundidades (m)									
	0,2-0,4	0,4-0,6	0,2-0,4	0,4-0,6	0,2-0,4	0,4-0,6	0,2-0,4	0,4-0,6	0,2-0,4	0,4-0,6
θ_r 1	0,3000	0,2700	0,3000	0,2829	0,2626	0,3000	0,2467	0,2700	0,2800	0,2700
θ_s 1	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000
α 1	0,4833	0,3918	0,2457	0,3333	0,3675	0,2919	0,4840	0,2670	0,2706	0,2032
n 1	1,6813	1,8198	3,6568	1,8676	1,8403	2,3661	1,5016	1,8469	2,8960	8,7145
m 1	0,4052	0,4505	0,7265	0,4645	0,4566	0,5774	0,3341	0,4586	0,6547	0,8853
θ_r 2	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300
θ_s 2	0,3000	0,2700	0,3000	0,2829	0,2626	0,3000	0,2467	0,2700	0,2800	0,2700
α 2	0,0009	0,0000	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
n 2	5,1805	8,3038	4,3822	4,5520	3,5014	3,5127	6,5426	2,9389	7,4153	4,5963
m 2	0,8069	0,8795	0,7718	0,7803	0,7144	0,7153	0,8472	0,6597	0,8651	0,7824

De acordo com Ferreira et al. (1999), em solos tropicais altamente intemperizados, os óxidos de ferro e de alumínio atuam como agentes cimentantes entre as partículas minerais,

alterando o arrançamento dos seus constituintes. Vollant-Tuduri et al. (2005) e Severiano, (2010), salientam que, micromorfológicamente os Latossolos apresentam a distribuição dos minerais em relação ao plasma, seguindo o padrão aglutinado, em agregados granulares muito pequenos (diâmetro < 300 μm), conferindo elevado índice de vazios, por sua vez, organizado em cavidades interconectadas.

A FCH apresentada na Figura 3 é relativa aos dados médios das CRA's nas profundidades 0,2-0,4 m e 0,4-0,6 m, os quais foram plotados em função do teor de umidade volumétrico. Os parâmetros utilizados foram obtidos na primeira inflexão da curva (θ_{r1} , θ_{s1} , α_1 , n_1 , m_1) e podem ser consultados na Tabela 3. A pequena diferença existente entre as profundidades é explicada perante os diferentes valores de K_{sat} determinados, podendo-se verificar que os mesmos variaram muito pouco ao longo do perfil do solo.

Tabela 3 - Valores médios por profundidade pelo modelo de van Genuchten.

Parâmetros	Profundidades	
	0,2-0,4 m	0,4-0,6 m
$\theta_r 1$	0,27636	0,28297
$\theta_s 1$	0,60000	0,60000
$\alpha 1$	0,36543	0,28720
$n 1$	1,83481	2,15993
$m 1$	0,45498	0,53702
$\theta_r 2$	0,03000	0,03000
$\theta_s 2$	0,27636	0,28297
$\alpha 2$	0,00008	0,00010
$n 2$	5,04664	3,03627
$m 2$	0,80185	0,67065

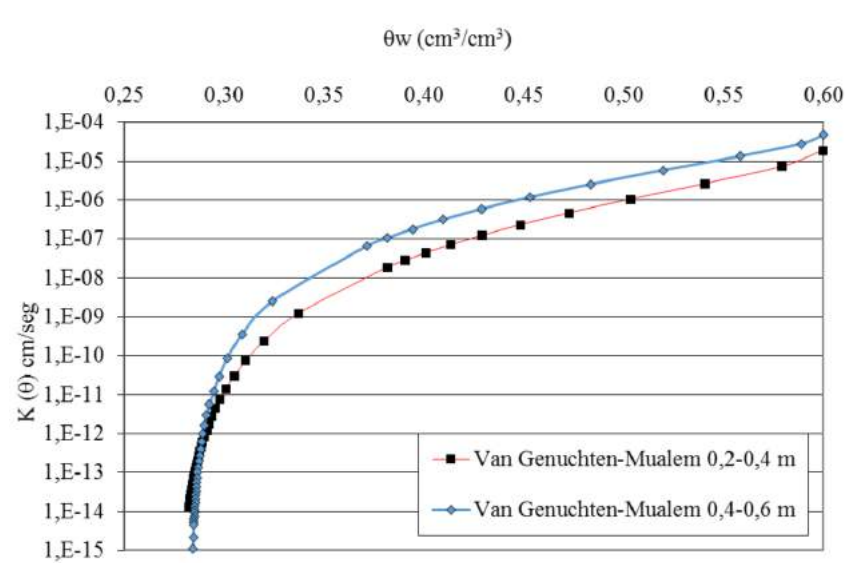


Figura 3 - Função da condutividade hidráulica.

Como as CRA's obtidas possuem comportamento bimodal, a FCH apresentada representa apenas o primeiro trecho na faixa de sucção apresentada (0-8000 kPa), sendo mais que suficiente para otimização de sistemas de irrigação, pois em geral, a sucção máxima utilizada referente ao ponto de murcha permanente para determinação da lâmina de água é igual a 1500 kPa.

4. CONCLUSÃO

A função de condutividade hidráulica do latossolo estudado, ajustada pelo modelo de Van Genuchten-Mualem e obtida indiretamente por meio da CRA e K_{sat} é relativa ao primeiro trecho da curva de retenção de água no solo, referente a sucção de 0-8000 kPa, sendo esta faixa suficiente para elaboração de projetos e manejo da irrigação, além de calibração de tensiômetros e modelagens do fluxo de água no solo.

As CRA's determinadas possuem comportamento bimodal devido a macro e microporosidade deste solo e as K_{sat} não apresentaram variabilidade entre os pontos e profundidades estudadas, mostrando a boa homogeneidade física deste latossolo ao longo do perfil do solo e apresentando resultados condizentes à literatura para essa classe de solo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181/84. **Solo – Análise Granulométrica – Procedimento**. Rio de Janeiro, 13 p, 1984.
- ASTM D-5298-03. **Standard test method for measurement of soil potential (suction) using filter Paper**, 2003.
- BROOKS, R.H.; COREY, A.T. Hydraulic properties of porous medium. **Hydrology Paper**, Colorado State University Fort Collins, v. 3. Mar. 1964.
- CAMARGO, D.P.; PIRES, M.V.O. **Confecção da carta de aptidão de fundações de acordo com a proposta metodológica elaborada por Zuquette (1987) para o Campus da UFV – Rio Paranaíba**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, MG, 2015.
- CARDUCCI, C.E.; DE OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C.; ZEVIANI, W.M. Modelagem da curva de retenção de água de latossolos utilizando a equação duplo Van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, p. 77-86, 2011.
- CHANDLER, R.J.; CRILLY, M.S.; MONTGOMERY-SMITH, G. A low-cost method of assessing clay desiccation for low-rise buildings. **Proceedings of the Institute of Civil Engineering**, v.92, p. 82-89, 1992.
- DEXTER, A.R.; CZY, E.A.; RICHARD, G.; RESZKOWSKA, A. A user-friendly water retention function that takes account of the textural and structural pore spaces in soil. **Geoderma**, v.143, p. 243-253, 2008.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006.
- FERREIRA, M.M.; FERNADES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n. 3, p. 515-524, 1999.
- FREDLUND, D.G.; RAHARDJO, H. **Soil Mechanics for Unsaturated Soils**. New York, John Wiley & Sons, Inc.1993. p. 1 – 6, 1993.

- FREDLUND, D.G.; XING, A.; HUANG, S. Predicting the permeability functions for unsaturated soil using the soil-water characteristic curve. **Canadian Geotechnical Journal**, v.31, n. 4, p. 533 - 546, 1994.
- GARDNER, W. Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with applications to evaporation from a water table. **Soil Science**, v.85, p. 228-232, 1958.
- GONÇALVES, A.D.M.A.; LIBARDI, P.L.; BRAS, R. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p. 1174-1184, 2013.
- MARINHO, F.A.M. **Os solos não saturados: Aspectos teóricos, experimentais e aplicados**. 2005. Monografia (Concurso de Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2005.
- CAMARGO, D.P.; PIRES, M.V.O. **Confecção da carta de aptidão de fundações de acordo com a proposta metodológica elaborada por Zuquette (1987) para o Campus da UFV – Rio Paranaíba**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, MG, 2015.
- McCARTNEY, J.S. **Determination of the hydraulic characteristics of unsaturated soils using a centrifuge permeameter**. 2007. 388 f. Ph.D. Dissertation, University Texas.
- NETTO, A.A.; FERNANDES, E.J. Condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho em pousio e cultivo intensivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n. 8, p. 797-802, 2005.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 327-336, 2004.
- SEVERIANO, E.C. **Alterações estruturais de Latossolos representativos da região do cerrado e potencial de uso de solos cultivados com cana-de-açúcar**. 2010. 148 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2010.

- SOTO, M.A.; CHANG, K.H.; VILAR, O.M. Análise do método do permeâmetro Guelph na determinação da condutividade hidráulica saturada. **Águas Subterrâneas**, v.23, p. 137-152, 2009.
- SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p. 18-23, 2003.
- VAN GENUCHTEN, M. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, v.44, p. 892-898, 1980.
- VAN GENUCHTEN, M.T.; NIELSEN, D.R. On describing and predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. **Annals of Geophysics**, v.3, p. 615–628, 1985.
- VOLLANT-TUDURI, N.; BRUAND, A.; BROSSARD, M.; BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, M.I.L.; MARTINS, E.S. Mass proportion of microaggregates and bulk density in a Brazilian clayey oxisol. **Soil Science Society of American Journal**, v.69, p. 1559-1564, 2005.

EFEITO NEMATICIDA DE EXTRATOS DE PLANTAS DO CERRADO

NEMATICIDAL EFFECT OF EXTRACTS OF CERRADO PLANTS

D. F. BORGES¹, E. A. LOPES¹, R. E. A. ALBINO¹, W. M. L. DIAS¹, F. M. INÁCIO¹, L. M. PINHEIRO¹, E. J. S. BORGES¹, M. S. SOARES² e W. G. FERREIRA JÚNIOR³

¹ Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias

² Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Exatas

³ Instituto Federal do Sul de Minas, Campus Machado

E-mails: darlan.f.borges@gmail.com, everaldolopes@ufv.br

PALAVRAS-CHAVE: compostos nematicidas; controle; manejo sustentável; *Meloidogyne*; nematoide de galhas.

KEYWORDS: nematicidal compounds; control; sustainable management; *Meloidogyne*; root-knot nematode.

RESUMO: Avaliamos neste trabalho o potencial nematicida de extratos aquosos de plantas coletadas no Cerrado. Extratos de folhas e ramos de *Copaifera langsdorff* (CLFR), folhas de *Tapirira guianensis* (TGFr), frutos de *Stryphnodendron adstringens* (SAFr) e frutos de *E. gummiferum* (EGFr) reduziram entre 76 e 87 % a eclosão dos juvenis (J_2) de *M. javanica* (Mj). Extratos de folhas de *E. erythropappus* (EEFr) e *H. stigonocarpa* (HSFr) causaram mortalidade de J_2 em níveis entre 3,5 e 4,3 maiores do que na testemunha. EGFr, CLFR, EEFr e da mistura de CLFR e HSFr causaram maiores reduções no número de galhas de Mj em alface. A mistura de SAFr e EEFr foi a que causou maior redução no número de ovos. Extratos de CLFR, TGFr, SAFr, EGFr, EEFr, HSFr e as misturas CLFR + HSFr e SAFr + EEFr possuem ação nematicida e devem ser investigados em estudos futuros.

ABSTRACT: We assessed the nematicidal potential of aqueous extracts of plants collected in Cerrado areas. Extracts of leaves and branches of *Copaifera langsdorff* (CLLB), leaves of *Tapirira guianensis* (TGL), fruits of *Stryphnodendron adstringens* (SAF) and fruits of *E.*

gummiferum (EGF) reduced from 76 to 87 % the hatching of M. javanica (Mj) juveniles (J₂). Extracts of leaves of E. erythropappus (EEL) and H. stigonocarpa (HSL) caused J₂ mortality at levels 3.5 and 4.3 higher than in the control. EGF, CLLB, EEL and the mixture of CLLB and HSL caused the highest reductions on the number of galls of Mj in lettuce. The mixture of SAFr and EEFo caused the highest reduction on the number of eggs. Extracts of CLLB, TGL, SAF, EGF, EEL, HSL and the mixtures CLLB + HSL and SAF + EEFo have nematicidal activity and must be investigated in further studies.

1. INTRODUÇÃO

O manejo de fitonematoides é um desafio em várias regiões agricultáveis no mundo todo, pois o agricultor pode desconhecer a presença do patógeno na área e medidas individuais de controle podem não reduzir os danos (FERRAZ et al., 2010). As medidas fundamentais de manejo empregadas pelos produtores de hortaliças são a rotação de culturas, o pousio, o uso de plantas antagonistas e a utilização do controle biológico, que devem ser usadas de forma integrada. O uso de nematicidas químicos é cada vez mais restrito em muitas culturas, devido à crescente preocupação mundial com a contaminação da população e do ambiente por agrotóxicos. Com esta concepção, compostos nematicidas obtidos a partir de plantas poderiam resultar em produtos adicionais para serem usados no manejo de fitonematoides (FERRAZ et al., 2010).

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil (RIBEIRO E WALTER, 1998) e ocupa praticamente toda a região do Alto Paranaíba. É considerado um dos 25 ‘hotspots’ mundiais para a conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000). Prontamente, é possível que inúmeras substâncias nematicidas ou nematostáticas, produzidas durante o metabolismo secundário das plantas (CHITWOOD, 2002; BRIELMANN et al., 2006), possam ser descobertas explorando este bioma.

Várias plantas possuem substâncias com ação nematicida (FERRIS E ZHENG, 1999; LOPES et al., 2005; NEVES et al., 2008; TABA et al., 2008; NTALLI et al., 2011; AOUDIA

et al., 2012; CABONI et al., 2012; OKA, 2012). Geralmente, esses compostos atuam diretamente inibindo a eclosão e a movimentação dos nematoides, interferindo na localização das raízes, ou ainda ativando mecanismos de defesa latentes das plantas (CHITWOOD, 2002; FERRAZ et al., 2010). As principais substâncias ativas contra nematoides já caracterizadas são alcaloides, terpenos ou flavonoides e foram obtidos de plantas das famílias Meliaceae, Fabaceae, Rutaceae, Apocynaceae e Simaroubaceae (CHITWOOD, 2002; FERRAZ et al., 2010).

Uma das vantagens dos extratos botânicos é que os próprios produtores podem prepará-los e aplicá-los em áreas infestadas com nematoides (LOPES et al., 2005). Ademais, são menos concentrados e, portanto, potencialmente menos tóxicos do que compostos puros; sofrem biodegradação rápida; possuem múltiplos modos de ação e são derivados de recursos renováveis (CHITWOOD, 2002). Entretanto, a proposta deste trabalho, limita a aplicabilidade para o tratamento de pequenas áreas, devido à dificuldade em obter biomassa suficiente para aplicação em grandes reboleiras. Opcionalmente, estudos fitoquímicos podem ser realizados e revelarem os compostos nematicidas ativos nas plantas e possibilitarem o desenvolvimento de formulações de produtos. Deste modo, objetivou-se avaliar o potencial nematicida de extratos aquosos de plantas das famílias Fabaceae, Apocynaceae, Anacardiaceae e Asteraceae coletadas no bioma Cerrado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Diferentes partes das plantas foram coletadas em áreas de Cerrado no município de Rio Paranaíba – MG (Tabela 1). As plantas foram identificadas com auxílio de chaves analíticas e comparações com o Registro no Herbário Geraes do IF SUL DE MINAS - CAMPUS MACHADO. Posteriormente, as partes vegetais de cada espécie coletada foram secas em estufa de circulação forçada por 72 h a 45 °C.

Tabela 1- Espécies de plantas do Cerrado utilizadas como fonte de matéria-prima para o preparo de extratos aquosos visando ao controle de *Meloidogyne javanica*

Nome científico	Nome comum	Família	Órgãos da planta	Nº Registro no Herbário*
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Árvore-de-sabão	Fabaceae	Frutos	HGER 11
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão	Fabaceae	Folhas e Frutos	HGER 10
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangabeira	Apocynaceae	Folhas	HGER 14
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-pombo	Anarcadiaceae	Folhas e Galhos	HGER 08
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Pau-de-óleo	Fabaceae	Folhas e Galhos	HGER 07
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	Candeia	Asteraceae	Folhas	HGER 09
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá-do-cerrado	Fabaceae	Folhas	HGER15
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Faveira	Fabaceae	Folhas	HGER 13

*Herbário Geraes – IF SUL DE MINAS – Campus Machado, MG.

O material seco foi triturado em moinho de facas tipo ‘Willye’ até a obtenção de pó fino, o qual ficou armazenado em frascos hermeticamente fechados até o preparo dos extratos. A extração dos metabólitos foi realizada por infusão. Para cada grama da parte vegetal seca foram adicionados 10 mL de água destilada a 80°C. O material permaneceu em infusão por aproximadamente 30 min e, em seguida, foi filtrado em papel filtro com auxílio de kitassato, funil de Büchner e uma bomba de vácuo. As concentrações dos extratos foram calculadas através da relação massa de material vegetal seco adicionado em 100 mL de solvente extrator (água destilada) (CASTRO et. al., 2010).

Para determinação do teor de flavonoides nos extratos, 1 mL do extrato (diluído 25 vezes) foi adicionado em béquer contendo 1 mL de metanol e 2 mL de cloreto de alumínio. Após 40 min de repouso, as leituras de absorvância foram feitas a 420 nm em espectrofotômetro. Os flavonoides totais foram obtidos através da curva feita com quercetina, preparada a partir de uma solução padrão de quercetina em metanol ($1,78 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$). Em seguida, foram coletadas alíquotas desta solução com diferentes volumes (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 μL), às quais foram acrescentadas 3,0 mL de solução de cloreto de alumínio 2%. Após 40 min. de repouso, a absorvância da solução a 420 nm foi avaliada em espectrofotômetro de UV-Vis (LIN E TANG, 2007), sendo o branco constituído apenas de metanol. A curva analítica foi realizada através de regressão linear, utilizando o programa Origin 6.0 (UFRRJ) e a equação da reta usada para a determinação indireta do teor de flavonoides nas amostras, onde os resultados finais foram expressos em gramas de flavonoides por 100 g de matéria seca (MS).

Para a determinação do teor de fenois totais, 0,5 mL do extrato (diluído 100 vezes) foi misturado com 2,5 mL (0,2 N) de reagente Folin-Ciocalteu. Após 5 min, adicionou-se 2 mL de carbonato de sódio ($4,0 \text{ g}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) e a mistura permaneceu em temperatura ambiente por 2 h. Logo após o período de incubação, a absorvância foi medida a 740 nm, utilizando água como branco. A curva analítica foi preparada com ácido gálico em concentração de (0,1:100 mL), ou seja, $1000 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ a partir de alíquotas de diferentes volumes (0, 20, 40, 60, 80, 100 μL), e confeccionada através de regressão linear, utilizando o programa Origin 6.0 (UFRRJ) e a equação da reta usada para a determinação indireta do teor de fenois totais nas amostras, onde os resultados finais foram expressos em gramas de fenois por 100 g de MS. As leituras da curva foram realizadas utilizando água como branco.

Para avaliar a capacidade de os extratos inibirem a eclosão de juvenis de segundo estágio (J_2) de *M. javanica* em laboratório, 100 μL de suspensão de ovos contendo 30 ovos foram colocados por célula de placa de Elisa com 96 cavidades, juntamente com 100 μL de extrato aquoso e 100 μL de água destilada. Nas testemunhas, cada célula da placa continha 100 μL de suspensão de ovos e 200 μL de água destilada. O número de ovos e eventuais J_2

por célula foi avaliado logo após o início do experimento, com auxílio de microscópio óptico com objetivas invertidas. Em seguida, as placas foram vedadas com papel filme e mantidas em incubadora do tipo BOD a 27 °C. A cada 24 h, em um período de cinco dias, os números de juvenis eclodidos foram avaliados.

O efeito dos extratos sobre a mortalidade de juvenis de segundo estágio de *M. javanica* também foi avaliado de forma similar aos experimentos de eclosão, sendo usados 30 juvenis recém-eclodidos em cada célula da placa. A cada 24 h, o número de juvenis móveis e imóveis foi contado. Ao final de cinco dias, os juvenis foram transferidos para peneira de 324 mesh de abertura e colocados novamente em células de placa de Elisa, mas preenchida com água destilada, ao invés de extratos. As placas foram mantidas em BOD a 27 °C e, após 24h, avaliou-se o número de juvenis imóveis (mortos) e móveis (vivos).

Os experimentos foram conduzidos em duplicata, em delineamento inteiramente casualizado, sendo cada tratamento com 10 repetições. A parcela experimental foi representada por uma célula da placa de Elisa. Os percentuais de eclosão e mortalidade foram usados para calcular as áreas abaixo da curva de progresso de eclosão (AACPE) e mortalidade (AACPM) (CAMPBELL E MADDEN, 1990). Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa R versão 3.1.1 (R CORE TEAM, 2014).

Os extratos selecionados nos experimentos em laboratório foram avaliados em condições de casa de vegetação, por meio da aplicação direta no solo em plantas de alface cultivadas em vasos. Vasos plásticos de 1 L de capacidade foram preenchidos com substrato composto pela mistura solo e areia 1:1 (v:v), previamente autoclavada a 120 °C por 1 h. Em seguida, o substrato foi infestado com 3.000 ovos de *M. javanica*. A aplicação foi realizada um dia após a inoculação utilizando 10 mL dos extratos brutos por vaso, feita mais quatro vezes, sendo uma vez por semana. Ao final de 15 dias de infestação do solo, as plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) de 25 dias de idade foram transplantadas para cada vaso. Os números de galhas e de ovos dos nematoides por sistema radicular, assim como a biomassa

das plantas, foram avaliados aos 40 dias após o transplântio. A temperatura mínima em média era de 21 °C e a máxima em média 42 °C, no interior da casa de vegetação durante a condução do experimento, nos meses de novembro e dezembro de 2016.

O delineamento experimental adotado foi do tipo inteiramente casualizado com sete repetições. Os experimentos foram realizados em duplicata, os dados submetidos à análise de variância ao nível de 5 % de probabilidade e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa R versão 3.1.1 (R CORE TEAM, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os extratos vegetais reduziram a eclosão de juvenis de *M. javanica* e a maioria causou a mortalidade dos juvenis (Tabela 2). Os extratos de folhas e ramos de pau-de-óleo, folhas de pau-pombo, frutos de barbatimão e frutos de árvore-de-sabão reduziram entre 76 e 87 % a eclosão dos juvenis em ambos os experimentos (Tabela 2). Por sua vez, os extratos de folhas de candeia e jatobá-do-cerrado foram os que causaram maior mortalidade dos juvenis, com níveis entre 3,5 e 4,3 maiores do que na testemunha (Tabela 2).

A ação dos extratos de pau-pombo, pau-de-óleo e frutos de barbatimão na redução de eclosão de juvenis pode ser explicada pela maior concentração de fenois nessas plantas e também de flavonoides, principalmente em folhas de pau-pombo (Figura 1). Alguns compostos fenólicos e flavonoides podem inibir eclosão de nematoides (CHITWOOD, 2002; AZANDO et al., 2011). No entanto, é possível que a ação de extratos de frutos de árvore-de-sabão, de folhas de candeia e jatobá-do-cerrado seja relacionada a outros grupos de compostos, a exemplo dos terpenos e das saponinas (ECHEVERRIGARAY et al., 2010; NTALLI et al., 2011; IBRAHIM E SROUR, 2013).

Tabela 2- Efeito de extratos vegetais sobre a área abaixo da curva de progresso de eclosão (AACPE) e de mortalidade (AACPM) de juvenis de segundo estágio (J₂) de *Meloidogyne javanica* em laboratório.

Extrato	AACPE		AACPM	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
Pau-de-óleo (ramos)	7,00 g	8,80 g	12,45 f	12,66 h
Pau-de-óleo (folhas)	7,50 g	10,09 f	18,44 d	23,10 c
Pau-pombo (ramos)	22,05 b	19,11 c	15,62 e	19,81 d
Pau-pombo (folhas)	6,44 h	9,93 f	9,60 g	18,83 e
Barbatimão (folhas)	3,88 i	4,33 i	23,42 c	17,53 f
Barbatimão (frutos)	9,47 f	14,08 e	6,67 i	14,00 g
Mangaba (folhas)	11,58 d	8,27 h	7,71 h	6,25 k
Jatobá-do-cerrado (folhas)	19,97 c	25,18 b	27,50 b	26,09 b
Candeia (folhas)	9,55 f	9,14 g	30,36 a	30,75 a
Faveira (folhas)	10,90 e	18,38 d	5,69 j	5,80 k
Árvore-de-sabão (frutos)	10,02 f	10,01 f	8,36 h	11,84 i
Testemunha	38,16 a	35,29 a	7,01 i	7,66 j

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

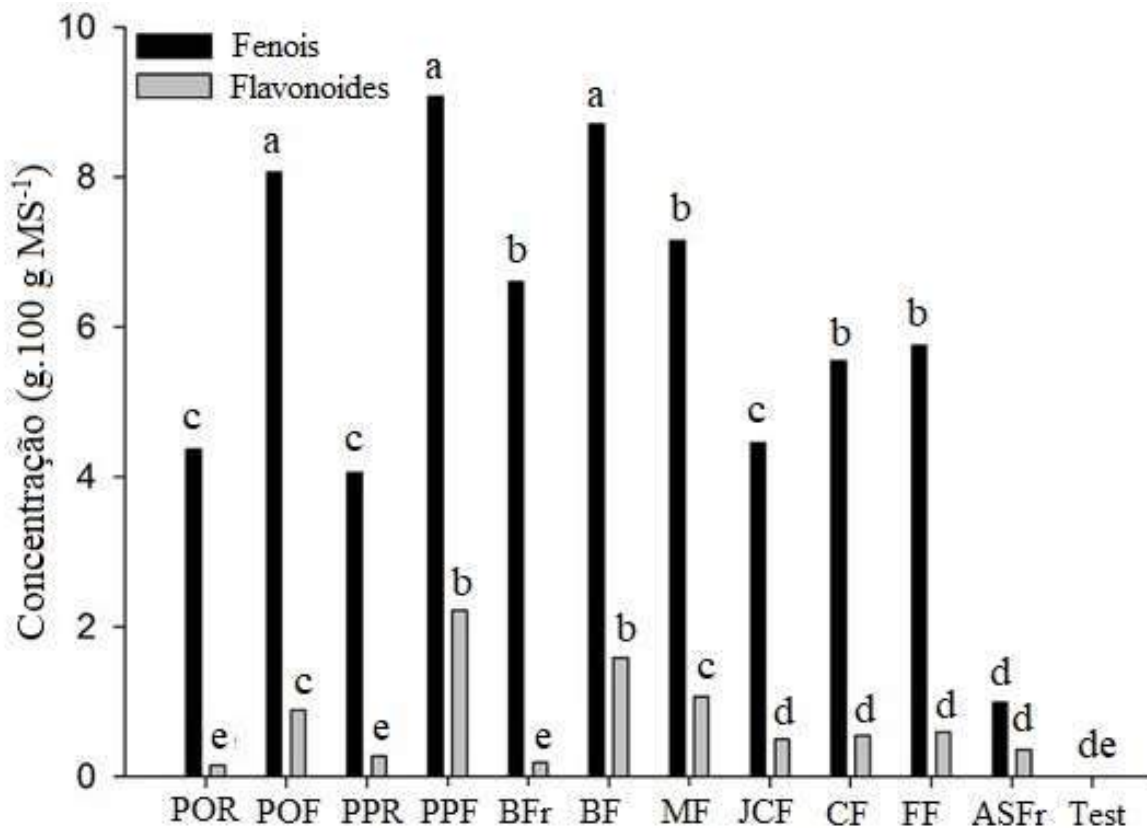


Figura 1 - Concentração de fenóis e flavonoides em pau-de-óleo (ramos – POR; folhas - POF), pau-pombo (folhas – PPF; ramos – PPR), barbatimão (folhas – BF; frutos – BFr), mangaba (folhas – MF), jatobá-do-cerrado (folhas - JCF), candeia (folhas – CF), faveira (folhas – FF), árvore-de-sabão (frutos – ASFr) e a testemunha (Test). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na barra, de mesmo composto, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *M.S. = Matéria seca das plantas.

A ação nematocida de substâncias presentes nos extratos de pau-de-óleo, pau-pombo, barbatimão, árvore-de-sabão, candeia e jatobá-do-cerrado é desconhecida. Em outras áreas do conhecimento, principalmente na medicina, já foi comprovada atividade biológica dos extratos dessas plantas. Extratos de pau-de-óleo e jatobá-do-cerrado, por exemplo, possuem ação antibacteriana (VALDEVITE, 2007; DIMECH et al., 2013). Extratos de árvore-de-sabão e barbatimão inibem o crescimento de fungos (SANCHES et al., 2005; TSUZUKI et al., 2007), enquanto que extratos de pau-pombo e candeia possuem propriedades inseticidas e

antiofidicas, respectivamente (SOUZA et al., 2010; DELLA TORRE et al., 2011). Estudos adicionais devem ser realizados para investigar quais substâncias dessas plantas possuem efeito nematicida.

Nos experimentos em casa de vegetação, observamos que a aplicação de extratos de frutos de árvore-de-sabão aumentou entre 22 e 53% a massa de plantas de alface (Tabelas 3 e 4). Esse aumento de biomassa pode ser devido à ação de saponinas, compostos encontrados em alta concentração nessa planta (CARVALHO, 1981). A aplicação de saponinas extraídas de alfafa (*Medicago sativa* L.) aumentou o desenvolvimento de tomateiros infectados por *M. incognita* (IBRAHIM E SROUR, 2013).

Poucas galhas e ovos foram formados nas raízes de alface em ambos os experimentos, até mesmo no tratamento testemunha (Tabelas 3 e 4). É possível que as elevadas temperaturas durante a condução dos experimentos (média das máximas de 42 °C) tenha contribuído para inibir o desenvolvimento do patógeno. A temperatura ideal para os diversos processos biológicos dos fitonematoides situa-se entre 15-30 °C (FERRAZ et al., 2010). Acima de 30 °C, o desenvolvimento do patógeno é retardado ou eles permanecem inativos e, acima de 45 °C, eles morrem (FERRAZ et al., 2010).

Apesar do reduzido número de galhas e de ovos, foi possível notar que alguns extratos reduziram o número de galhas e de ovos de *M. javanica* em alface em ambos os experimentos (Tabelas 3 e 4). A aplicação dos extratos de frutos de árvore-de-sabão, folhas de pau-de-óleo, folhas de candeia e da mistura de extratos de folhas de pau-de-óleo e jatobá-do-cerrado causou maior redução no número de galhas do nematoide em ambos os experimentos (Tabela 3 e 4). Por sua vez, a aplicação da mistura de extratos de frutos de barbatimão e folhas de candeia foi a que causou maior redução no número de ovos de forma consistente em ambos os experimentos (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Efeito da aplicação de extratos aquosos de folhas ou frutos de plantas do Cerrado sobre a massa da parte área (MPA), a massa de raízes (MR) e a massa total (MT) de plantas frescas de alface e o número de galhas (NG) e ovos (NO) de *Meloidogyne javanica* em condições de casa de vegetação (Experimento 1).

Tratamento	MPA (g)	MR (g)	MT (g)	NG	NO
Árvore-de-sabão (frutos)	50,67 a	22,08 a	72,75 a	1,29 c	142,85 f
Barbatimão (frutos)	44,54 b	22,39 a	66,92 b	3,14 a	150,00 e
Pau-pombo (folhas)	36,67 d	19,98 b	56,64 d	2,43 a	114,29 h
Pau-de-óleo (folhas)	31,50 g	18,49 c	49,99 i	0,86 c	121,43 g
Candeia (folhas)	36,71 d	18,40 c	55,10 f	1,57 c	121,43 g
Jatobá-do-cerrado (folhas)	31,62 g	17,32 d	48,94 j	2,00 b	92,86 i
Barbatimão (frutos) + Candeia (folhas)	36,53 d	19,20 b	55,74 e	2,00 b	92,86 i
Pau-de-óleo (folhas) + Jatobá-do-cerrado (folhas)	31,23 g	19,91 b	51,14 h	1,43 c	235,71 a
Barbatimão (frutos) + Pau-de-óleo (folhas)	39,26 c	20,05 b	59,31 c	1,86 b	178,57 c
Candeia (folhas) + Jatobá-do-cerrado (folhas)	34,25 e	19,89 b	54,15 g	3,29 a	164,29 d
Testemunha	33,10 f	17,61 d	50,71 h	3,00 a	200,00 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Efeito da aplicação de extratos aquosos de folhas ou frutos de plantas do Cerrado sobre a massa da parte área (MPA), a massa de raízes (MR) e a massa total (MT) de plantas frescas de alface e o número de galhas (NG) e ovos (NO) de *Meloidogyne javanica* em condições de casa de vegetação (Experimento 2).

Tratamentos	MPA (g)	MR (g)	MT (g)	NG	NO
Árvore-de-sabão (frutos)	39,62 a	20,22 b	59,84 a	1,14 c	307,14 a
Barbatimão (frutos)	33,30 e	22,56 a	55,86 b	2,43 b	78,57 g
Pau-pombo (folhas)	29,64 g	18,18 c	47,82 e	1,43 c	250,00 b
Pau-de-óleo (folhas)	34,19 d	18,62 c	52,81 c	0,86 c	114,29 d
Candeia (folhas)	36,33 b	15,66 e	52,00 c	0,57 c	78,57 g
Jatobá-do-cerrado (folhas)	29,93 g	18,74 c	48,67 d	1,86 b	100,00 e
Barbatimão (frutos) + Candeia (folhas)	34,27 d	20,99 b	55,26 b	1,14 c	64,29 h
Pau-de-óleo (folhas) + Jatobá-do-cerrado (folhas)	32,18 f	15,78 e	47,96 e	1,29 c	64,29 h
Barbatimão (frutos) + Pau-de-óleo (folhas)	31,31 f	17,78 c	49,09 d	1,86 b	50,00 i
Candeia (folhas) + Jatobá-do-cerrado (folhas)	35,52 c	16,87 d	52,39 c	1,29 c	85,71 f
Testemunha	31,53 f	16,54 d	48,07 e	4,00 a	135,71 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A redução no número de galhas implica que menos nematoides penetraram e se estabeleceram nas raízes. Para que isso ocorra, as substâncias ativas dos extratos devem ter ação impedindo a embriogênese ou controlando juvenis dentro dos ovos no solo, aplicados como inóculo, e, ou devem controlar ou inibir o movimento de juvenis de segundo estágio eclodidos e que migrariam no solo em direção às raízes. A redução no número de ovos pode ser resultado do menor número de nematoides que penetraram ou do efeito dos compostos dos extratos em ativar mecanismos de defesa da planta (CHITWOOD, 2002). Estudos posteriores devem ser realizados em ambiente com temperaturas em torno de 25-27°C para que possa ser confirmado o potencial dos extratos de frutos de árvore-de-sabão, folhas de pau-de-óleo, folhas de candeia e de jatobá-do-cerrado e suas misturas no controle de *M. javanica* em alface. Além disso, as potenciais substâncias nematicidas desses extratos devem ser caracterizadas e estudadas quanto aos mecanismos de ação contra o patógeno.

4. CONCLUSÕES

Os extratos de folhas e ramos de pau-de-óleo, folhas de pau-pombo e frutos de barbatimão e de frutos de árvore-de-sabão reduzem a eclosão de juvenis de segundo estágio (J₂) de *M. javanica*. Por sua vez, extratos de folhas de candeia e jatobá-do-cerrado possuem substâncias que controla J₂ do patógeno.

A aplicação ao solo de extratos de frutos de árvore-de-sabão aumenta a massa de plantas de alface. A aplicação dos extratos de frutos de árvore-de-sabão, folhas de pau-de-óleo, folhas de candeia e da mistura de extratos de folhas de pau-de-óleo e jatobá-do-cerrado reduz o número de galhas, enquanto que a mistura de extratos de frutos de barbatimão e folhas de candeia reduz o número de ovos de *M. javanica* em raízes de alface.

AGRADECIMENTOS

Everaldo A. Lopes agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo 304663/2014-0) e pelo apoio financeiro do projeto (Processo 474456/2013-7).

REFERÊNCIAS

- AOUDIA, H.; NTALLI, N.; AISSANI, N.; YAHIAOUI-ZAIDI, R.; CABONI, P. Nematotoxic phenolic compounds from *Melia azedarach* against *Meloidogyne incognita*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 47, p. 11675-11680, 2012.
- AZANDO, E.V.B.; HOUNZANGBÉ-ADOTÉ, M.S.; OLOUNLADÉ, P.A.; BRUNET, S., FABRE, N.; VALENTIN, A.; HOSTE, H. Involvement of tannins and flavonoids in the in vitro effects of *Newbouldia laevis* and *Zanthoxylum zanthoxyloides* extracts on the exsheathment of third-stage infective larvae of gastrointestinal nematodes. **Veterinary Parasitology**, v. 180, n. 3, p. 292-297, 2011.
- BRIELMANN, H.L.; SETZER, W.N.; KAUFMAN, P.B.; KIRAKOSYAN, A. **Phytochemicals: The chemical components of plants**. Natural products from plants. 2. ed. London: Taylor & Francis Group, p. 10-19, 2006.
- CABONI, P.; SARAIS, G.; AISSANI, N.; TOCCO, G.; SASANELLI, N.; LIORI, B.; CARTA, A.; ANGIONI, A. Nematicidal activity of 2-thiophenecarboxaldehyde and methylisothiocyanate from caper (*Capparis spinosa*) against *Meloidogyne incognita*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 30, p. 7345-7351, 2012.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York, NY: Wiley, p. 532, 1990.
- CARVALHO, L.R. **Estudos químico e biológico de uma saponina de *Enterolobium gummiferum***. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, p. 83, 1981.
- CASTRO, K.N.C.; ISHIKAWA, M.M.; CAMPOLIN, A.I.; CATTO, J.B.; PEREIRA, Z.V.; CARDOSO, C.; CARDOSO, C.A.L.; CASTRO, M.M.; SILVA V.C. **Prospecção de plantas medicinais para controle do carrapato dos bovinos**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio-Norte, v. 95, p. 1413-1455, 2010.
- CHITWOOD, D.J. Phytochemical based strategies for nematode control. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 221-49, 2002.
- DELLA TORRE, A.; ALBUQUERQUE, L.B. L.; FARRAPO, N.M.; OSHIMA-FRANCO, Y.; SANTOS, M.G.; TAVARES, R. V. S.; RODAS, A.C.D.; DAL BELO, C. A.;

- CARDOSO, C.R.P.; VARANDA, E.A.; GROPPPO, F.C.; LOPES, P.S. Mutagenicity induced by the hydroalcoholic extract of the medicinal plant *Plathymenia reticulata* Benth. **The Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 17, n. 2, p. 190-198, 2011.
- DIMECH, G.S.; SOARES, L.A.L.; FERREIRA, M.A.; OLIVEIRA, A.G.V.; CARVALHO, M.C.; XIMENES, E.A. Phytochemical and antibacterial investigations of the extracts and fractions from the stem bark of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne and effect on ultrastructure of *Staphylococcus aureus* induced by hydroalcoholic extract. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.
- ECHEVERRIGARAY, S.; ZACARIA, J.; BELTRÃO, R. Nematicidal activity of monoterpenoids against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Phytopathology**, v. 100, n. 2, p. 199-203, 2010.
- FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; LOPES, E.A.; DIAS-ARIEIRA, C.R. **Manejo sustentável de fitonematoides**. Viçosa: Editora UFV, p. 306, 2010.
- FERRIS, H.; ZHENG, L. Plant sources of Chinese herbal remedies: effects on *Pratylenchus vulnus* and *Meloidogyne javanica*. **Journal of Nematology**, v. 31, n. 3, p. 241- 263, 1999.
- IBRAHIM, M.A.R.; SROUR, H.A.M. Saponins suppress nematode cholesterol biosynthesis and inhibit root knot nematode development in tomato seedlings. **Natural Products Chemistry & Research**, v. 2, p. 123, 2013.
- LIN, J.Y.; TANG, C.Y. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 140-7, 2007.
- LOPES, E.A.; FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; FERREIRA, P.A.; AMORA, D.X. Efeito dos extratos aquosos de mucuna preta e de manjeriço sobre *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 67-74, 2005.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 24, p. 853-858, 2000.

- NEVES, W.S.; FREITAS L.G.; FABRY, C.F.S.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FERREIRA P.A.; FERRAZ, L.O.; DHINGRA, O.D.; FERRAZ, S. Ação nematicida de óleo, extratos vegetais e de dois produtos à base de capsaicina, capsainóides e alil isotiocianato sobre juvenis de *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 93-100, 2008.
- NTALLI, N.G.; FERRARI, F.; GIANNAKOU, I.; MENKISSOGLU-SPIROUDI, U. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants indigenous to Greece. **Pest Management Science**, v. 67, n. 3, p. 341-351, 2011.
- OKA, Y. Nematicidal activity of *Verbesina encelioides* against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* and effects on plant growth. **Plant and Soil**, v. 355, n. 1, p. 311-322, 2012.
- R CORE TEAM. 2014. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa, p. 89-166, 1998.
- SANCHES, A.C.C.; LOPES, G.C.; NAKAMURA, C.V.; DIAS FILHO, B.P.; MELLO, J.C.P. Antioxidant and antifungal activities of extracts and condensed tannins from *Stryphnodendron obovatum* Benth. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, n. 1, p. 101-107, 2005.
- SOUZA, A.P.; MARQUES, M.R.; MAHMOUD, T.S.; BOLZANI, V.S.; CAPUTO, B.A.; CANHETE, G.M.; LEITE, C.B.; LIMA, D.P. Insecticidal effect of extracts from native plants to Mato Grosso do Sul, Brazil, on *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **BioAssay**, v. 5, n. 1, p. 5, 2010.
- TABA, S.; SAWADA, J.; MOROMIZATO, Z.I. Nematicidal activity of Okinawa Island plants on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood. **Plant and Soil**, v. 303, n. 1, p. 207-216, 2008.
- TSUZUKI, J.K.; SVIDZINSKI, T.I.E.; SHINOBU, C.S.; SILVA, L.F.A.; RODRIGUES-FILHO, E.; CORTEZ, D.A.G.; FERREIRA, I.C.P. Antifungal activity of the extracts

and saponins from *Sapindus saponaria* L. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n. 4, p. 577–583, 2007.

VALDEVITE, L.M. **Estudo do efeito in vitro de extrato das folhas e do óleo resina de copaíba sobre fatores de virulência de *Streptococcus mutans* relacionados à cárie dental**. Dissertação (Mestre em Ciências Farmacêuticas). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto/SP, p. 128, 2007.

ESTUDO DE FASE SÓLIDA PARA CROMATOGRAFIA A PARTIR DA ADSORÇÃO DO METRIBUZIN EM SÍLICA BIOGÊNICA

SOLID PHASE STUDY FOR CHROMATOGRAPHY FROM METRIBUZIN ADSORPTION IN BIOGENIC SILICON

V. G. O. DUARTE¹, B. C. SANTOS¹, A. M. FARIA², M. R. REIS³ e C. R. OLIVEIRA¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Ciência Exatas

³ Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. Instituto de Ciência Agrárias

² Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Ciências Exatas

E-mail: valber.g@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Sílica biogênica, cromatografia, herbicida.

KEYWORDS: Biogenic silica, chromatography, herbicide.

RESUMO: *O objetivo do presente trabalho é estudar e caracterizar a adsorção de metribuzin em sílica biogênica. A caracterização da sílica biogênica foi realizada por meio de difração de raios X no pó (DRXP), espectroscopia de absorção molecular na região do infravermelho com transformada de Fourier (FT/IR) e área superficial específica pelo método de Brunauer, Emmett e Teller (BET). A caracterização da sílica via DRXP e FT/IR mostraram a predominância de quartzo na sua constituição. A isoterma de adsorção foi obtida medindo-se a quantidade adsorvida (q_e) utilizando espectrofotometria na região de UV-Vis, onde a quantidade máxima adsorvida foi $0,17 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. O modelo de Langmuir foi o que melhor se adequou aos dados experimentais das isotermas de adsorção. A variação de energia livre de Gibbs padrão de adsorção ($\Delta_{ads}G^\circ$), a variação de entalpia padrão de adsorção ($\Delta_{ads}H^\circ$) e a variação de entropia padrão de adsorção ($\Delta_{ads}S^\circ$) mostraram que o processo adsorptivo é termodinamicamente espontâneo e entálpicamente dirigido. A sílica biogênica possui área superficial específica baixa $5,54 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ caracterizando-se como um sólido microporoso com baixo poder de adsorção.*

ABSTRACT: *The objective of the present work is to study and characterize the adsorption of metribuzin in biogenic silica. The characterization of biogenic silica was performed by X-ray powder diffraction (XRDD), molecular absorption spectroscopy in the infrared region with Fourier transform (FT / IR) and specific surface area by the method of Brunauer, Emmett and*

Teller (BET). The characterization of silica via DRXP and FT / IR showed the predominance of quartz in its constitution. The adsorption isotherm was obtained by measuring the adsorbed amount (q_e) using spectrophotometry in the UV-Vis region, where the maximum adsorbed amount was $0.17 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. The Langmuir model was the one best suited to the experimental data of adsorption isotherms. The Gibbs free energy variation standard adsorption ($\Delta_{\text{ads}}G^\circ$), the standard adsorption enthalpy change ($\Delta_{\text{ads}}H^\circ$) and the standard adsorption entropy variation ($\Delta_{\text{ads}}S^\circ$) showed that the adsorptive process is thermodynamically spontaneous and entalpally directed. Biogenic silica has a low specific surface area of $5.54 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ characterizing as a microporous solid with low adsorption power.

1. INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são compostos químicos utilizados para prevenir, repelir, matar ou suavizar qualquer aparecimento de praga (Lei nº 7.802). Os insetos, roedores, plantas, fungos, bactérias, nematoides e vírus são comuns aos sistemas de produção agrícola.

O herbicida metribuzin (Figura 1) é um dos mais utilizados no Brasil e apresenta solubilidade de 1.100 mg L^{-1} em água (RODRIGUES, 2005). Dentre suas características, destacam-se capacidade moderada de adsorção em solos, alta afinidade com matéria orgânica e, ou, argila e sua eficiência é muito dependente de condições climáticas. Nas plantas, sua absorção é realizada tanto pelas folhas quanto pelas raízes. A aplicação mais usual são nas culturas de batata, tomate, soja, café, cana-de-açúcar e mandioca para o controle de diversas infestantes dicotiledôneas.

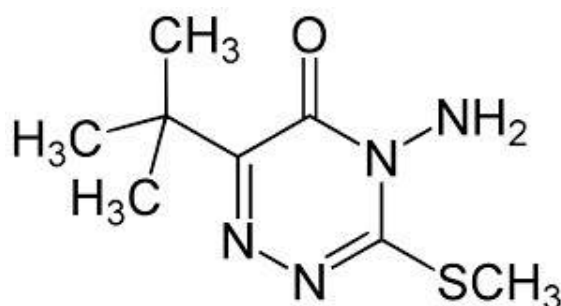


Figura 1 - Metribuzin (4-amino-6-(1,1-dimetiletil)-metiltio-1,2,4-triazina-5-(4H)-ona)

A utilização intensiva e inadequada de vários herbicidas na agricultura pode trazer graves problemas de saúde para a população, pois os mesmos podem provocar câncer e problemas neurológicos (PETER et al., 2007). Esta situação leva a normas severas em termos de concentrações de herbicidas na água ou alimentos destinados ao consumo (KITOUS et al. 2009). Por esse motivo, a dosagem de componentes ativos por hectare vem sendo reduzida drasticamente.

A busca por novos materiais capazes de imobilizar e/ou pré-concentrar agroquímicos é de grande interesse na atualidade. A presença de pesticidas no solo abaixo dos limites de detecção das técnicas cromatográficas modernas é obstáculo para o manejo adequado do solo (BRANDHUBER et al., 2005; NUNES et al., 2005). Uma alternativa seria a adsorção de herbicidas em vários adsorventes naturais, tais como, argila, bentonita, lignina, calcita, caulinita e sílica biogênica (AYRANCI et al., 2004).

Estudos recentes sobre a caracterização de silicatos mostram o potencial de aplicação da sílica biogênica ou fibra natural de sílica amorfa, produzida a partir de um mineral chamado espongiolito ou espongilito (BARRA et al., 2006). No Brasil, a sílica biogênica é encontrada em ambientes lacustres não-perenes no sudoeste de Minas gerais, sul de Goiás, nordeste de Mato Grosso do Sul, São Paulo e Bahia (SANTOS et al., 2002).

A sílica biogênica consiste essencialmente de agulhas de silício (espículas) dotadas de um microtúbulo axial, estruturadas a partir do esqueleto de esponjas e microorganismos relacionados, acompanhado de talcos, quartzo, mica e material orgânico, como mostrado na Figura 2 (MELNIKOV et al., 2003). Propriedades como baixa densidade, baixo custo de processamento, elevada resistência a tração e elevado módulo de elasticidade tornam este material atraente (BARRA et al., 2006; MARTINS et al., 2008).

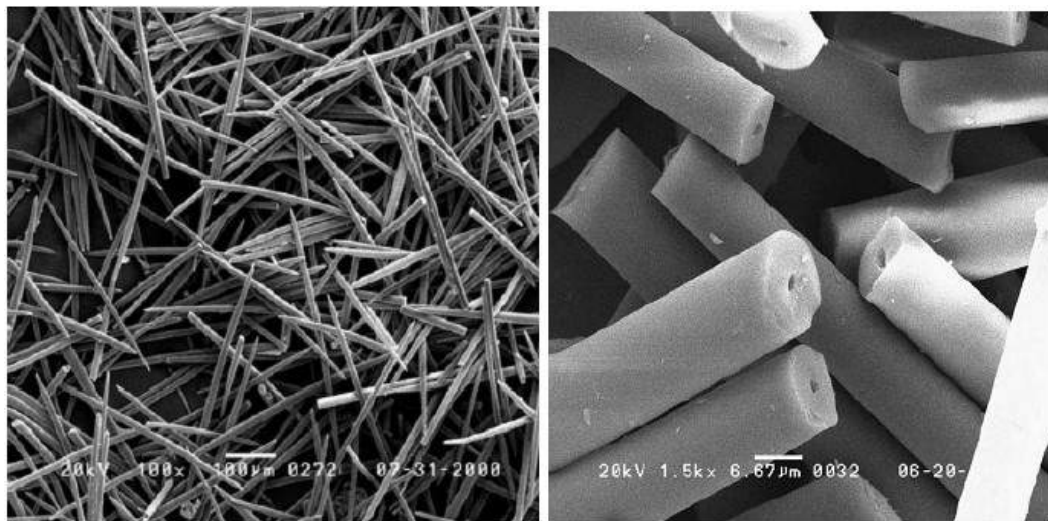


Figura 2 - Micrografias eletrônicas de varredura de sílica biogênica (espículas)

Fonte: Melnikov (2003).

A adsorção é um método usual na remoção de compostos orgânicos, agroquímicos e metais pesados, cuja a remoção se torna difícil por processos de tratamentos convencionais. O estudo do potencial de adsorção da sílica biogênica para pré-concentração de herbicida metribuzin ainda não foi descrito em literatura e necessita ser elucidado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Metribuzin ($C_8H_{14}N_4OS$, $MM = 214,29 \text{ g mol}^{-1}$) $\lambda_{\text{máx}} = 294 \text{ nm}$.

Todos os produtos químicos utilizados neste trabalho apresentam grau de pureza analítica. Todas as soluções utilizadas nas experiências foram obtidas por diluições sucessivas com água deionizada com médias de condutividade $0,05 \mu\text{S cm}^{-1}$ e resistividade $18,18 \text{ Mohm}\cdot\text{cm}$.

A sílica biogênica, foi encaminhada ao Laboratório de Desenvolvimento de Compostos Bioativos e Soluções Tecnológicas, da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba – MG, onde foram previamente sanitizadas com ácido nítrico (HNO_3) $0,001 \text{ mol L}^{-1}$ através da relação volume/massa (v/m) de 5:1, durante 15 minutos sob agitação. A suspensão foi centrifugada durante 2 minutos a 2500 rpm. O sobrenadante foi removido e uma nova limpeza foi realizada nas mesmas proporções para a eliminação do ácido. Após nova centrifugação, o

sobrenadante foi removido e a sílica biogênica foi seca em estufa a 60°C durante 24 horas e acondicionada em um frasco limpo e seco com tampa.

Uma curva analítica foi obtida através de diluições empregando-se as concentrações entre 0,1 a 1,4 ppm do Metribuzin (PESTANAL[®]) a partir de uma solução de 10 ppm. As leituras de absorvância foram realizadas em um espectrofotômetro de absorção molecular na região do UV-Visível (Shimadzu), em um comprimento de de 294 nm.

2.1. Caracterização da sílica biogênica

2.1.1. Difração de Raios X no Pó

Na análise de DRXP, as amostras foram previamente maceradas em um almofariz de ágata, após a uniformização das partículas, aproximadamente 0,5 g serão colocados em um porta amostra de alumínio. Os parâmetros de célula unitária e a cristalinidade das amostras da sílica biogênica, foi determinada por meio de uma velocidade de varredura reduzida, com um passo de 0,02° a cada 1,2 s, com faixa de varredura (2θ) foi de 4 a 70° em um difratômetro de raios X no pó Shimadzu XD-6000, que utiliza como monocromador um cristal de grafite para selecionar a região de emissão do Cu- α_1 , com comprimento de onda de 1,5406 Å.

2.1.2 Espectrofotometria de Absorção Molecular na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR)

As análises de FT-IR foram conduzidas em um aparelho Jasco 4100 com acessório de ATR (Refletância total acentuada). Os espectros foram obtidos com 256 varreduras, com resolução de 4 cm^{-1} em uma faixa de comprimento de onda de 4000 a 400 cm^{-1} .

2.1.3. Determinação da área superficial específica (SBET)

A área superficial da sílica biogênica foi determinada com auxílio do equipamento ASAP 2000 (Micromeritics). O gás utilizado foi o N_2 e os dados de pressão de vapor foram ajustados pelo modelo BET. A partir da isoterma foi determinada a área específica, a mediana do diâmetro e o volume máximo dos poros da sílica biogênica (utilizando o método Brunauer-Emmett-Teller (BET)).

2.2. Isotermas de Adsorção

2.2.1. Obtenção da isoterma de adsorção

O processo foi realizado conforme método proposto por Oliveira (2012). Para isso, soluções estoque foram previamente preparadas pela dissolução do herbicida metribuzin ($C_8H_{14}N_4OS$, $MM = 214,29 \text{ g mol}^{-1}$) em água deionizada seguida de diluições em série. De 45 a 50 mg de sílica biogênica foram introduzidas em frascos de vidro com tampa rosqueável de 15 mL. Em seguida, 10 mL de solução aquosa do metribuzin com diferentes concentrações iniciais, C_0 (entre 0,1 a 1,4 mg L⁻¹) foram adicionadas aos frascos. Os frascos foram agitados por 30 segundos, para que toda a sílica entrasse em contato com o herbicida, e acondicionados por 24 horas em banho ultratermostático, em três temperaturas diferentes. Uma alíquota foi retirada do sobrenadante após decantação da sílica biogênica, sendo a absorvância relativa ao adsorvato determinada por espectrofotometria de absorção molecular na região do UV-Visível. A partir da absorvância lida, obteve-se com o auxílio de curva analítica e através da lei de Lambert Beer, a concentração do adsorvato no sobrenadante na condição de equilíbrio termodinâmico (C_e).

A isoterma de adsorção foi obtida a partir de experimento em batelada, por meio de frascos de vidro de 15 mL fechados com tampas rosqueadas. Foram adicionados 10 mL de solução de metribuzin em concentrações iniciais - C_0 (entre 0,1 a 1,4 mg L⁻¹) - pré-definidas a 50 mg de sílica biogênica previamente pesados. As suspensões foram agitadas e, em seguida, acondicionadas em um banho ultratermostático, a temperatura de 25°C. Após 24h, os frascos foram retirados do banho e alíquota do sobrenadante foi recolhida para análise em espectrofotometria de absorção molecular (UV-VIS), a partir da absorvância lida, obteve-se através da lei de Lambert Beer, a concentração do adsorbato no sobrenadante na condição de equilíbrio termodinâmico (C_e).

A quantidade de composto adsorvido pelo adsorvente no equilíbrio foi calculada conforme a equação (1) abaixo:

$$qe = \frac{C_0 + C_e}{m} * V \quad (1)$$

Sendo qe a quantidade de adsorvato adsorvido (mg g^{-1}), C_0 a concentração inicial do adsorvato em solução (mg L^{-1}), C_e a concentração do adsorvato no equilíbrio (mg L^{-1}), V o volume da solução (L) e m a massa do adsorvente (g).

Os modelos de isoterma de Langmuir e Freundlich foram adequados aos dados experimentais, usando equações linearizadas a partir de (2) e (3), respectivamente (FREUNDLICH, 1906; LANGMUIR, 1918; FANG et al., 2014).

A equação (2) expressa o modelo da isoterma de Langmuir:

$$q_e = \frac{q_{max}K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (2)$$

Onde, C_e representa a concentração do metribuzin em equilíbrio (mg L^{-1}), q_e é a quantidade de metribuzin (mg g^{-1}), $K_L (\text{L} \cdot \text{mg}^{-1})$ e q_{max} (mg g^{-1}) são constantes relacionadas com a energia de adsorção e com a capacidade de adsorção máxima de monocamada, respectivamente.

A equação (3) descreve o modelo da isoterma de Freundlich:

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (3)$$

onde, q_e é a quantidade adsorvida no equilíbrio por grama do adsorvente ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), C_e é a concentração do soluto no equilíbrio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), k_F ($\text{mg}^{(1-1/n)} \text{mL}^{(1/n)} \text{g}^{-1}$) e n são constantes de Freundlich que relatam a capacidade de adsorção e a intensidade da adsorção, respectivamente.

2.3. Estudo Termodinâmico

2.3.1. Determinação de $\Delta_{ads}G^\circ$

A relação entre a energia de Gibbs padrão de um processo de adsorção e sua constante de equilíbrio é dada pela equação (4):

$$\Delta_{ads}G^\circ = -RT \ln K_{ads}^\circ \quad (4)$$

Sendo R a constante universal dos gases, T a temperatura dada em Kelvin e K_{ads}° é a constante de equilíbrio do processo de adsorção.

2.3.2. Determinação de $\Delta_{ads}H^\circ$

A variação da entalpia padrão de adsorção ($\Delta_{ads}H^\circ$) pode ser obtida a partir de uma relação linear, na qual a inclinação da reta proveniente da regressão linear do gráfico de $\ln K_{ads}^\circ$ versus o inverso da temperatura em Kelvin ($1/T$) possibilita determinar essa grandeza.

$$\ln K_{ads}^\circ = -\frac{\Delta_{ads}H^\circ}{RT} + \frac{\Delta_{ads}S^\circ}{R} \quad (5)$$

A equação de Vant' Hoff estabelece a relação entre a constante de equilíbrio (K_{ads}°), a entropia ($\Delta_{ads}S^\circ$) e a entalpia ($\Delta_{ads}H^\circ$) de adsorção através da combinação das equações (4) e (5), resultando na equação (6):

$$\frac{\ln K^\circ(T_2)}{\ln K^\circ(T_1)} \approx \frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (6)$$

2.3.3. Determinação de $\Delta_{ads}S^\circ$

A variação de entropia padrão de adsorção é determinada a partir da equação de Gibbs-Helmholtz dada pela equação (7):

$$\Delta_{ads}G^\circ = \Delta_{ads}H^\circ - T\Delta_{ads}S^\circ \quad (7)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da sílica biogênica

O DRXP para a sílica biogênica é apresentado na Figura 3, a indexação dos picos comprova a presença de quartzo (PEREIRA et al., 2013). O valor de espaçamento basal do material foi determinado por meio da equação de Bragg ($n \lambda = 2d_{hkl} \text{Sen } \theta$) e apresentado na Tabela 1.

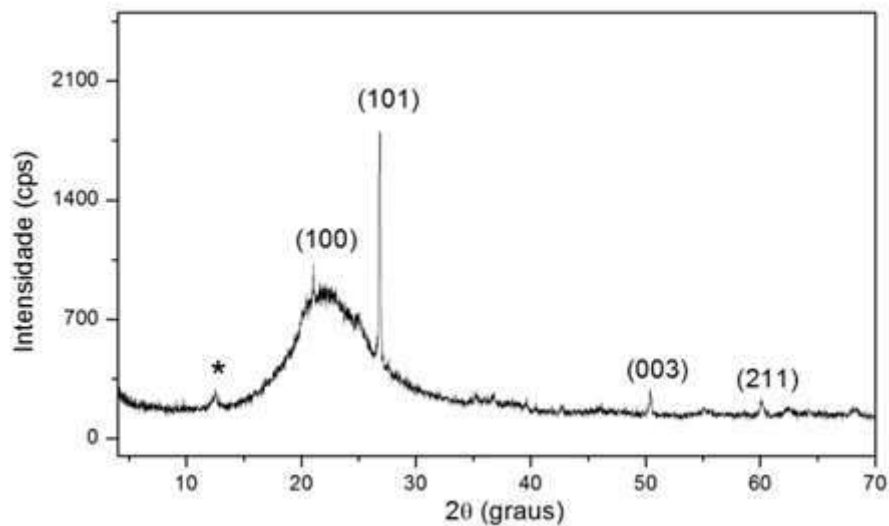


Figura 3 - DRXP para a sílica biogênica que mostra picos derivados a partir do padrão em comparação com o JCPDS número padrão normal 46-1045.

Pode-se observar um alargamento da configuração Si-O-Si (fase quartzada) no difratograma entre os picos basais (100) e (101), o pico (100) é tão intenso que extrapola o perfil quando comparado ao padrão usual do equipamento em relação ao difratograma, permitindo dizer que o quartzo presente na sílica biogênica possui um alto teor de pureza. Os outros picos (003) e (211) para 2θ iguais a 50,62 e 50,96, respectivamente também se referem ao quartzo presente no sólido.

O pico basal representado no difratograma pela simbologia do asterisco (*) não foi identificado, uma vez que não se obteve uma relação com o padrão utilizado para a identificação dos picos.

Tabela 1 - Valores de espaçamento basal para a sílica.

	Picos Basais	Espaçamento basal d (Å)
Sílica biogênica	100	4,25
	101	3,34
	003	1,82
	211	1,54

Corroborando com estes resultados estão as análises de FT-IR, descritas a seguir.

Os espectros de FT-IR para a sílica biogênica apresentam características de quartzo, são apresentados na Figura 4. Para a sílica biogênica pode-se notar a presença de uma banda de baixa intensidade em 1036 cm^{-1} correspondente ao modo óptico transversal do estiramento assimétrico, ν_{as} , da ligação Si-O-Si. A banda de maior intensidade em 793 cm^{-1} está relacionada ao estiramento simétrico, ν_s , da mesma ligação, enquanto a banda de 420 cm^{-1} de menor intensidade está relacionada a vibração de deformação da ligação Si-O-Si. Além disso, verifica-se o pico de estiramento do silanol (SiOH) residual, um pico de alta intensidade situado a 906 cm^{-1} (GORAIEB et al., 2013).

Isoterma de adsorção de N_2 BET foi realizada para a sílica biogênica. Os resultados mostraram uma área superficial de $5,54\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$, uma mediana do diâmetro de $16,84\text{ Å}$ e um volume máximo do poro de $0,0041\text{ cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$ a pressão relativa de $0,63\text{ atm}$, caracterizando a sílica biogênica como um sólido microporoso. As propriedades físicas como porosidade e o volume são importantes para determinar a capacidade de adsorção do adsorvente, onde quanto maior a área específica melhor é a capacidade de adsorção (GUELFY et al., 2007). Segundo Oliveira

(2012), os MWCNTs, apresentaram ter área superficial igual a $188\text{m}^2.\text{g}^{-1}$, sendo assim ao comparado a outros adsorventes como o MWCNTs podemos inferir que a sílica biogênica não é um material precursor para utilização como fase sólida para cromatografia.

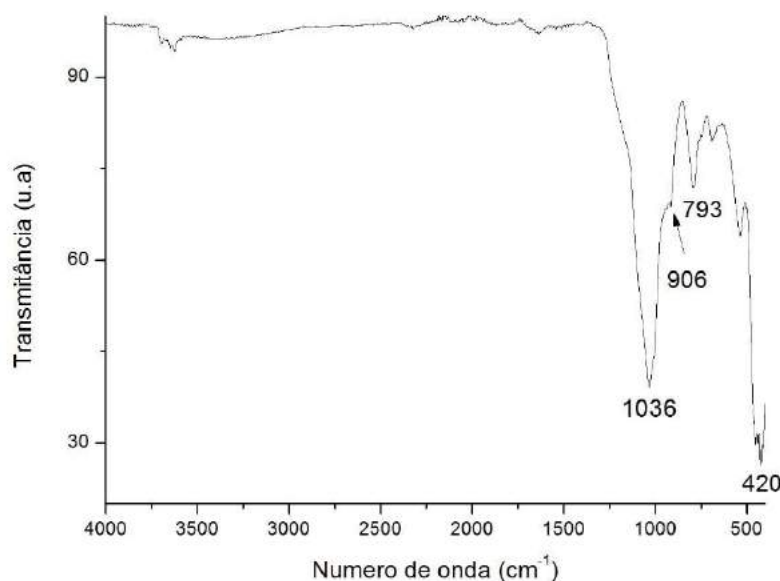


Figura 4 - Espectros FTIR/ATR para a sílica biogênica

3.2 Adsorção de metribuzin em sílica biogênica

A adsorção é um fenômeno de superfície decorrente da acumulação de moléculas de uma substância presente em uma fase fluída (gasosa ou líquida) sobre uma interface sólida (MANGUEIRA et al., 2014). O adsorvente é o material no qual ocorre a adsorção, já o adsorvato é a substância adsorvida, experimentalmente a sílica biogênica e o metribuzin, respectivamente.

A relação gráfica entre a quantidade adsorvida de adsorvato (mg g^{-1}) em razão da concentração do adsorvato no equilíbrio (mg L^{-1}) à temperatura constante é comumente chamada de isoterma de adsorção.

As isotermas de adsorção de metribuzin em sílica biogênica e os parâmetros obtidos pelos modelos de isotermas Langmuir e Freundlich para a adsorção do metribuzin, assim como

seus respectivos coeficientes de correlação estão apresentadas na Figura 5 e Tabelas 2 e 3, respectivamente.

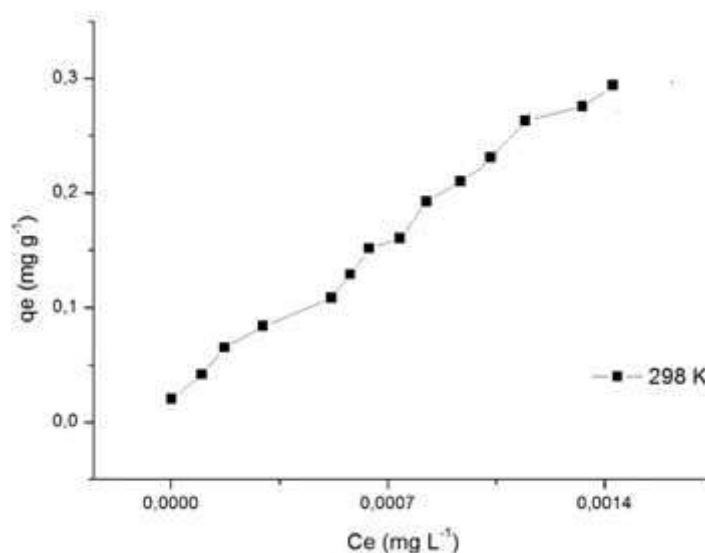


Figura 5 - Isotermas de adsorção de metribuzin em sílica biogênica.

Tabela 2 - Parâmetros de Langmuir para adsorção em sílica biogênica a 298K.

LANGMUIR				
	$q_{\max}/\text{mg g}^{-1}$	$K_L/\text{g mg}^{-1}$	Equação Linear	R^2
Metribuzin	0,17	3299,31	$C_e/q_e = 5,83977C_e + 0,00177$	0,99

Tabela 3 - Parâmetros de Freundlich para adsorção em sílica biogênica a 298K.

FREUNDLICH				
	K_F $\text{mg}^{(1-1/n)} \text{mL}^{(1/n)} \text{g}^{-1}$	$1/n$	Equação Linear	R^2
Metribuzin	8,46	0,57	$\ln q_e = 0,5711 \ln C_e + 2,13541$	0,97

O modelo de isoterma de Langmuir propõe que cada molécula de adsorbato ocupe um único sítio não havendo interação entre as moléculas adsorvidas, uma vez que o adsorvente possui sítios ativos idênticos.

As equações de Langmuir e Freundlich podem ser ajustadas aos dados por regressão linear utilizando as suas formas linearizadas da seguinte forma:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max}} C_e + \frac{1}{K_L q_{max}} \quad (4.1)$$

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (4.2)$$

O gráfico de $\ln q_e$ em função de $\ln C_e$ é uma reta com interseção igual a $\ln K_F$ e inclinação igual a $\frac{1}{n}$ permite determinar a constante de Freundlich. Já a constante de Langmuir pode ser determinada através do gráfico de $\frac{C_e}{q_e}$ versus C_e (OLIVEIRA, 2012).

Quando a inclinação $\frac{1}{n} = 1$, a partição entre as duas fases independe da concentração; se $\frac{1}{n} < 1$, corresponde a uma isoterma do tipo L de Langmuir, indicando uma interação forte entre o adsorbato e o adsorvente como pode ser observado na Tabela 3. Quando $\frac{1}{n} > 1,0$ indica interação forte entre as moléculas do adsorbato. Quanto maior o valor de K_F maior a capacidade de adsorção (MARTINS et al., 2008).

O ajuste dos dados por meio das equações de Langmuir e de Freundlich da adsorção de metribuzin em sílica biogênica a 298 K, pela forma original das isotermas, foram satisfatórios, com elevados coeficientes de determinação, superiores a 0,95. Entretanto, pelo valor de R^2 , notou-se maior adequação da isoterma de Langmuir com quantidade adsorvida máxima foi de 0,17 mg g⁻¹.

3.3. Estudo Termodinâmico

Os valores determinados experimentalmente das propriedades termodinâmicas são listados na Tabela 4. O valor negativo para $\Delta_{\text{ads}}G^\circ < 0$ indica que a adsorção de metribuzin em sílica biogênica é espontânea e exotérmica para a faixa de temperatura estudada, ou seja, entalpicamente dirigida.

Tabela 4 - Propriedades termodinâmicas obtidas para a adsorção do herbicida metribuzin.

Temperatura	$\Delta_{\text{ads}}G^\circ$, kJ mol ⁻¹	$\Delta_{\text{ads}}H^\circ$, kJ mol ⁻¹	$T\Delta_{\text{ads}}S^\circ$, kJ mol ⁻¹
298 K	-15,33	-80,29	-64,96

O processo de adsorção é de natureza química (quimissorção), havendo uma interação química entre o adsorvente e adsorvato, com possibilidade de transferência de elétrons, equivalente à formação de ligações químicas (ATKINS, 1999).

O valor de $T\Delta_{\text{ads}}S$ negativo indica que o sistema realizou uma diminuição no número de configurações prováveis para os componentes do sistema água-sílica-metribuzin durante a adsorção, ou seja, o sistema sofre uma redução de probabilidade no número de configurações que podem ser atribuídas a ele a temperaturas de 298 K.

4. CONCLUSÃO

A sílica biogênica possui área superficial específica baixa (5,54 m² g⁻¹), caracterizando-se como sólido microporoso com baixo poder de adsorção, não favorecendo a sua utilização como fase sólida para cromatografia, tal como se apresenta após lavagem ácida.

Os parâmetros termodinâmicos ($\Delta_{\text{ads}}G^\circ$, $\Delta_{\text{ads}}H^\circ$, $\Delta_{\text{ads}}S^\circ$) mostraram que a adsorção é um processo espontâneo, exotérmico e que o sistema água-sílica-metribuzin realizou uma maior ordenação no estado adsorvido do que em solução. Os dados experimentais, de um modo geral, foram mais bem ajustados aos modelos de isoterma de Langmuir do que o de Freundlich, com uma adsorção máxima de 0,17 mg g⁻¹ de metribuzin.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba (UFV-CRP) pelo apoio estrutural.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, P. W. **Princípios de química**. 3 Edição. Porto Alegre: Bookman, 1999.
- AYRANCI, E.; HODA, N. Studies on removal of metribuzin, bromacil, 2, 4-D and atrazine from water by adsorption on high area carbon cloth. **Journal of Hazardous Materials**, v.112, n. 1, p. 163-168, 2004.
- BARRA, G.M.O.; FREDEL, M.C.; AL-QUERESHI, H.A.; TALOR JR, A.W. Properties of chemically treated natural amorphous silica fibers as polyurethane reinforcement. **Polymer Composites**, v.27, n. 5, p. 582-590, 2006.
- BRANDHUBER, D.; PETERLIK, H.; HÜSING, N. Simultaneous drying and chemical modification of hierarchically organized silica monoliths with organofunctional silanes. **Journal of Materials Chemistry**, v.15, n. 35-36, p. 3896-3902, 2005.
- BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de Julho de 1989. Lei dos Agrotóxicos no Brasil. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7802.htm > Acesso em: 08/12/2016
- EULÁLIO, D. **Hidróxidos duplos lamelares de magnésio e ferro: Estudo da intercalação, adsorção e liberação de fósforo**. 2016. 32 f. Monografia (Graduação em Química) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2016.
- FANG, C.; ZHANG, T.; LI, P.; JIANG, R.F.; WANG, Y.C. Application of magnesium modified corn biochar for phosphorus removal and recovery from swine wastewater. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.11, n. 9, p. 9217-9237, 2014.
- FREUNDLICH, H. Über die adsorption in lösungen. **Zeitschrift für physikalische Chemie**, v.57, n. 1, p. 385-470, 1907.
- GORAIEB, K.; BUENO, M.I.; COLLINS, C.H.; COLLINS, K.E. Preparação, caracterização e aplicação de fases estacionárias tipo C8 modificadas por óxidos metálicos para cromatografia líquida. **Química Nova**, v.36, n.8, p. 1131-1138, 2013.

- GUELF, L.R.; SCHEER, A.P. **Estudo de adsorção para purificação e separação de misturas na indústria petrolífera**. 2007. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2007.
- KITOUS, O.; CHEIKH, A.; LOUNICI, H.; GRIB, H.; PAUSS, A.; MAMERI, N. Application of the electrosorption technique to remove Metribuzin pesticide. **Journal of Hazardous Materials**, v.161, n. 2, p. 1035-1039, 2009.
- LANGMUIR, I. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. **Journal of the American Chemical Society**, v.40, n. 9, p. 1361-1403, 1918.
- MANGUEIRA, E.S.V. **Produção de carvão ativado a partir de endocarpo de coco da baía (*Cocos nucifera*) aplicado ao processo de adsorção do herbicida metribuzin**. 2014. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.
- MARTINS, R.R.; PIRES, A.T.N.; AL-QURESHI, H.A.; BARRA, G.M.O. Estudo da viabilidade de utilização de fibras naturais curtas em matrizes de resina epóxi. **Revista Matéria**, v.13, p. 605–610, 2008.
- MELNIKOV, P.; SANTAGNELLI, S.B.; DOS SANTOS, F.J.; DELBEN, A.A.; DELBEN, J.R.J.; TEIXEIRA, A.L.R. Phosphate functionalization of spongiolite surface. **Materials Chemistry and Physics**, v.82, n. 3, p. 980-983, 2003.
- NUNES, S.C.; DE ZEA BERMUDEZ, V.; CYBINSKA, J.; FERREIRA, R.S.; LEGENDZIEWICZ, J.; CARLOS, L.D.; ROCHA, J. Structure and photoluminescent features of di-amide cross-linked alkylene–siloxane hybrids. **Journal of Materials Chemistry**, v.15, n. 35-36, p. 3876-3886, 2005.
- OLIVEIRA, C.R. **Termodinâmica de adsorção de compostos fenólicos e azocorantes em nanotubos de carbono**. 2012. 57 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2012.
- PEREIRA, P.M.; LEMOS, V.P.; RODRIGUES, E.; FAIAL, K.C.F. Adsorção de molibdato em minerais de argilas naturais e modificadas com ácido sulfúrico, ácido húmico e uréia. **Cerâmica**, v.59, p. 170-180, 2013.
- RILEY, P.; COTTER, J.; CONTIERO, M. **Herbicide tolerance and GM crops: Why the world should be ready to Round Up glyphosate**. Greenpeace Canada, 2011.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de Herbicidas**. 5 Edição. Londrina: Grafmarken Editora Gráfica, p. 373-377, 2005.

DOS SANTOS, F.J.; SIQUEIRA, O.S.; DELBEN, A.A.S.T.; DELBEN, J.R.J.; MELNIKOV, P. Spongolite: a hollow fibrous mineral from Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Clay Minerals**, v.37, n. 2, p. 249-253, 2002.

EXTRATO DE ATEMÓIA PARA CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda*

EXTRACT OF ATEMOIA FOR CONTROL OF *Spodoptera frugiperda*

J. E. R. GORRI¹, N. C. R. COSTA¹, T. C. V. CAMARGOS¹, D. S. REIS² e E. M. SILVA¹

¹Universidade Federal de Viçosa - CRP, Instituto de Ciências Agrárias
E-mail: jessica.rodrigues@ufv.br

PALAVRAS-CHAVE: *Annona atemoya*; fitoinseticida; mortalidade; lagarta-militar.

KEYWORDS: *Annona atemoya*; phytoinsecticide; mortality; military caterpillar.

RESUMO: Diante dos impactos ambientais causados pelo uso incorreto das moléculas sintéticas presentes em agrotóxicos, o interesse por extratos botânicos tem ganhado destaque por serem considerados mais ecológicos. Dessa maneira, objetivou-se avaliar a mortalidade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dieta artificial expostas ao extrato etanólico de sementes de atemóia. Os bioensaios de toxicidade foram conduzidos em placa de Petri, no qual as dietas artificiais foram tratadas com 5 μ de três concentrações da solução do extrato e oferecidas para uma lagarta por placa. Os tratamentos são compostos pelas três concentrações, acetona e dieta pura. Com 24 horas a maior concentração apresentou 81% de mortalidade. No segundo dia todas as concentrações mataram acima de 80% e no terceiro, as duas menores concentrações, atuaram com 99% de mortalidade. O resultado obtido é inovador e apresenta o extrato botânico como um potencial fitoinseticida para o controle de lagartas de *S. frugiperda*.

ABSTRACT: Due to the environmental impacts caused by the incorrect use of the synthetic molecules present in agrochemicals, the interest for botanical extracts has been highlighted because they are considered more ecological. The objective of this study was to evaluate the mortality of *Spodoptera frugiperda* caterpillars fed with artificial diet exposed to the ethanolic extract of atemóia seeds. The toxicity bioassays were conducted in Petri dishes, in which the artificial diets were treated with 5 μ of three concentrations of extract solution and offered to one caterpillar per plate. The treatments are composed of three concentrations, acetone and pure diet. At 24 hours the highest concentration presented 81% mortality. On the second day, all concentrations killed above 80% and in the third, the two lowest concentrations, with 99%

mortality. The result obtained is innovative and presents the botanical extract as a potential phyto-insecticide for the control of *S. frugiperda* caterpillars.

1. INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho-do-milho, *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada uma das principais pragas da cultura do milho (*Zea mays* L.) (DEQUECH et al., 2013). Esta praga possui comportamento altamente polífago e seu ataque em plantas de milho ocorre desde a emergência até o espigamento (PEREZ-ZUBIRI et al., 2016).

O controle com inseticidas sintéticos é o mais utilizado para reduzir a população deste inseto-praga (GHOSH et al., 2012). Entretanto, o uso de moléculas sintéticas para o controle de pragas pode promover o acúmulo de substâncias tóxicas no solo, água e alimentos, além de produzir riscos à saúde humana (ISMAN et al., 2011). Dessa maneira, é necessário a busca por alternativas de controle com menor impacto ambiental.

Diante disso, cresceram as pesquisas com inseticidas botânicos, que podem ser oriundas de extratos de plantas (ISMAN, 2006). A ação inseticida dos extratos botânicos é proporcionada pelos metabólitos secundários (alcaloides, flavonoides, saponinas e terpenoides) produzidos pelas plantas para defesa contra a herbivoria. Esses metabólitos são capazes de inibir o desenvolvimento de insetos, ter características fagodeterrentes (BRUCE E PICKETT, 2011) e repelentes (AKHTAR et al., 2012; ANSANTE et al., 2015).

Os extratos botânicos são considerados ecologicamente mais seguros por serem facilmente biodegradáveis (TUREK E STINTZING, 2013; FERNANDEZ-PEREZ et al., 2015), e de modo geral menos tóxicos aos mamíferos. Outra característica favorável é que uma única planta pode conter vários metabólitos secundários (ISMAN, 2006; MIRESMAILLI & ISMAN, 2014; ISMAN E GRIENEISEN, 2014). Algumas desvantagens ao seu uso podem ser citadas, como a falta de estudos em espécies não-alvo e sua baixa persistência (LENARDIS et al., 2011; RAMPELOTTI-FERREIRA et al., 2017). Além disso, extratos brutos de plantas podem ter utilidade para os agricultores familiares e sistemas de produção orgânica (MUGISHA-KAMATENESI et al., 2008; KARERU et al., 2013).

Recentemente, os estudos sobre fitoquímica e atividade biológica da família Annonaceae estão sendo intensificados devido à presença das acetogeninas, que são uma classe de compostos com ampla atividade biológica (MATSUMOTO et al., 2010), tais como citotóxica, imunossupressora, pesticida, antiparasitária e antimicrobiana (LIMA et al., 2010). Essa família é de origem brasileira e comum no Cerrado, dentre essas espécies, a atemóia *Annona atemoya*, possui dados quimiotaxonômicos que a caracteriza pela presença de alcalóides, flavonóides e terpenóides, principalmente diterpenos (SILVA et al., 2009).

Com a finalidade de observar o efeito inseticida do extrato de atemóia, objetivou-se avaliar a mortalidade de *S. frugiperda* alimentadas com dieta artificial com extrato de sementes de atemóia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba (UFV-CRP). O extrato botânico foi obtido das sementes de plantas atemóia (*Annona atemoya*) coletadas de frutos provenientes de plantio comercial em Rio Paranaíba, MG. As lagartas de segundo instar de *S. frugiperda* foram obtidas a partir de criação no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV-CRP.

Para a obtenção do extrato botânico de atemóia, as sementes foram secas em estufa de circulação forçada a 40°C por um período de até 72 horas. Em seguida, as sementes foram moídas e, posteriormente, o material foi imerso em etanol (C₂H₆O, P.A-ACS 99,5%) por cinco dias na proporção de 60% (m/v de vegetal/solvente). Após esse tempo de imersão, a solução foi filtrada. Na sequência, o solvente da solução foi extraído por meio de evaporador rotativo a 45°C, sob pressão de 600 mm Hg.

O bioensaio de mortalidade foi conduzido em placa de Petri, na qual foi acondicionada uma lagarta de segundo instar por placa e uma porção de dieta artificial de 2 cm². O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, cada tratamento foi constituído de uma porção da dieta artificial que recebeu a aplicação do extrato de atemóia sobre toda a superfície da mesma. Cada tratamento recebeu 5 µl de uma concentração do extrato de atemóia (0,5; 1 e 5%), além disso, a testemunha foi composta da dieta pura e outra testemunha composta da dieta mais o solvente do extrato, no caso a acetona. Para o bioensaio utilizou-se 15 repetições,

sendo que cada uma foi composta de cinco subrepetições. As placas foram mantidas em local com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

A mortalidade dos insetos foi avaliada a cada 24 horas durante três dias, foram consideradas mortas as lagartas que não responderam com movimentos ou contrações peristálticas, quando tocadas com um pincel de ponta fina.

A homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos foram verificadas pelos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente. Para verificar o efeito das concentrações sobre a mortalidade da praga, os dados foram submetidos à análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade. Entretanto, devido à falta de ajuste aos modelos, os dados foram submetidos a ANOVA seguido pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com extratos das sementes da atemóia em *S. frugiperda* demonstram potencial efeito inseticida. Após 24 horas as lagartas alimentarem nas dietas com extrato de atemóia a concentração de 2% (m/v) apresentou 81% de mortalidade, seguido de 52 e 48% das concentrações 1 e 0,5%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Mortalidade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) após consumo de dieta artificial tratada com extrato de *Annona atemoya*.
Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, 2017.

Concentração % (m/v)	Tratamento	Mortalidade (%) ¹		
		24 h	48 h	72 h
0,5	Extrato de <i>Annona atemoya</i>	48 a	84 a	99 a
1	Extrato de <i>Annona atemoya</i>	52 a	99 b	99 a
2	Extrato de <i>Annona atemoya</i>	81 b	88 ab	97 a
0	Testemunha 1 (Dieta artificial)	10 c	10 b	15 b
0	Testemunha 2 (Dieta artificial + Acetona)	30 c	30 b	30 b

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com 48 horas, todas as concentrações apresentaram mortalidade acima de 80%. Já para 72 horas, todas as concentrações apresentaram mortalidades semelhantes acima de 95%. Durante o período experimental não houve diferença significativa entre as duas testemunhas, indicando que o solvente não afeta negativamente as lagartas, nas quais após 72 horas do início do consumo das dietas tratadas pelas lagartas a mortalidade foi de 15 e 30%, para a dieta pura e a tratada com acetona, respectivamente (Tabela 1).

A família Annonacea é uma das mais promissoras fontes de moléculas bioativas em virtude de sua grande diversidade de metabólitos secundários (PINHEIRO et al., 2009). De acordo com Leboeuf et al. (1982), os compostos secundários predominantes na família são alcaloides, polifenóis, óleos essenciais, terpenos, substâncias aromáticas e acetogeninas (LIU, 1999).

As acetogeninas são aleloquímicos que vem despertando interesse em estudos fitoquímicos devido seu potencial bioativo inseticida (MCLAUGHLIN, 1999). Alguns estudos sobre sua atuação no corpo do inseto, demonstraram que essa substância tem efeito na atividade hormonal de lepidópteros (BLESSING et al., 2010). Além disso, é capaz de inibir a produção de ATP no complexo mitocondrial I (NADH ubiquinona oxidoreductase), causando morte celular dos tecidos dos insetos devido a redução na produção de energia e no transporte de elétrons na mitocôndria (LEWIS et al., 1993; ALALI et al., 1999).

Extratos a base de sementes de *A. mucosa* verificou a mortalidade larval de *Helicoverpa armigera* superior a 90% após sete dias da aplicação tópica nas lagartas (SOUZA, 2016). Esta anonácea também demonstrou o efeito do extrato sobre lagartas de quinto instar de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) por ingestão, após 72 horas. A concentração de 2,0% casou 86,6% de mortalidade e também foi observado que lagartas de segundo instar apresentaram deformações e partes necrosadas após a ingestão do extrato (MASSAROLI, 2013). Deformações semelhantes a que é relatada neste trabalho (Figura 1).

Os resultados deste trabalho confirmam o potencial dos extratos de plantas da família Annonaceae como controle alternativo de importantes de uma importante praga agrícola. Embora estudos químicos revelem que a acetogenina é o componente majoritário da família

Annonaceae, a ocorrência de sinergismo com compostos de mesma ou de outras classes não pode ser descartada (SOUZA, 2016).

Portanto, pode-se inferir que *A. atemoya* apresenta potencial para bioprospecção na área de produtos fitossanitários e também para auxiliar a proteção de plantas em agricultura familiar. Um fato que deve ser levado em consideração é a reutilização de sementes que são descartadas de fábricas de sucos e sorvetes (RIBEIRO et al., 2013), que por meio de estudos como este demonstram uma finalidade para voltada para o manejo de pragas.



Figura 1 - Lagartas de *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) de segundo instar 72 horas após ingestão de dieta tratada com extrato de *Annona atemoya*. (A) - Concentração de extrato de 0,5%; (B) - Concentração de extrato de 1%; (C) -Concentração de extrato de 2%; (D) - Testemunha 2: dieta artificial + acetona; (E) - Testemunha 1: dieta artificial.

4.CONCLUSÃO

O extrato de sementes de atemóia possui características de ação inseticida e que, mesmo em baixas concentrações, promovem elevadas porcentagens de mortalidade de lagartas de *S. frugiperda*.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo financiamento da pesquisa e a Embrapa Meio Ambiente pelo fornecimento das lagartas.

REFERÊNCIAS

- AHAMMADSAHIB, K.I.; HOLLINGWORTH, R.M.; MCGOVREN, J.P.; HUI, Y.H.; MCLAUGHLIN, J.L. Mode of action of bullatacin: A potent antitumor and pesticidal annonaceous acetogenin. **Life Sciences**, v.53, p. 1113-1120, 1993.
- AKHTAR, Y.L.; PAGES, E.; STEVENS, A.; BRADBURY, R.; CAMARA, C.A.G.; ISMAN, M.B. Effect of chemical complexity of essential oils on feeding deterrence in larvae of the cabbage looper. **Physiological Entomology**, v.37, p. 81-91, 2012.
- ALALI, F. Q.; XI LIU, X.; MCLAUGHLIN, J. L. Annonaceous acetogenins: Recent Progress. **Journal of Natural Products**, v.62, p. 504-540, 1999.
- ANSANTE, T.F.; RIBEIRO, L.P.; BICALHO, K.U.; FERNANDES, J.B.; SILVA, M.F.G.F.; VIEIRA, P.C.; VENDRAMIM, J.D. Secondary metabolites from Neotropical Annonaceae: screening, bioguided fractionation, and toxicity to *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Industrial Crops and Products**, v.74, p. 969-976, 2015.
- BRUCE, T.J.A.; PICKETT, J.A. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects-Finding the right mix. **Phytochemistry**, v.72, p. 1605-1611, 2011.
- DEQUECH, S.T.B.; CAMERA, C.; STURZA, V.S.; RIBEIRO, L.P.; QUERINO, R.B.; PONCIO, S. Population fluctuation of *Spodoptera frugiperda* eggs and natural parasitism by *Trichogramma* in maize. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p. 295-300, 2013.

- FERNANDEZ-PEREZ, M.; FLORES-CEPEDES, F.; DAZA-FERNANDEZ, I.; VIDAL-PENA, F.; VILLAFRANCA-SANCHEZ, M. Lignin and lignosulfonate-based formulations to protect pyrethrins against photodegradation and volatilization. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v.53, p. 13557-13564, 2014.
- GHOSH, A.; CHOWDHURY, N.; CHANDRA, G. Plant extracts as potential mosquito 16 larvicides. **Indian Journal of Medical Research**, v.135, p. 581-598, 2012.
- ISMAN, M.B. A renaissance for botanical insecticides? **Pest Management Science**, v.71, p. 1587-1590, 2016.
- ISMAN, M.B. Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v.51, p. 46-66, 2006.
- ISMAN, M.B.; MIRESMAILLI, S.; MACHIAL, C. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture: industry and consumer products. **Phytochemistry Reviews**, v.10, p. 197-204, 2011.
- KARERU, P.; ROTICH, Z.K.; MAINA, E.W. Use of botanicals and safer insecticides designed in controlling insects: the African case. **Intech**, p. 298-309, 2013.
- LEBOEUF, M.; CAVÉ, A.; BHAAUMIK, P.K.; MUKHERJEE, B.; MUKHERJEE, R. The phytochemistry of the Annonaceae. **Phytochemistry**, v.21, p. 2783-2813, 1982.
- LENARDIS, A.E.; MORVILLO, C.M.; GIL, A.; FUENTE, E.B. Arthropod communities related to different mixtures of oil (*Glycine max* L. Merr.) and essential oil (*Artemisia annua* L.) crops. **Industrial Crops and Products**, v. 34, p.1340–1347, 2011.
- LEWIS, M.A.; ARNASON, J.T.; PHILOGENE, B.J.R.; RUPPRECHT, J.K.; MCLAUGHLIN, J.L. Inhibition of respiration at site I by asimicin, an insecticidal acetogenin of the Pawpaw, *Asimina triloba* (Annonaceae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.45, p. 15-23, 1993.
- LIAW, C.C.; CHANG, F.R.; WU, M.J.; WU, Y.C. A novel constituent from *Rollinia mucosa*, rollicosin, and a new approach to develop annonaceous acetogenins as potential antitumor agents. **Journal of Natural Products**, v.66, p. 279-281, 2003.
- LIMA, J.F.M.; GRÜTZMACHER, A.D.; CUNHA, U.S.; PORTO, M.P.; MARTINS, J.F.S.; DALMAZO, G.O. Ação de inseticidas naturais no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho cultivado em agroecossistema de várzea. **Ciência Rural**, v.38, p.607-613, 2010.

- MASSAROLI, A. **Efeito de extratos de Annonáceas sobre a lagarta falsa medideira *Chrysodeixis includens* (Walker 1857) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2013.
- MATSUMOTO, R.S.; RIBEIRO, J.P.N.; TAKAO, L.K.; LIMA, M.I.S. Allelopathic potential of leaf extract of *Annona glabra* L. (Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n. 3, p. 631-635, 2010.
- MCLAUGHLIN, J.L. The use of biological assays to evaluate botanicals. **Drug Information Journal**, v.32, p. 513-24, 1998.
- MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M.B. Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, v.19, p. 29-35, 2014.
- MUGISHA-KAMATENESI, M; DENG, A.L.; OGENDO, J.O; OMOLO, E.O; MIHALE, M.J.; OTIM, M.; BUYUNGO, J.P; BETT, P.K. Indigenous knowledge of field insect pests 9 and their management around Lake Victoria basin in Uganda. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v.2, p. 342–348, 2008.
- PARRA, J.R.P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico.** Piracicaba: ESALQ/FEALQ, p. 137, 2001.
- PINHEIRO, P. V.; QUINTELA, E. D.; OLIVEIRA, J. P. de; SERAPHIN, J. C. Toxicity of neem oil to *Bemisia tabaci* biotype B nymphs reared on dry bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n. 4, p. 354-360, 2009.
- RAMPELOTTI-FERREIRA, F.T; COELHO JR, A; PARRA, J.R.P; VENDRAMIM, J.D. Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: 27 Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.138, p. 78–82, 2017.
- RIBEIRO, L.D.P.; SANTOS, M.S.; GONÇALVES, G.L.P.; VENDRAMIM, J.D. Toxicity of an acetogenin-based bioinsecticide against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and its parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Florida Entomologist**, v. 98, p. 835-842, 2015.
- RIBEIRO, L.P., VENDRAMIM, J.D., BICALHO, K.U., ANDRADE, M.S., FERNANDES. J.B., MORAL, R.A.; DEMÉTRIO, C.G.B. *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): A promising source of bioactive compounds against *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v.55, p. 6-14, 2013.

- RIBEIRO, L.P.; ZANARDI, O.Z.; VENDRAMIM, J.D.; YAMAMOTO, P.T. Comparative toxicity of an acetogenin-based extract and commercial pesticides against citrus red mite. **Experimental and Applied Acarology**, v.64, p. 87-98, 2014.
- SEFFRIN, R. C.; SHIKANO, I.; AKHTAR, Y.; ISMAN, M. B. Effects of crude seed extracts of *Annona atemoya* and *Annona squamosa* L. against the cabbage looper, *Trichoplusia ni* in the laboratory and greenhouse. **Crop Protection**, v.29, n. 1, p. 20-24, 2010.
- SILVA, A.P.T., PEREIRA, M.J.B.; BENTO, L.F. Extrato metanólico da semente de araticum (*Annona coriacea*) (Mart.) sobre a mortalidade da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, p. 1150-1153, 2007.
- SOUZA, B.H.S de; BOTTEGA, D.B.B.; SILVA, A.G. da; BOIÇA JÚNIOR, A.L. Feeding non-preference by *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera eridania* on tomato genotypes. **Revista Ceres**, v.60, p. 021-029, 2013.
- SOUZA, C.M. **Bioatividade de derivados de Annonaceae sobre *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu, Botucatu, SP, 2016.
- TRINDADE, R.C.P.; LUNA, J.S.; LIMA, M.R.F.; SILVA, P.P.; SANT'ANA, A.E.G. Larvicidal activity and seasonal variation of *Annona muricata* (Annonaceae) extract on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Revista Colombiana de Entomologia**, v.37, p. 223-227, 2011.
- TUREK, C.; STINTZING, F.C. Stability of essential oils: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.12, p. 40-53, 2013.

PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DE MUDAS DE CAFÉ: META-ANÁLISE

COFFEE CHANGE GROWTH PARAMETERS: META-ANALYSIS

F. D. da COGO¹, F. A. B. LOPES², F. R. PIRES³, S. L. S. ALMEIDA⁴ e K. A. CAMPOS⁴

¹Universidade Federal de Viçosa - *Campus Florestal*

²Universidade Federal do Rio de Janeiro - *Campus Seropédica*

³Universidade Federal de Itajubá - *Campus Itajubá*

⁴Instituto Federal do Sul de Minas - *Campus Machado*

E-mail: franciane.cogo@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Esterco bovino; esterco aviário; húmus de minhoca.

KEYWORDS: Bovine manure; cattle dung; Earthworm humus.

RESUMO: *A qualidade das mudas de café é condição obrigatória para o sucesso da lavoura. Este estudo objetivou comparar os parâmetros morfológicos das mudas de cafeeiro produzidas com diferentes materiais orgânicos sob sistema de manejo convencional e orgânico. Foram implantados no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, em viveiro, cinco experimentos que permitiram comparar 10 tratamentos e 75 estudos. Os tratamentos foram constituídos por três cultivares - Mundo Novo, Catuai e Catucaí; duas fontes de adubos orgânicos - aviário e húmus de minhoca em sistema de manejo convencional e orgânico e um controle. Para a avaliação foram coletados os dados dos parâmetros de crescimento das mudas. Os resultados mostram a possibilidade de utilizar materiais orgânicos alternativos para a produção de mudas convencionais e orgânicas de café com qualidade.*

ABSTRACT: *The quality of the coffee seedlings is a mandatory condition for the success of the crop. This study aimed to compare the morphological parameters of coffee tree seedlings produced with different organic materials under conventional and organic management systems. Five experiments were carried out at the Federal Institute of Science and Technology Education of the South of Minas, in the nursery, which allowed comparing 10 treatments and 75 studies. The treatments consisted of three cultivars - Mundo Novo, Catuai and Catucaí; Two sources of organic - fodder and worm humus in conventional and organic management system and one control. For the evaluation the data of the growth parameters were collected.*

The results show the possibility of using alternative organic materials for the production of conventional and organic coffee seedlings with quality.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso da cafeicultura depende diretamente da qualidade das mudas produzidas. Além de sobreviverem às condições adversas encontradas no campo (VALLONE et al., 2010), devem desenvolver-se, formando plantas produtivas (CUNHA et al., 2002), pois permanecem no campo em média 20 anos (REIS E CUNHA, 2010). Também, é necessário produzir mudas que atendam tanto o mercado convencional, quanto o orgânico, para este último existe uma série de normativas que determinam as regras de produção (BRASIL, 2008). Notoriamente, para o investimento em longo prazo e com sistema de produção diferenciados, a formação de mudas saudáveis está diretamente associada ao substrato independente da cultura da perene (CECONI et al., 2006).

O substrato utilizado na formação de mudas de cafeeiro em sacolas de polietileno é composto por terra de subsolo, esterco bovino curtido e fertilizante minerais, e são considerados suficientes para o desenvolvimento da planta (ANDRADE NETO et al., 1999). A escolha destes componentes tem efeito direto no desenvolvimento das mudas de café (VALLONE et al., 2010), uma vez que estes são a fonte primária de nutrientes, água e local de sustentação para a planta (CARNEIRO et al., 1995). O substrato é composto pelas fases sólida, líquida e gasosa, sendo a fase sólida constituída por partículas minerais e orgânicas; a fase líquida consiste na água ou solução do substrato e a fase gasosa é o ar ou a atmosfera do substrato. Estas três fases juntas devem oferecer boas condições físicas, químicas e biológicas, tais como boa aeração, porosidade, capacidade de retenção de umidade, boa granulometria, boa relação entre os tamanhos das partículas, para evitar a segregação dentro do recipiente, pH entre 5,5 a 6,0 e nutrientes essenciais (MÜLLER, 1997).

Os resíduos orgânicos comumente chamados de esterco podem apresentar origens variadas como bovina, aviária ou mesmo húmus de minhoca. Na literatura existem relatos isolados sobre o uso destes materiais como componente do substrato na produção de mudas de cafeeiro (ANDRADE NETO et al., 1999; DIAS et al., 2009; COGO et al., 2011). Aspectos

positivos, como plantas com crescimento aéreo e radicular satisfatório, sem folhas com doenças, foram verificados na presença de esterco bovino no substrato, esta também é a fonte mais tradicional no mercado de produção de mudas (DIAS et al., 2009). Os estercos de origem aviária comparados aos de outros animais, apresentam maior disponibilidade de nutriente, principalmente nitrogênio (CASSOL et al., 2001). Enquanto, que os adubos compostos por húmus de minhoca são em média 70 % mais ricos em nutrientes que os compostos por húmus convencionais e isso contribui com a diversidade de micro-organismos que facilitam a assimilação de nutrientes pelas raízes (LONGO, 1987).

Os resíduos orgânicos adicionados ao substrato contribuem para o desenvolvimento das plantas, sendo estes determinados nas mudas prontas para o plantio no campo, por meio dos aspectos fenotípicos, denominados de morfológicos (GOMES E PAIVA, 2006).

Os parâmetros morfológicos são atributos determinados por mensurações físicas ou visuais, por exemplo, pode ser verificada a altura da parte aérea, o diâmetro do caule e a produção de biomassa que são bons indicadores do desenvolvimento da planta (MELO et al., 1999). As mudas ao saírem do viveiro precisam apresentar condições físicas para assegurar o sucesso do desempenho das mudas após o plantio no campo, evitando o replantio (CARNEIRO, 1995). Nesse sentido, o objetivo deste estudo é comparar os parâmetros morfológicos das mudas produzidas com substratos alternativos aos mesmos parâmetros obtidos quando utilizado o substrato convencional, ambas produzidas em sacolas plásticas, sendo testada a hipótese de que as características de crescimento serão afetadas diferentemente pelo resíduo orgânico utilizado no substrato.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados para a realização desta pesquisa cinco experimentos que permitiram comparar 15 tratamentos e 75 estudos, em todos os experimentos cada variável foi tratada como um estudo. Todos os experimentos foram desenvolvidos no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, em viveiro, localizado nas coordenadas 21° 40' 29" S, e 45° 55' 11" W, com uma altitude média de 820 metros, no município de Machado, MG, Brasil. O clima da região é classificado como Aw - tropical úmido com

inverno frio e seco e verão chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação pluviométrica média anual de 1.801,4 mm e a temperatura média anual de 22°C.

O delineamento utilizado para cada experimento foi do tipo blocos casualizados, com cinco repetições e com quatro mudas por parcela. Os detalhes dos tratamentos com cultivar, material orgânico e sistema de manejo estão apresentados na Tabela 1. A diferença entre sistema de manejo convencional ou orgânico refere-se à fonte de fertilizante mineral utilizada para compor o substrato. Enquanto foram utilizados para o manejo convencional cloreto de potássio 0,5 L/m³ e superfosfato simples 1,5 L/m³; para o manejo orgânico foram utilizados sulfato de potássio 0,5 L/m³ e fosfato natural 1,5 L/m³; estes últimos são produtos autorizados conforme IN-64 (BRASIL, 2008). Cada estudo contou com um controle, cujas mudas foram produzidas com substrato constituído por 700 L/m³ de terra e 300 L/m³ de esterco curtido bovino e a fertilização mineral conforme explicado anteriormente.

Tabela1 – Número de tratamentos, repetições, número de mudas de parcelas, manejo, cultivar, resíduo e dose de cada tratamento e controle.

N. de tratamentos	N. de repetições	N. e mudas por parcela	Manejo	Cultivar	Resíduo	Dose L/m ³
1	5	4	Convencional	Catuaí	Aviário	80
2					Húmus	200
3			Orgânico	Catuaí	Aviário	80
4					Húmus	200
5			Convencional	Mundo Novo	Aviário	80
6					Húmus	200
7			Orgânico	Mundo Novo	Aviário	80
8					Húmus	200
9			Orgânico	Catucaí	Aviário	80
10					Húmus	200
Controle					Bovino	300

As sementes para a produção das mudas foram sementes fornecidas pela Empresa Agropecuária Pesquisa Brasileira de Minas Gerais, de Machado, e semeadas em saquinho de polietileno (20 cm de altura por 10 cm de largura), sendo colocadas duas sementes por

recipiente, a uma profundidade máxima de 1,0 cm, cobrindo-se com 1/2 cm de terra peneirada. Procederam-se às irrigações diárias durante os períodos de germinação das sementes e emergência das plântulas. O desbaste foi realizado quando as plântulas atingiram o estágio de “orelha de onça”, mantidos sob sombrite 50 %, até a aclimação.

Para a realização das avaliações, as plantas foram colhidas e lavadas em água, transportadas para o laboratório, onde foram acondicionadas separadamente em sacos de papel e secas em estufa, a 60°C, até atingirem peso constante. Nas avaliações do desenvolvimento das mudas, foram consideradas: altura da planta (cm); área foliar (cm²) calculada como proposto por Silva et al. (2008); comprimento radicular (cm); diâmetro do caule (mm); PMVA: peso da matéria verde parte área (g); PMVR: peso da matéria verde radicular (g); PMSPA: matéria seca parte aérea (g); PMSR: matéria seca radicular (g).

Tendo em vista o número de experimentos realizados individualmente e de modo a obter o máximo de informação, optou-se por um método estatístico conhecido como meta-análise, pois este permite integrar os resultados de dois ou mais estudos primários (CLARKE E OXMAN, 2001).

Para a avaliação do efeito dos resíduos orgânicos sob as mudas cafeeiras desenvolvidas sob os manejos convencionais e orgânicos, foram coletados os dados médios das variáveis citadas anteriormente. Estas médias foram comparadas tendo em vista a presença (tratamento) e a ausência (controle).

As análises estatísticas foram conduzidas seguindo os critérios de Neyeloff et al. (2012). A análise de qualidade do estudo foi estimada por meio do teste de I^2 - medida de inconsistência (HIGGINS E THOMPSON, 2002), que interpreta a variação entre os estudos (Equação 1), cujos valores variam entre 0 % a 100 %, e se forem obtidos valores negativos, esses são considerados iguais a zero. O valor igual a 0 % indica homogeneidade entre os estudos e valores diferentes de zero revelam a magnitude da heterogeneidade, isto explica a inconsistência entre os resultados dos estudos.

$$I^2 = 100\% \frac{(Q-J+1)}{q} \quad (1)$$

(1) onde Q é a estatística do teste de Cochran e J é o número de estudo.

Após a validação os dados, foram comparados por meio do risco relativo (RR), conforme apresentado na Equação 2. Esta estimativa determina o tamanho do efeito, que sintetiza as diferenças entre grupo experimental e de controle, o que é comparável entre os estudos (HARTUNG et al., 2008). Valores próximos a um evidenciam a chance de resposta dos tratamentos serem iguais ao controle; quanto mais distante do valor unitário mais evidente é a associação entre os tratamentos.

$$RR = \frac{XT}{XC} \quad (2)$$

onde o RR é a razão entre tratamento (XT), variável coletada em cada artigo e o controle (XC).

O modelo de efeito aleatório foi utilizado para estimar a medida de efeito meta-analítica, pois neste modelo considera-se a variação dentro de cada estudo e a variação entre os estudos, apesar das diferenças os estudos estão conectados por meio de uma distribuição de probabilidade, suposta normal (RODRIGUES E ZIEGELMANN, 2010). O modelo de efeitos aleatórios é dado por:

$$A = Y_j = \theta M + \zeta_j + \epsilon_j \quad (3)$$

Onde ϵ_j é o erro aleatório do estudo j , ζ_j é o efeito aleatório de cada estudo j e θM é a medida meta-analítica, calculada como proposto por Demidenko et al. (2012). Para efetivação deste modelo calculou-se o efeito (e), o erro padrão (EP) e o intervalo de confiança (IC) de cada grupo, e individual, para os RR mais distante de 1, conforme Equações 4, 5 e 6, respectivamente. Também foram calculados os pesos individuais de cada um dos estudos (w), equação 7.

$$(w-EP)W \quad EP=1W \quad (5)$$

$$IC = e \pm 1,96 * EP \quad (6) \quad w = \frac{1}{EP^2 + W} \quad (7)$$

Os resultados para as análises individuais foram expressos em gráficos de parcelas florestais (SCHRIGER et al., 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de crescimento das mudas de cafeeiro foram submetidos aos pressupostos de homogeneidade por meio da aplicação do teste de I^2 - medida de inconsistência (HIGGINS E THOMPSON, 2002), que validaram os dados, pois os valores estimados para o teste I^2 variou entre -41,1 e 18,1 indicando que o modelo de efeitos aleatórios é satisfatório para esses dados, assim não existem alterações substanciais entre os estudos analisados, conforme apresentado na Tabela 2. Esta tabela traz também o resumo da meta-análise, que inclui os parâmetros de crescimento avaliados, número de estudos e comparações, grau de liberdade, erro padrão, um teste de efeito individual - risco relativo, estimativa do IC 95 %, teste de heterogeneidade - I^2 para o efeito geral e teste t.

Tabela 2 - Resumo da meta-análise: avaliações de homogeneidade com base no teste I^2 (medida de inconsistência), risco relativo (RR), erro padrão (EP) e intervalo de confiança (IC), para cada grupo de estudo.

Parâmetros de crescimento	N.E	N.C	Gl	I^2	RR	EP	95 % IC	p – valor
Altura da planta	10	20	9	-14	0,91	0,05	[0,82; 1,01]	ns
Área foliar	9	18	8	2,2	0,80	0,06	[0,68; 0,91]	0,007
Comprimento radicular	10	20	9	7,5	0,99	0,03	[0,93; 1,05]	ns
Diâmetro do caule	10	20	9	18,1	1,01	0,29	[0,41; 1,57]	ns
PMSA	7	14	6	-41,4	0,78	0,28	[0,23; 1,32]	ns
PMSR	10	20	9	0	0,90	0,55	[-0,17; 1,97]	0,03
PMVA	10	20	9	16	1,10	0,21	[0,68; 1,52]	ns
PMVR	9	10	8	-21,4	0,88	0,07	[0,75; 1,02]	ns
Total de experiência	75	150						

N.E: número de experiência; N.C: número de comparações; Gl: graus de liberdade; PMSA: peso da matéria seca área; PMSR: peso da matéria seca radicular; PMVA: peso da matéria verde aérea e PMVR: peso da matéria verde radicular.

Os parâmetros de crescimento altura da planta, comprimento radicular, diâmetro do caule, PMSA, PMVA e PMVR não apresentaram diferença significativa quando comparado com o controle, mostrando a similar importância das fontes de material orgânico nas doses testadas para o desenvolvimento da planta no sistema de manejo convencional e orgânico (Tabela 2). Este resultado permitiu verificar com consistência a magnitude dos efeitos das fontes de material orgânico dentro de cada manejo sobre crescimento e desenvolvimento planta de cafeeiro, estes podem ser atribuído a ação direta dos materiais orgânicos nas características físicas, químicas e biológicas do substrato (CASSOL et al., 2001), favorecidos por meio de mecanismos como aumento da disponibilidade de nutriente na rizosfera, maior porosidade, aumento da retenção de água, boa granulometria, boa relação entre os tamanhos das partículas, para evitar a segregação dentro do recipiente, pH entre 5,5 a 6,0 e conseqüente aumento na capacidade absorviva da raiz, modificações fisiológicas e morfológicas na planta de cafeeiro (MÜLLER, 1997; LOPES et al., 2005).

O tamanho do efeito foi diferente de um, com teste t significativo para área foliar e PMSR, quando comparados com os demais parâmetros de crescimento. Tal resultado também indicou o efeito do material orgânico sobre os parâmetros de crescimento das mudas de cafeeiro, ao longo dos 19 estudos, por isso foram selecionadas para análise de efeitos individuais com finalidade de identificar a fonte que promoveu a diferença (Tabela 2). Este resultado foi demonstrado, de forma concisa, por meio dos gráficos de parcelas florestais, quando a linha horizontal não encostou na linha vertical tracejada (tendência central), indicando qual direção favoreceu um grupo ou outro. Na mesma tabela também é possível confirmar este resultado comparando os valores entre tratamento e controle (Tabela 3 e 4).

Tabela 3 - Risco relativo (RR), intervalo de confiança (IC), erro padrão (EP), peso individual e gráfico de parcelas florestais para peso da matéria seca radicular (PMSR) em mudas de café.

Trat	M	CV	Resíduo	Tratamento	Controle	95% IC	EP	RR	Peso	Gráfico de parcelas florestais
				g planta ⁻¹		PMSR I ² = 0				
10	C	Ca	A	0,10	0,25	[3,83; 2,80]	2,00	0,38	4,46	
9	C	Ca	H	0,31	0,25	[4,36; 5,61]	2,00	1,24	14,5	
8	O	Ca	A	0,15	0,22	[1,66; 4,06]	2,12	0,67	7,83	
7	O	Ca	H	0,14	0,22	[1,63; 3,83]	2,12	0,61	7,10	
6	C	Mn	A	0,17	0,23	[1,74; 4,35]	2,11	0,76	8,86	
5	C	Mn	H	0,25	0,23	[1,78; 5,47]	2,11	1,11	13,0	
4	O	Mn	A	0,70	1,10	[2,10; 2,12]	0,95	0,64	7,46	
3	O	Mn	H	0,87	1,10	[2,14; 2,45]	0,95	0,79	9,3	
2	O	Ct	A	0,15	0,18	[4,45; 5,09]	2,39	0,83	9,71	
1	O	Ct	H	0,27	0,18	[5,51; 7,28]	2,39	1,51	17,8	

CV: cultivar; C: convencional; O: orgânico; Trat.: tratamento; M: Manejo; A: aviário; Húmus de minhoca; Ca: Catuaí, Mn: Mundo Novo e Ct: Catucaí.

Neste estudo tornou-se possível verificar que o uso do esterco aviário na dose testada para o manejo convencional e orgânico promoveu o menor crescimento das plantas de café comparadas ao controle fertilizado com esterco bovino (Tabela 3). O resultado encontrado para o uso do esterco aviário contraria o relatado pela literatura que, em geral, atribui ao esterco de origem aviária a maior disponibilidade de nutriente, principalmente nitrogênio comparada ao de outros animais e conseqüente maior desenvolvimento e crescimento das plantas (CASSOL et al., 2001), talvez a dose utilizada neste estudo não foi a suficiente para promover o crescimento esperado das plantas de café. Apesar, desse resultado negativo, atenção deve ser dada ao uso de esterco aviário por se mostrar eficiente como fonte nutriente para as plantas em outros estudos (CASSOL et al., 2001).

Tabela 4 - Risco relativo (RR), intervalo de confiança (IC), erro padrão (EP), peso individual e gráfico de parcelas florestais para área foliar em mudas de café.

Trat	M	CV	Resíduo	Trat	Controle	95% IC	EP	RR	Peso	Gráfico de parcelas florestais
					g planta ⁻¹					
Área foliar I ² = 2,2										
9	C	Ca	A	425	776	[16,5; 0,60]	0,03	0,55	30,3	
8	C	Ca	H	1129	1425	[13,5; 0,84]	0,02	0,79	30,8	
7	O	Ca	A	1203	1425	[11,5; 0,89]	0,02	0,84	30,8	
6	O	Ca	H	1325	2443	[10,5; 0,57]	0,01	0,88	31,1	
5	C	Mn	A	2066	2443	[8,49; 0,88]	0,02	0,85	31,1	
4	C	Mn	H	2145	2998	[7,49; 0,75]	0,02	0,72	31,2	
3	O	Mn	A	2431	2998	[5,49; 0,84]	0,02	0,81	31,2	
2	O	Mn	H	1431	2511	[4,49; 0,60]	0,02	0,57	31,1	
1	O	Ct	A	2916	2511	[2,49; 1,20]	0,02	1,16	31,1	

CV: cultivar; C: convencional; O: orgânico; Trat.: tratamento; M: Manejo; A: aviário; Húmus de minhoca; Ca: Catuaí, Mn: Mundo Novo e Ct: Catucaí.

O uso do húmus de minhoca promoveu melhor desenvolvimento do PMSR e área foliar comparado com o uso do esterco bovino, exceto para o cultivar Mundo Novo sob manejo orgânico. O melhor resultado deste material orgânico é atribuído a sua riqueza em elementos essenciais, em média 70 % mais rico que os húmus convencionais e também permitem aumento da quantidade de micro-organismos que facilitam a assimilação dos nutrientes pelas raízes, permitindo que estas cresçam mais resistentes e fortes (LONGO, 1987).

Os parâmetros morfológicos avaliados são de grande importância para avaliação da qualidade das mudas. A parte aérea elucida a rusticidade de uma muda e parte radicular é considerado um dos melhores parâmetros para se estimar o desenvolvimento inicial e sobrevivência e das mudas no campo (GOMES et al., 2002). Nesse sentido, os resultados demonstraram que os materiais orgânicos alternativos utilizados nas doses deste estudo, da mesma forma que o esterco bovino utilizado tradicionalmente na composição do substrato para a produção de mudas de café, apresentou potencial como matéria orgânica para compor o

substrato. Este por sua vez, contribuirá com as características físicas, químicas e biológicas do substrato que servirá como suporte e fonte de nutrientes para a planta de café, de modo a criar um ambiente adequado para o desenvolvimento das raízes e da planta como um todo. Além disso, o substrato acompanhará a muda para o campo e será a fonte principal de nutriente para as novas raízes laterais, que são estimuladas após o corte da raiz pivotante, que inibe a dominância apical, quando se corta o recipiente em que é produzida a muda para evitar o chamado “pião-torto” no momento do plantio (GOMES E PAIVA, 2006).

Este resultado confirma a possibilidade do uso de materiais orgânicos alternativos para a produção de mudas de café, demonstrando que as mudas produzidas sob as doses testadas estão aptas a sobreviverem às condições adversas encontradas no campo (VALLONE et al., 2010), podendo desenvolver-se, formando plantas produtivas (CUNHA et al., 2002). E ainda, a escolha destes componentes, tem efeito direto no desenvolvimento das mudas de café (VALLONE et al., 2010), uma vez que este é a fonte primária de nutrientes, água e local de sustentação para a planta (CARNEIRO et al., 1995). A possibilidade da utilização mais de uma fonte de resíduo orgânico é significativa para os viveristas. Este resultado torna-se ainda mais importante quando se trata de produção mudas nas propriedades rurais, haja vista que as áreas de produção de muda, geralmente são pertencentes às pequenas propriedades agrícolas e dentro desta, em geral existem outras atividades que produzem resíduos, como a bovinocultura e produção de aves. É notável, que a possibilidade de utilizar mais de uma fonte de resíduo para a fertilização do substrato, é um incremento relevante para os produtores de mudas de café.

4. CONCLUSÕES

A análise global proporcionada pela meta-análise demonstra que fontes de material orgânico nas doses testadas não influenciam os parâmetros de crescimento altura da planta, comprimento radicular, diâmetro do caule, PMSA, PMVA e PMVR, quando comparado ao controle.

O esterco aviário gera menores valores para área foliar e o PMSR, comparados ao esterco bovino.

Os resultados mostram que existe a possibilidade de utilização de materiais orgânicos alternativos para a produção de mudas tanto em manejo convencional quanto em manejo orgânico com qualidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, *Campus Machado*, pela ajuda na condução experimental e à Cooperativa dos Alunos desse Instituto - COETAGRI, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE NETO, A. de; MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, P.T.G. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.2, p. 270-280, 1999.
- BRASIL. **Instrução Normativa nº 64. de 18 de dezembro de 2008**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo. Brasília, DF. 19 dez. 2008. Seção 1. p. 21-26.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451p.
- CASSOL, P.C.; PRIMAVESI GIANELLO, C.; COSTA, V.E.U. Fração de fósforo em estrumes e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.636-644, 2001.
- CECONI, D.E.; POLETTO, I.; BRUN, E.J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Lueheadivaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, v.12, n., p.292-299, 2006.
- CLARKE, M; OXMAN, A.D. **Introduction Cochrane Reviewers Handbook 4.1: The Cochrane Collaboration**, 2001.
- COGO, F.D.; VIEIRA, R.J.; LOPES, F.A.B.; CAMPOS, K.A.; MORAIS, A.R. Crescimento de mudas de diferentes cultivares de cafeeiro em função da fertilização orgânica do substrato. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, p.1-9, 2011.

- CUNHA, R.L.; SOUZA, C.A.S.; NETO, A.A.; MELO, B. Avaliação de substratos e tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.1, p.7-12, 2002.
- DIAS, R.; MELO, B.; RUFINO, M.A.; SILVEIRA, D.L.; MORAIS, T.P. Fontes e proporção de material orgânico para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes, **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.3, p.758-764. 2009.
- GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; LAGES, R.G. Crescimento inicial de cafeeiro com uso de polímero hidrorretentor e diferentes intervalos de rega. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros Florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2006.
- HARTUNG, J.; KANAPP, G.; SINHA, B.K. **Statistical meta-analysis with applications**. v.738 de Série Wiley em Probabilidade e Estatística, 2008. 288p.
- HIGGINS, J.P.; THOMPSON, S.G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. **Stat Medical**, v.21, p.1539-58, 2002.
- LOPES, J. L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C.; SILVA, M.R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, v.68, n.1, p.97-106, 2005.
- LONGO, A.D. Minhoca, de fertilizadora do solo a fonte alimentar. São Paulo: Ícone, 1987. 79p.
- MELO, B. **Estudos sobre a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes**. 1999. 119 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- MÜLLER, M.L. Produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Mundo novo em tubetes. **Revista Unimar**, v.19, n.3, p.777-786, 1997.
- NEYELOFF, J.; FUCHS, S.C.; MOREIRA, L.B. Meta-analyses and Forest plots using a brachiari excel spreadsheet: step-by-step guide focusing on descriptive data analysis. **BioMed Central**, v.5, p.1-6, 2012.
- REIS, P.R.; CUNHA, R.L. **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras, EPAMIG, 2010. 894p.

- RODRIGUES, C.L.; ZIEGELMANN, P.K. Meta-análise: um guia prático: meta-analysis: a practical guide. **Revista do Hospital Clínicas de Porto Alegre**, v.30, n.4, p.435-447, 2010.
- SILVA, A.R.; LEITE, M.T.; FERREIRA, M.C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. **Bioscience Journal**, v.24, n.3, p.66-73, 2008.
- SCHRIGER, D.L.; ALTMAN, D.G.; VETTER, J.A.; HEAFNER, T.; MOHER, D. Forest plots in reports of systematic reviews: a cross-sectional study reviewing current practice. **International Journal of Epidemiology**, v.39, p.421-429, 2010.
- VALLONE, H.S.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.; CUNHA, R.L.; CARVALHO, G.R.; DIAS, F.P. Efeitos de recipientes e substratos utilizados na produção de mudas de cafeeiro no desenvolvimento inicial em casa de vegetação, sob estresse hídrico. **Ciência Agrotecnologia**, v.34, n.2, p.320-328, 2010.

PERFIL FISIOLÓGICO E AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE TRIGO CULTIVADO EM SISTEMA DE SEQUEIRO NO CERRADO

PHYSIOLOGICAL AND AGRONOMIC PROFILE OF WHEAT IN RAINFED CULTIVATION ON CERRADO

M. H. FERREIRA¹, B. H. ROCHA¹, W. R. MACEDO¹ e G. H. SILVA²

¹ Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia.

² Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, Departamento de Ciências Exatas, Programa Multicêntrico em Química
E-mail: miller1henrique2@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros fisiológicos; indicadores de adaptabilidade; sistema de sequeiro.

KEYWORDS: Physiological parameters; indicators of adaptability; rainwater system.

RESUMO: *A região do Cerrado Mineiro apresenta grande potencialidade para incrementar a produção nacional de trigo (*Triticum aestivum* L.), em função dos genótipos adaptados a esse bioma. O objetivo deste trabalho foi avaliar alguns indicadores fisiológicos de adaptabilidade de cinco genótipos de trigo para a região, foram analisados: parâmetros fisiológicos e agronômicos, para cultivo em sistema de sequeiro. Os genótipos utilizados foram: BRS 394, BRS 264, Coodetec CD 151, Coodetec CD 1104 e Biotrigo Sintonia. O delineamento do experimento foi inteiramente casualizado com quatro repetições, na área experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), em Rio Paranaíba, MG. Os genótipos que se destacaram para ganhos nos componentes produtivos foram: 'CD 151', 'Sintonia e 'BRS 264', enquanto os genótipos 'BRS 394' e 'BRS 264' mostraram-se fisiologicamente mais adaptados às condições ambientais do ensaio. Para as avaliações biométricas, 'CD 1104' apresentou a menor distância entre fonte-dreno, caracterizando-o como um material propenso a otimizar translocação de carboidratos ao dreno. Ponderamos que os genótipos da Embrapa são os materiais com características fisiológicas e agronômicas com maior destaque ao cerrado.*

ABSTRACT: *The Cerrado biome present greater potential to increase Brazilian wheat (*Triticum aestivum* L.) production as a function of the genotypes adapted to biome. The*

objective of this work was to evaluate some physiological indicators of adaptability of five wheat genotypes for the region, were analyzed: physiological and agronomic parameters, for cultivation in a rainfed system. The genotypes used were: BRS 394, BRS 264, Coodetec CD 151, Coodetec CD 1104 and Biotrigo Sintonia. The experimental design was completely randomized with four replications, in the experimental area of the Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), in Rio Paranaíba, MG. The genotypes that stood out for gains in the productive components were: 'CD 151', 'Sintonia and' BRS 264 ', while the' BRS 394 'and' BRS 264 'genotypes were physiologically more adapted to the environmental conditions of the trial. For the biometric evaluations, 'CD 1104' presented the shortest distance between source-drain, characterizing it as a material prone to optimize carbohydrate translocation to the drain. We consider that the genotypes of Embrapa are the materials with physiological and agronomic characteristics with great importance for Cerrado.

1. INTRODUÇÃO

O trigo é uma das culturas mais importantes do mundo com ampla adaptação aos diferentes ambientes de cultivo, sendo plantado desde latitudes de 30°S até 60°N e em altitudes superiores a três mil metros (BÖRNER et al., 2005; EGEWARTH et al., 2015). O Brasil não é um país autossuficiente na produção de trigo (*Triticum aestivum* L.), sendo um dos principais importadores dessa commodity (BRUM & HECK, 2005), causando grande retirada de recursos financeiros para esse fim (RIBEIRO et al., 2012).

Na safra de 2014 foram importadas 5.783.030 t do cereal em grão e 246.728 t processado, na forma de farinha, enquanto no ano de 2015, importou-se 5.170.437 t de grãos e 305.906 t de farinha, principalmente dos Estados Unidos e Argentina (CONAB, 2017). Minas Gerais, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do sul e parte do Mato Grosso (regiões do cerrado brasileiro) constituem uma ótima alternativa para a expansão tritícola, tanto em condições de sequeiro, quanto irrigado (COELHO et al., 2011). A busca de novas fronteiras agrícolas é uma alternativa para aumentar a produção brasileira e assim, garantir a autossuficiência (RIBEIRO et al., 2012).

O cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e ocupa cerca de um quarto do território nacional (MAROUELLI, 2003), suas condições edafoclimáticas, permitem o uso de tecnologias avançadas na produção das mais diversas culturas, e especificamente para o trigo fornecem maior qualidade para panificação e ausência de chuvas na colheita. Segundo Coelho et al. (2011) pode ainda ser utilizado como uma excelente alternativa de rotação de culturas na estação de inverno, além do fato de possuir maior rentabilidade que os dois maiores produtores brasileiros Paraná e Rio Grande do Sul.

A área com potencial de cultivo de trigo de sequeiro é bastante extensa, podendo chegar a quatro milhões de hectares na região do Cerrado, no entanto a reduzida disponibilidade de cultivares adaptadas a esse bioma é um dos maiores entraves para se alcançar altas produtividades (RIBEIRO et al., 2012). Assim se torna imprescindível dar atenção a genótipos que possuam maior potencial produtivo e sejam mais adaptados a essa região, como mais uma estratégia para permitir que essa localidade tritícola expresse seu grande potencial. O desenvolvimento de cultivares mais adaptados, resistentes e ou tolerantes aos diversos fatores bióticos e abióticos devem ser objetivos da pesquisa para alcançar a sustentabilidade da triticultura (COELHO et al., 2011).

Em virtude da demanda de tempo dos programas de melhoramento a seleção dos melhores materiais para a região produtora, com base em parâmetros fisiológicos, biométricos e dos componentes produtivos, se mostra uma boa alternativa, refletindo em ganhos de produtividade e incrementos na qualidade do produto colhido. Diante do exposto, objetivamos nesse trabalho reconhecer, através de indicadores fisiológicos e biométricos a adaptabilidade dos genótipos de trigo cultivado em sistema de sequeiro, para a região do Alto Paranaíba no Cerrado Mineiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na área experimental da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), em Rio Paranaíba, MG, cujas coordenadas geográficas são 19° 12' 26'' S e 46° 10' 05'' WO, com 1.140 m de altitude, sendo o experimento implantado no dia 17/04/2017. Foram utilizados cinco genótipos de trigo: CD 151, CD 1104, Biotrigo Sintonia, BRS 264 e BRS 394. Os genótipos pertencem às respectivas empresas: Coodetec, Biotrigo e os dois últimos da Embrapa. O genótipo BRS 264 é

classificado comercialmente como trigo pão e possui ciclo precoce. BRS 394: Trigo melhorador e ciclo precoce. Coodetec CD 105: Trigo básico e ciclo precoce. Coodetec 1104: Trigo melhorador e ciclo médio. Biotrigo Sintonia: Trigo melhorador e ciclo precoce.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada repetição colhida em uma das três fileiras centrais das cinco linhas de dois metros de comprimento plantadas de cada genótipo, espaçadas de 17 cm entre si onde a densidade de semeadura foi de 400 sementes m^{-2} . A adubação foi realizada com base na análise química do solo da área experimental sendo que no plantio utilizou-se o adubo MAP na dose de 300 Kg ha^{-1} e a cobertura com 250 Kg ha^{-1} do formulado 21-00-21. O manejo de plantas daninhas, insetos-pragas e doenças foram realizados conforme a necessidade da cultura com produtos registrados para a mesma.

As análises fotossintéticas estudadas foram: taxa fotossintética (A - $\mu mol m^{-2} s^{-1}$); condutância estomática (g_s - $mol m^{-1} s^{-1}$), transpiração (E - $mol H_2O m^{-2} s^{-1}$), concentração intracelular de CO_2 (C_i - $\mu mol mol^{-1}$), uso eficiente de água intrínseca (A/g_s) e uso eficiente de água instantânea (A/E), 77 dias após a emergência, fixando os horários de análise no período matutino, entre 8:30 e 11:30 h, sob radiação fotossinteticamente ativa de 1500 μmol fótons $m^{-2} s^{-1}$. Para determinar os parâmetros supracitados utilizamos um analisador de gás infravermelho (IRGA) modelo LI-6400XT (LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA). As plantas se encontravam na fase emissão da folha bandeira no período avaliado.

Para as análises biométricas foram mensuradas as seguintes variáveis: altura de plantas (cm), com auxílio de uma trena milimetrada; contagem de perfilhos e perfilhos férteis por planta; distância entre fonte-dreno, dada pela soma entre o comprimento da bainha da folha bandeira e distância entre o nó da folha bandeira e a inserção da espiga, também foi avaliada, com auxílio de régua milimetrada (FIOREZE E RODRIGUES, 2014). A avaliação dos componentes produtivos foi realizada aos 104 dias após o plantio através do levantamento de: espiguetas por planta; n° de grãos por espiguetas e n° de grãos totais.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade com uso do software R versão 3.1.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008). Os dados de pluviosidade foram aferidos durante a condução do experimento (Figura 1).

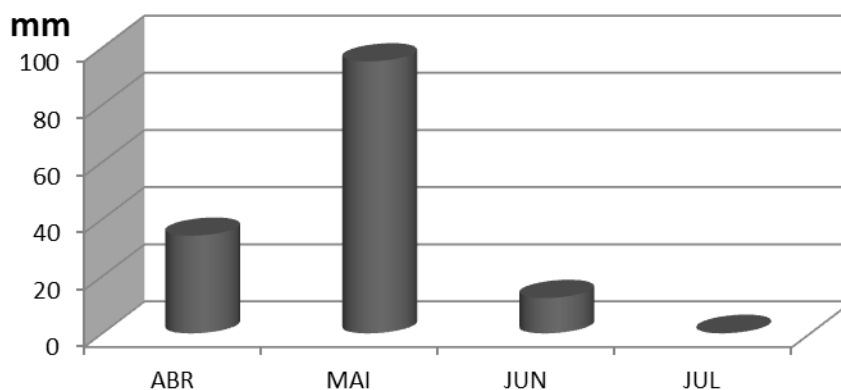


Figura 1 – Pluviosidade ocorrida durante a condução do experimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença entre as médias de altura de plantas, perfilhos totais por planta e perfilhos férteis (Tabela 1). Provavelmente esses resultados foram obtidos devido às condições favoráveis a cultura, principalmente pluviosidade (Figura 1), dessa forma permitindo que todos os genótipos estudados alcançassem respostas semelhantes para estas variáveis. No entanto, para a cultura do trigo, genótipos que possuem um maior número de perfilhos, com a maior parte destes se tornando férteis, aliados a uma menor estatura de plantas, seriam as características mais desejáveis.

Tabela 1- Avaliação das alturas de plantas em cm (AP); distância entre fonte-dreno em cm (DF); perfilhos por planta (PER) e perfilhos férteis (PF) em genótipos de trigo. Rio Paranaíba, MG.

Genótipo	AP	DF	PF	PER
BRS 264	74,25 a	48,38 ab	1,75 a	2,00 a
BRS394	78,00 a	49,13 ab	2,00 a	2,75 a
CD 1104	70,00 a	44,38 b	2,00 a	3,25 a
CD 151	78,50 a	56,38 a	2,50 a	3,75 a

SINTONIA	81,50 a	44 b	2,00 a	2,75 a
CV%	6,86	8,13	39,33	26,71

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Para a avaliação da distância entre fonte-dreno dois genótipos se destacaram sendo eles o Sintonia e CD1104 com as menores médias (Tabela 1). Esse encurtamento da distância entre a fonte e o dreno pode proporcionar aumentos na translocação de carboidratos, resultando em maior produtividade de grãos, além de poder conferir maior tolerância em ambientes de estresse hídrico (FIOREZE E RODRIGUES, 2014). Assim, essa se torna uma característica importante ao se avaliar genótipos de trigo quanto a sua adaptabilidade a determinada região.

Nas avaliações fisiológicas taxa fotossintética (A), condutância estomática (G_s), transpiração (E) e uso eficiente de água intrínseca (A/g_s) não houve diferenças entre as médias (Tabelas 2 e 3). No entanto para a variável concentração interna de CO_2 (C_i) o genótipo Sintonia se destaca com a maior média e o BRS 394 com a menor. Unindo essa informação com os resultados da eficiência de carboxilação (A/C_i), que também mostrou existir diferença entre suas médias, podemos perceber que mesmo o Sintonia possuindo uma maior concentração interna de CO_2 ele não está utilizando com eficiência essas moléculas em comparação com os outros genótipos, obtendo a menor média. Isso significa dizer que um genótipo como o BRS 394 que obteve a maior média para esta variável, está sendo mais eficiente em utilizar as moléculas de CO_2 aportadas na produção de fotoassimilados (Tabela 3).

Tabela 2 - Avaliação de taxa fotossintética ($A - \mu mol m^{-2} s^{-1}$); Concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu mol mol^{-1}$) e Condutância estomática ($G_s - mol m^{-1} s^{-1}$) e Transpiração ($E - mol H_2O m^{-2} s^{-1}$) em genótipos de trigo. Rio Paranaíba, MG.

Genótipo	A	E	G_s	C_i
BRS 264	24,78 a	4,29 a	0,24 a	17,33 ab
BRS 394	23,48 a	3,84 a	0,21 a	15,11 b
CD 1104	22,12 a	4,13 a	0,23 a	19,26 ab
CD 151	15,26 a	3,17 a	0,17 a	20,51 ab
SINTONIA ^A	15,91 a	3,73 a	0,19 a	21,82 a
CV%	29,7	37,9	44,5	15,8

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

O genótipo BRS 394 também apresentou a maior média para uso eficiente de água (*A/E*) (Tabela 2). Esse resultado indica que esse material está perdendo menos moléculas de água para a atmosfera por quantidade de fotoassimilados produzidos, característica essa que pode se tornar de grande relevância em ambientes de estresse hídrico, situação comum na região do cerrado mineiro.

Tabela 3 - Avaliação de uso eficiente de água (*A/E*); Eficiência de carboxilação (*A/Ci*) e Eficiência de uso de água intrínscico (*A/g_s*), em genótipos de trigo. Rio Paranaíba, MG.

Genótipo	<i>A/E</i>	<i>A/Ci</i>	<i>A/g_s</i>
BRS 264	5,94 ab	1,42 a	110,89 a
BRS 394	6,56 a	1,57 a	125,42 a
CD 1104	5,41 ab	1,16 ab	99,83 a
CD 151	4,95 ab	0,74 b	94,18 a
SINTONIA	4,29 b	0,74 b	86,46 a
CV%	15,4	20,1	19,7

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

FERRAZ et al. (2012), estudando variáveis fisiológicas de ecótipos de feijoeiro, também encontraram variações nas trocas gasosas e na eficiência de carboxilação, sendo que o ecótipo G2227 se destacou com as melhores respostas e assim apresentou potencialidade de uso para a região estudada. Isso evidencia o quão importante se torna, por exemplo, a busca por melhores respostas fisiológicas aliadas a altas produtividades em um programa de melhoramento genético, podendo obter maior chance de adaptação aos diferentes ambientes, através do favorecimento de características da fisiologia das plantas como as estudadas no presente trabalho.

Houve diferença em todos os parâmetros dos componentes produtivos avaliados, sendo que para o número de espiguetas por planta (NEP) os materiais CD 151 e Sintonia obtiveram as melhores médias (Tabela 3). O BRS 264 se destacou quanto ao número de grãos por espiguetas (NGE), obtendo o melhor resultado para esta avaliação. E finalmente CD 151 e Sintonia alcançaram as maiores médias de grãos totais por planta (NGT), onde mesmo não

obtendo os maiores valores de NGE, devido ao seu maior NEP em relação aos outros genótipos, explicam as maiores médias obtidas nesta variável por esses dois materiais (Tabela 4).

Tabela 4- Número de espiguetas por planta (NEP); Número de grãos por espiguetas (NGE) e Número de grãos totais (NGT) em genótipos de trigo. Rio Paranaíba, MG.

Genótipo	NEP	NGE	NGT
BRS 264	31,25 b	3,00 a	92,5 ab
BRS 394	29,50 b	2,50 ab	73,8 b
CD 1104	28,50 b	2,30 bc	65,5 b
CD 151	60,00 a	2,58 ab	155,5 a
SINTONIA	63,75 a	1,90 c	123 ab
CV%	26,0	10,4	28,5

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Embora não tenha sido possível realizar as avaliações da massa de mil grãos ou da produtividade, Pias et al (2016) estudando a correlação entre parâmetros biométricos, componentes produtivos e rendimento de grãos, encontraram forte correlação positiva entre rendimento e número de grãos por espiga (relacionado ao número de grãos totais nesse trabalho) e com o número de espigas (referente ao número de espiguetas por planta no presente trabalho) respectivamente $r= 0,77$ e $r= 0,79$. A partir dessa informação os genótipos que apresentaram melhores resultados para essas características tendem a ter maior produtividade.

4. CONCLUSÕES

Consideramos os genótipos que apresentam menor distância entre fonte-dreno, maior uso eficiente de água e da carboxilação, e expressam os melhores índices de componentes produtivos, como aqueles de maior adaptabilidade para a região, na safra 2017. Dentre as variáveis levantadas consideramos os materiais BRS 264 e BRS 394, como aqueles que melhor se enquadram nesses indicadores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), por concessão da área experimental e pela prestação de toda a equipe envolvida no projeto.

REFERÊNCIAS

- BRUM, A.L.; HECK, R. A economia do trigo no rio grande do sul: breve histórico do cereal na economia do estado. **Revista Análise**, v.16, n.1, p.29-44, 2005.
- COELHO, M.A.O.; CONDÉ, A.B.T.; SOUZA, M.A. de, FRONZA, V.; YAMANAKA, C.H. Expansão e cultivo da cultura do trigo em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, p.38-47, 2011.
- CONAB, **Indicadores da Agropecuária - Companhia Nacional de Abastecimento**. Fevereiro. Ano XXVI, n. 02, Brasília: Conab, 114 p. 2017.
- EGEWARTH, V.A.; FERREIRA S.D.; TSUTSUMI, C.Y. Métodos de melhoramento de trigo. **Revista Journal of Agronomic Sciences**, v.4, n. especial, p.318-331, 2015.
- FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D. JÚNIOR, E.S.N. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p.181-188, 2012.
- FIGLIARELLI, S.L.; RODRIGUES, J.D. Componentes produtivos do trigo afetados pela densidade de semeadura e aplicação de regulador vegetal. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.39-54, 2014.
- MARQUELLI, R.P. **O desenvolvimento sustentável na agricultura do cerrado Brasileiro**. ISAEFGV/ Eobusiness School, 2003. 54 pag. Monografia (MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, área de concentração Planejamento Estratégico), Brasília, DF, 2003.
- PIAS, O.H.C.; DAMIAN, J.M.; CHERUBIN, M.R.; SANTI, A.L. Variáveis biométricas e componentes produtivos da cultura do trigo: mapeamento e correlação entre variáveis. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, n.3, p.227-236, 2016.
- R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008.

RIBEIRO, G.; PIMENTEL, A.J.B.; SOUZA, M.A.; ROCHA, J.R.A.S.; FONSECA, W.B.

Estresse por altas temperaturas em trigo: Impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. **Revista Brasileira de Agrobiologia**, v.18, n.2-4, p.133-142, 2012.

POTENCIAL NEMATICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Ageratum fastigiatum*, *Callistemon viminalis* E *Schinus terebinthifolius*

NEMATICIDAL POTENTIAL OF ESSENTIAL OILS OF *Ageratum fastigiatum*, *Callistemon viminalis* AND *Schinus terebinthifolius*

D. F. BORGES¹, W. M. L. DIAS¹, R. E. A. ALBINO¹, F. M. INÁCIO¹, L. M. PINHEIRO¹, E. J. S. BORGES¹, E. A. LOPES¹, M. S. SOARES² e V. M. M. VALENTE²

¹ Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias

² Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Exatas

E-mails: darlan.f.borges@gmail.com, wyttallo.dias@ufv.br, everaldolopes@ufv.br

PALAVRAS-CHAVE: controle de doenças; manejo sustentável; *Meloidogyne javanica*; nematocidas naturais; nematoide de galhas.

KEYWORDS: diseases control; sustainable management; *Meloidogyne javanica*; natural nematocides; root-knot nematode.

RESUMO: Alguns óleos essenciais são ricos em compostos nematicidas e poderiam ser usados no manejo de fitonematoides. Assim, objetivamos com este trabalho avaliar o potencial nematicida de óleos essenciais de folhas de *Ageratum fastigiatum* e *Callistemon viminalis* e frutos verdes e maduros de *Schinus terebinthifolius* sobre ovos e juvenis de segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne javanica*. Em laboratório, o óleo essencial de frutos verdes de *S. terebinthifolius* reduziu em mais de 80% a eclosão e aumentou em mais de 300% a mortalidade de juvenis de *M. javanica* em comparação com Tween 20 + água. Em campo com infestação média de $554 J_2.100\text{ cm}^{-3}$, nenhum óleo essencial controlou *M. javanica* em alface. O óleo de frutos verdes de aroeirinha reduz a eclosão e controla J_2 de *M. javanica* em laboratório. No entanto, em campo com elevada densidade de inóculo inicial do nematoide, a aplicação dos óleos essenciais de frutos verdes e maduros de aroeirinha e de folhas de escova-de-garrafa e mata-pasto não controla *M. javanica* em alface.

ABSTRACT: Essential oils of some plants are rich in nematicidal compounds and may be used in the management of root-knot nematodes. Thus, we aimed with this work to evaluate the nematicidal potential of essential oils from leaves of *Ageratum fastigiatum* and *Callistemon viminalis* and fruits of *Schinus terebinthifolius* on *Meloidogyne javanica*. In laboratory, the essential oil of green fruits of *S. terebinthifolius* reduced nematode hatching by more than 80% and increased J_2 mortality by more than 300% in comparison to Tween 20 + water. In a field with the average nematode density of $554 J_2.100\text{ cm}^{-3}$, none of the essential

oils controlled M. javanica in lettuce. Essential oil from S. terebinthifolius reduces hatching and kills M. javanica J₂ under laboratory conditions. However, in fields with high initial density of nematodes, the application of essential oils of A. fastigiatum, C. viminalis and S. terebinthifolius does not control M. javanica in lettuce.

1. INTRODUÇÃO

O manejo de fitonematoides depende da adoção de um conjunto de estratégias como o uso de variedades resistentes, nematicidas químicos, rotação de culturas, controle biológico, pousio, adubação verde e controle físico (FERRAZ et al., 2010). Em sistema integrado de manejo, quanto mais opções para os agricultores, mais eficiente e sustentável será o controle. O uso de extratos e óleos essenciais de plantas no manejo de nematoides ainda é incipiente. No entanto, várias espécies vegetais produzem substâncias nematicidas (LOPES et al., 2005; NTALLI E CABONI, 2012) que poderiam ser usadas no desenvolvimento de produtos para controle de nematoides.

O mata-pasto (*Ageratum fastigiatum* (Gardner) King e Rob), a escova-de-garrafa (*Callistemon viminalis* G. Don ex Loud) e a aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), por exemplo, são plantas que sintetizam inúmeros compostos bioativos e pouco se sabe sobre o potencial nematicida de seus extratos e, ou óleos essenciais. O mata-pasto é uma planta da família *Asteraceae* usada na medicina popular devido às suas propriedades cicatrizantes e anti-microbianas. Os principais compostos produzidos por essa planta são β -cariofileno, germacreno D e 1,10-di-epi-cubenol (DEL-VECHIO-VIEIRA et al., 2009). Essas substâncias possuem ação bactericida e inseticida (TAVARES et al., 2009). A escova-de-garrafa é uma espécie arbórea da família *Myrtaceae* e os principais compostos presentes no óleo essencial de suas folhas são 1,8-cineol, α -pineno e α -terpineol (OYEDEJI et al., 2009). O óleo essencial da planta possui ação bactericida, antioxidante (SALEM et al., 2013) e inseticida (NDOMO et al., 2010). Por fim, a aroeirinha pertencente à família *Anacardiaceae* e produtora de α -felandreno, β -felandreno, α -terpineol, α -pineno, β -pineno e p-cimeno no óleo essencial (BENDAOU et al., 2010). A relatos da ação fungicida da aroeirinha contra espécies de *Alternaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum* e *Fusarium* (SANTOS et al., 2010).

Assim, é possível que os óleos essenciais de mata-pasto, escova-de-garrafa e aroeirinha possuam efeito nematicida, devido às suas características químicas e comprovada ação contra insetos e microrganismos. Em razão disso, avaliamos o efeito dos óleos essenciais dessas plantas no controle de *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood em laboratório e em condições de campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Folhas de mata-pasto e escova-de-garrafa e frutos verdes e maduros de aroeirinha foram coletados e levados ao laboratório. Os óleos essenciais foram extraídos de materiais frescos. Frutos verdes e maduros de aroeirinha foram usados por diferirem na sua composição química (BARBOSA et al., 2007).

Aproximadamente 200 g de folhas e/ou frutos das plantas foram triturados em liquidificador e submetido à hidrodestilação utilizando aparelho tipo de Clevenger. Após a extração por 1 a 2 h, amostras dos óleos foram analisadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (Shimadzu QP2010 Plus). As condições cromatográficas das análises foram ajustadas conforme adaptação do procedimento descrito por BARBOSA et al. (2007), com razão de split de 1:20 e fluxo de gás de 1,0 mL.min⁻¹.

A identificação dos componentes foi feita pela comparação de seus espectros de massas com os disponíveis no banco de dados da espectroteca NIST e pelos índices aritméticos (IA). Para o cálculo dos índices foi injetada no cromatógrafo uma mistura de alcanos lineares (C9 a C19). O IA foi calculado para cada composto e comparado com valores da literatura (ADAMS, 2007), usando para cálculo a equação: $IA(x) = 100Pz + 100 \left[\frac{RT(x) - RT(Pz)}{RT(Pz+1) - RT(Pz)} \right]$; onde X é o composto de interesse; Pz é o número de átomos de carbono do hidrocarboneto com tempo de retenção imediatamente anterior ao tempo de retenção de X; RT(x), é o tempo de retenção de X; RT(Pz) é o tempo de retenção de Z; RT(Pz+1) é o tempo de retenção do hidrocarboneto com tempo de retenção imediatamente posterior ao tempo de retenção de X. O percentual relativo de cada composto foi calculado

através da razão entre a área integral de seus respectivos picos e a área total de todos os constituintes da amostra.

2.1. Efeito nematicida dos óleos essenciais em laboratório

O efeito dos óleos essenciais na eclosão e na mortalidade de juvenis de segundo estágio (J₂) de *M. javanica* foi avaliado em laboratório. Para os testes de inibição da eclosão, 100 µL de suspensão de ovos contendo 30 ovos foram colocados por célula de placa de Elisa com 96 cavidades, juntamente com 100 µL de óleo essencial e 100 µL de tampão fosfato salino – PBS (16,0 g de NaCl; 4,2 g de Na₂HPO₄.7H₂O; 0,4 g de KH₂PO₄ e 0,4 g de KCl, a pH 7,0). Nas testemunhas, cada célula da placa continha 100 µL de suspensão de ovos e 200 µL de Tween 20 + água e outra com 100 µL de suspensão de ovos e 200 µL de água. O número de ovos e eventuais J₂ por célula foi avaliado logo após o início do experimento, com auxílio de microscópio óptico com objetivas invertidas. Em seguida, as placas foram vedadas com papel filme e mantidas em incubadora do tipo BOD a 27°C. O número de juvenis eclodidos foi avaliado a cada 24 h em um período de cinco dias.

Para a avaliação do efeito nematicida/nematostático dos óleos essenciais sobre os juvenis, os procedimentos foram similares. No entanto, foram usados 30 juvenis recém-eclodidos em cada célula da placa. O número de juvenis móveis e imóveis foi contado a cada 24 h. Ao final de cinco dias, os juvenis foram transferidos para peneira de 324 mesh de abertura e colocados novamente em células de placa de Elisa contendo água destilada, ao invés de óleos essenciais. As placas foram mantidas em BOD a 27°C e, após 24 h, foi avaliado o número de juvenis imóveis (mortos) e móveis (vivos). Os experimentos foram realizados duas vezes e em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 10 repetições. A parcela experimental foi composta por uma célula da placa de Elisa.

2.2. Efeito nematicida dos óleos essenciais em campo

O experimento de campo foi conduzido no período de março a maio de 2016. Os canteiros possuíam 1,2 m de largura e altura de 0,2 m. Após o preparo dos canteiros, o solo foi irrigado até atingir a capacidade de campo e a adubação foi realizada conforme

recomendação para a cultura. A avaliação da população inicial de nematoides foi realizada por meio da retirada de três amostras simples por parcela, para formação de amostra composta. Os nematoides foram extraídos do solo (JENKINS, 1964) e quantificados com uso de microscopia de luz. A população inicial foi de $554.0 J_2.100 \text{ cm}^{-3}$ de solo.

As parcelas (1,2 m largura x 1,5 m de comprimento) foram cobertas com lona preta com intuito de minimizar as perdas dos óleos por volatilização. As lonas foram hermeticamente vedadas e separadas por parcela. Para o plantio das plântulas foram feitas marcações nas lonas para o preparo das covas. Cada parcela era constituída por três linhas de plantio espaçadas em 0,3 m e com quatro plantas em cada linha, espaçadas 0,3 m entre si. A parcela útil foi composta por duas plantas centrais da linha do meio. O óleo foi emulsificado com Tween 20 e água. Foram utilizados 2 mL do óleo bruto, 2 mL de Tween e 296 mL de água, totalizando 300 mL. A aplicação dos óleos em cada cova foi feita com auxílio de seringa totalizando 25 mL da suspensão contendo o óleo por cova. Além dos óleos essenciais de escova-de-garrafa, mata-pasto, de frutos verdes e maduros de aroeirinha, água pura e a mistura Tween 20 + água foram aplicadas como controles negativos. Em seguida, os furos nas lonas foram lacrados com fita adesiva para evitar perdas por volatilização. A cobertura do solo foi retirada aos sete dias após a aplicação dos óleos. Após três dias de solo descoberto, plântulas de alface cv. Milena, de 25 dias de idade foram transplantadas no local. Os seis tratamentos foram distribuídos ao acaso em cinco blocos.

Aos 40 dias após o transplântio, as plantas foram colhidas e amostras de solo foram retiradas para avaliação da população final de nematoides. As massas totais das plantas, da parte aérea e das raízes frescas foram avaliadas por pesagem em balança digital. Os ovos dos nematoides foram extraídos (HUSSEY E BARKER, 1973) e contados com uso de microscópio de luz. O número de galhas nas raízes foi avaliado por meio de contagem direta a olho nu. O número de J_2 por parcela (População final - Pf) foi avaliado conforme descrito anteriormente. Com isso, avaliou-se a relação Pf/Pi, considerando apenas a contagem de J_2 por parcela, e o fator de reprodução ($FR = \text{População final} / \text{População inicial}$), considerando a população final como a soma do número de juvenis, ovos e galhas. Os dados foram

submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição química dos óleos essenciais

A análise cromatográfica dos óleos essenciais revelou variação na composição química entre as plantas (Tabela 1). Os compostos majoritários dos óleos de escova-de-garrafa e mata-pasto foram o cineol/eucaliptol (74,9%) e o germacreno D (42,1%), respectivamente. Por sua vez, o sabineno foi o composto de maior concentração nos óleos de frutos verdes e maduros de aroeirinha (35,6 e 38,7%). No entanto, maior concentração de terpenos foi observada no óleo de frutos verdes de aroeirinha, principalmente terpinen-4-ol, γ -terpineno e α -terpineol (Tabela 1).

3.2. Efeito nematicida dos óleos essenciais em laboratório

O óleo essencial de frutos verdes de aroeirinha reduziu entre 82 e 86% a eclosão e aumentou em mais de 300% a mortalidade de juvenis de *M. javanica* em comparação com a mistura Tween 20 e água, usada como emulsificante (Tabela 2). No entanto, óleo essencial de frutos maduros de aroeirinha não inibiu a eclosão se comparado com a mistura emulsificante. Considerando a composição química dos óleos de aroeirinha, a maior concentração dos terpenos terpinen-4-ol, α -terpineno, γ -terpineno e α -terpineol no óleo de frutos verdes em relação ao obtido dos frutos maduros pode ter sido fundamental para explicar a diferença na ação nematicida dos óleos (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição química dos óleos essenciais de folhas de escova-garrafa (EG), folhas de mata-pasto (MP), frutos verdes (AV) e maduros (AM) de aroeirinha*.

Composto	EG (%)	MP (%)	AV (%)	AM (%)
3-Careno	-	-	7,9	19,6
α – Pineno	9,0	10,6	2,8	2,4
α -Terpineol	8,5	-	0,9	0,3
α – Tujeno	0,1	-	1,5	1,4
α – Terpineno	-	-	3,4	1,8
α – Bergamoteno	-	1,0	-	-
α – Humuleno	-	9,5	-	-
α – Selineno	-	2,8	-	-
β – Phellandrene	-	-	2,2	2,1
β – Elemeno	-	1,5	-	-
β – Selineno	-	3,8	-	-
γ – Terpineno	0,3	-	6,0	3,1
γ – Amorfenol	-	1,3	0,2	-
γ – Muroleno	-	2,4	-	-
Δ – Cadineno	-	3,8	1,6	1,1
Δ – Cadineno	-	3,8	1,6	1,1
Cariofileno	-	13,3	-	-
Cineol/eucaliptol	74,9	-	0,1	-
Copaeno	-	3,0	1,0	0,8
E – Cariofileno	-	-	5,9	5,1
Germacreno D	-	42,1	1,9	3,0
Limoneno	-	1,5	-	-
β – Mirceno	-	-	1,4	3,5
o – Cimenol	2,7	-	3,7	1,5
Sabineno	-	0,4	35,6	38,7
Terpinen-4-ol	1,5	-	18,3	7,6
Terpinoleno	-	-	1,6	1,0

*Apenas substâncias que representam mais de 1% na composição total do óleo de pelo menos uma das plantas foram listadas.

O efeito dos óleos essenciais na redução da eclosão e na morte de juvenis de segundo estágio de *M. javanica*, principalmente os terpenos encontrados no óleo essencial de frutos verdes de aroeirinha, pode estar relacionado com a ação lipofílica desses compostos sobre as membranas dos nematoides, causando rupturas e alterações na permeabilidade (BAKKALI et al., 2008; ECHEVERRIGARAY et al., 2010). Terpenos possuem ação nematicida e podem inibir eclosão de juvenis de nematoides de galhas (ECHEVERRIGARAY et al., 2010;

NTALLI et al., 2011). É possível que a menor concentração de terpenos nos óleos de folhas de escova-de-garrafa e mata-pasto tenham também influenciado no menor efeito nematicida destes óleos. Monoterpenos com hidroxilas, a exemplo do terpinen-4-ol e α - terpineol, possuem ação nematicida mais acentuada do que outros tipos de monoterpenos, como o eucaliptol (1,8-cineol) (ECHEVERRIGARAY et al., 2010), que foi o composto majoritário do óleo essencial de escova-de-garrafa (Tabela 1). Ainda que o óleo essencial de mata-pasto tenha efeito inseticida (TAVARES et al., 2009), é possível que seus compostos majoritários não sejam nematicidas, principalmente o cariofileno e germacreno D (Tabela 1). Não foram detectados os monoterpenos terpinen-4-ol e α - terpineol no óleo de mata-pasto, o que pode explicar sua baixa eficiência.

Tabela 2 - Efeito de óleos essenciais de folhas de escova-de-garrafa (EG), folhas de mata-pasto (MP) e frutos verdes (AV) e maduros (AM) de aroeirinha na eclosão e mortalidade de juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne javanica* em laboratório.

Tratamento	Eclosão		Mortalidade	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
EG	18,03 c	14,39 c	16,62 b	15,38 c
MP	18,58 c	25,38 ab	15,82 b	16,87 bc
AV	2,89 d	3,51 d	26,04 a	21,22 a
AM	26,45 b	22,76 ab	19,38 b	19,70 ab
Tween 20 + água	21,35 c	19,93 bc	3,35 c	6,58 d
Água	33,29 a	28,25 a	1,24 c	3,02 e
CV (%)	18,23	28,60	31,82	19,00

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os óleos foram emulsificados com Tween 20 e água.

3.3. Efeito nematicida dos óleos essenciais em campo

A aplicação dos óleos essenciais não aumentou a biomassa das plantas de alface e não reduziu o número de galhas e ovos de *M. javanica* (Tabela 3). Os óleos essenciais de folhas de escova-de-garrafa e frutos maduros de aroeirinha reduziu o número de juvenis de segundo

estádio de *M. javanica* no solo em relação ao início do experimento (relação Pf/Pi). No entanto, ao considerarmos o fator de reprodução (FR) do nematoide, nenhum óleo essencial foi eficiente no controle do patógeno, com FR variando entre 1,8 e 2,91 (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito dos óleos essenciais de folhas de escova-de-garrafa (EG), folhas de mata-pasto (MP) e frutos verdes (AV) e maduros (AM) de aroeirinha sobre a biomassa de plantas frescas de alface (BM, em g) e nos números de galhas (NG) e de ovos (NO) de *Meloidogyne javanica* em campo.

Tratamento	BM	NG	NO	Pi	Pf	Pf/Pi	FR
EG	100,56 a	22,10 a	680,00 bc	580,80 b	339,60 b	0,59 c	1,80 b
MP	73,81 bc	7,80 c	855,90 ab	730,20 a	630,80 a	0,86 b	2,06 b
AV	70,20 bc	13,30 bc	534,50 bc	550,80 bc	507,80 a	0,93 b	1,91 b
AM	81,60 bc	23,70 a	1159,10 a	520,40 bc	342,80 b	0,65 c	2,91 a
T+A	68,44 c	16,50 ab	643,90 bc	495,80 bc	520,00 a	1,05 ab	2,39 ab
Água	85,73 ab	12,30 bc	370,70 a	451,60 c	560,00 a	1,24 a	2,08 b
CV(%)	10,34	26,35	34,02	9,29	15,38	11,26	18,25

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T+A: Tween 20 e água; Pi: População inicial; Pf: População final; FR: Fator de Reprodução.

A cobertura do solo das parcelas experimentais com plástico foi feita para evitar a perda por volatilização dos potenciais compostos nematicidas dos óleos, principalmente os monoterpenos (ECHEVERRIGARAY et al., 2010), que podem ter sido os responsáveis pela ação nematicida dos óleos de frutos verdes de aroeirinha em laboratório. No entanto, ainda que a proteção plástica tenha sido eficiente em reduzir perda dos compostos voláteis, é possível que a quantidade de óleo aplicada não tenha sido significativa para reduzir a população do nematoide. Além disso, a população inicial do nematoide estava muito alta, com

média de 554 $J_2.100 \text{ cm}^{-3}$ (Tabela 3). De forma geral, em culturas suscetíveis ao nematoide-de-galhas, a exemplo da alface, tomate, batata e cenoura, populações iniciais superiores a 100 $J_2.100 \text{ cm}^{-3}$ de solo são limitantes ao crescimento das plantas (GRECO E DI VITO, 2009). Assim, pode-se afirmar que a aplicação de óleos essenciais de aroeirinha, mata-pasto e escova-de-garrafa não controla *M. javanica* em alface em condições de campo com a elevada pressão de inóculo.

Medidas adicionais de manejo devem ser adotadas para reduzir a população inicial do nematoide em áreas altamente infestadas, como, por exemplo, rotação de culturas, uso de plantas antagonistas, estratégias de controles físico, químico e biológico (FERRAZ et al., 2010). O uso de formulações com maior concentração de óleos essenciais, especialmente aquelas que permitem a liberação lenta dos compostos ativos, podem aumentar a eficiência dessa estratégia de manejo (NTALLI E CABONI, 2012). Estudos adicionais devem ser realizados em áreas com menor infestação do patógeno e com formulações de liberação lenta para avaliar o potencial dos óleos essenciais de folhas de escova-de-garrafa e mata-pasto e frutos de aroeirinha.

4. CONCLUSÕES

O óleo de frutos verdes de aroeirinha reduz a eclosão e controla J_2 de *M. javanica* em laboratório. Em campo infestado com média de 554 $J_2.100 \text{ cm}^{-3}$ de solo, a aplicação dos óleos essenciais de frutos verdes e maduros de aroeirinha e de folhas de escova-de-garrafa e mata-pasto não controla *M. javanica* em alface.

AGRADECIMENTOS

Everaldo A. Lopes agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo 304663/2014-0) e pelo apoio financeiro do projeto (Processo 474456/2013-7).

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. Illinois USA: Allured Publishing Corporation, Carol Stream, 2007, 804p.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils - A review. **Food and chemical toxicology**, v.46, n.4, p.446-475, 2008. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106.
- BARBOSA, L.C.A et al. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Química Nova**, v.30, n.8, p.1959-1965, 2007. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000800030>>. Acesso em: 02 fev. 2017. doi: 10.1590/S0100-40422007000800030.
- BENDAOU, H. et al. Chemical composition and anticancer and antioxidant activities of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi berries essential oils. **Journal of food Science**, v.75, n.6, p.466-472, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-3841.2010.01711.x/full>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01711.x.
- DEL-VECHIO-VIEIRA, G. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Ageratum fastigiatum* (Asteraceae). **Records of Natural Products**, v.3, n.1, p.52-57, 2009. Disponível em <<http://search.proquest.com/openview/bcf048fa1d8c4dd13d7cca79297e23f6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2042708>>. Acesso em 29 jan. 2017.
- ECHEVERRIGARAY, S. et al. Nematicidal activity of monoterpenoids against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Phytopathology**, v.100, n.2, p.199-203, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-100-2-0199>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1094/PHYTO-100-2-0199.
- FERRAZ, S. et al. **Manejo sustentável de fitonematoides**. Viçosa: Editora UFV, 2010. 306 p.

- GRECO N.; DI VITO M. Population dynamics and damage levels. In: PERRY, R.N.; MOENS, M.; SARR, J.L. **Root-Knot Nematodes**. CABI, Wallingford, UK, 2009. Cap.11, p. 246-274.
- HUSSEY, R.S.; BARKER, K.R. Comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v.57, n.12, p.1025-1028, 1973.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, n.9, p.692, 1964.
- LOPES, E.A. et al. Efeito dos extratos aquosos de mucuna preta e de manjeriço sobre *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v.29, n.1, p.67-74, 2005. Disponível em: <<http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/o1%20291/67-74%20pb.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2017.
- NDOMO, A.F. et al. Insecticidal activities of essential oil of *Callistemon viminalis* applied as fumigant and powder against two bruchids. **Journal of Applied Entomology**, v.134, n.4, p.333-341, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0418.2009.01475.x/full>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1111/j.1439-0418.2009.01475.x.
- NTALLI, N.G.; CABONI, P. Botanical nematicides: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, n.40, p.9929-9940, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/jf303107j>>. Acesso em: 07 fev. 2017. doi:10.1021/jf303107j.
- NTALLI, N.G. et al. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants indigenous to Greece. **Pest Management Science**, v.67, p.341–351, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ps.2070>>. Acesso em: 07 fev. 2017. doi: 10.1002/ps.2070.
- OYEDEJI, O.O. et al. Chemical composition of antibacterial activity of the essential oils of *Callistemon viminalis* from South Africa. **Molecules**, v.14, p.1990-1998, 2009. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1420-3049/14/6/1990/htm>>. Acesso em: 19 mar. 2017. doi: 10.3390/molecules14061990.

- SALEM, M.Z. et al. Evaluation of extracts and essential oil from *Callistemon viminalis* leaves: Antibacterial and antioxidant activities, total phenolic and flavonoid contents. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v.6, n.10, p.785-791, 2013. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1995-7645\(13\)60139-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1995-7645(13)60139-X)>. Acesso em: 29 jan. 2017. doi: 10.1016/S1995-7645(13)60139-X.
- SANTOS, A.C.A. et al. Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Anacardiaceae*, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.2, p.154-159, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v20n2/a03v20n2>>. Acesso em: 02 fev. 2017.
- TAVARES, W.S. et al. Potential use of *Asteraceae* extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: *Noctuidae*) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: *Trichogrammatidae*) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: *Scelionidae*). **Industrial Crops and Products**, v.30, n.3, p.384-388, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.07.007>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1016/j.indcrop.2009.07.007.

QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA ENCAPSULADAS COM ÁCIDO ALGÍNICO DE SÓDIO

QUALITY OF SOYBEAN SEEDS ENCAPSULATED WITH SODIUM ALGINIC ACID

V. G. O. DUARTE¹, D. A. C. NOBRE², V. S. A. LEITE¹, B. G. L. JESUS¹, J. TRONTO¹, W. R. MACEDO² e F. G. PINTO¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. Instituto de Ciência Exatas

²Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba. Instituto de Ciência Agrárias
E-mail: valber.g@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* L.; germinação; vigor; alginato.

KEYWORDS: *Glycine max* L; germination; vigor; alginate.

RESUMO: *O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência do alginato de sódio na qualidade de sementes de soja em dois substratos, papel germitest[®] e areia. As sementes de soja encapsuladas com o ácido algínico de sódio foram avaliadas por meio dos seguintes testes: germinação, primeira contagem de germinação, comprimento parte aérea e raiz de plântulas, massa de plântulas, índice de velocidade de germinação e emergência, plântulas anormais e sementes mortas, em dois substratos, o papel germitest[®] e a areia. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey à nível de 5 % de probabilidade. As variáveis avaliadas não apresentaram diferença significativa ao serem comparadas as sementes encapsuladas e o controle, exceto, para o comprimento de raiz no substrato papel germitest[®], onde sementes não encapsuladas apresentaram as maiores médias. O encapsulamento de sementes de soja com alginato de sódio não apresentou efeito deletério sobre a qualidade das sementes, podendo ser utilizado como ferramenta para uso na agricultura.*

ABSTRACT: *The aim of the study was to evaluate the efficiency of sodium alginate as seed coating on soybean seeds in two different substrates, germitest[®] paper and sand. Soybean seeds encapsulated with sodium alginic acid were evaluated by means of the following tests: germination, first germination count, aerial and seedling root length, seedling mass, germination and germination speed index, abnormal seedlings and dead seeds on two substrates, the germitest[®] paper and the sand. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at the 5 % probability level. The evaluated variables did not present significant difference when the encapsulated seeds and the control were compared, except for the root length in the substrate germitest[®] paper, where non-encapsulated seeds had the highest mean values. The*

encapsulation of soybean seeds with sodium alginate did not present a deleterious effect on seed quality and could be used as a tool for agricultural use.

1. INTRODUÇÃO

Para que a produção de soja (*Glycine max* L. Merrill) seja bem sucedida, há dependência de fatores como o uso de sementes de elevada qualidade, afim de garantir máxima germinação, adequado estande de plantas e alta produtividade por área (FRANÇA-NETO et al., 2007; MARCOS FILHO, 2015).

Com objetivo de aprimorar a qualidade fisiológica das sementes, diferentes tratamentos têm sido utilizados para garantir a rápida germinação e emergência de plântulas. O ácido algínico de sódio ou alginato de sódio, polissacarídeo originário de algas marinhas marrons (*Phaeophyceae*), tem sua estrutura formada por dois monômeros, a α -L-guluronila e a β -D-manuronila (LEE et al., 2012). Uma característica muito importante do alginato é a rápida absorção de água, sendo muito utilizado em indústrias de manufatura, de papel, têxteis, de produtos farmacêuticos e de materiais de engenharia (CUI et al., 2016; MENG et al., 2017).

A água representa um dos fatores determinantes para o processo de germinação das sementes (CARVALHO E NAKAGAWA, 2012); logo, em condições de baixo potencial hídrico, o alginato seria benéfico à absorção de água. Em contrapartida, Marcos Filho (2015), relata que o elevado nível de hidratação esta associado à intensidade de injúrias durante a embebição no processo germinativo, com consequências drásticas na integridade das membranas. Portanto, faz-se necessário, novos estudos para explorar o efeito do alginato em sementes secas.

Há relatos do uso de alginato na produção de sementes sintéticas in vitro, o que consiste no encapsulamento de embriões somáticos ou zigóticos, ápices caulinares, gemas axilares, brotos e outros tipos de tecidos, comprovando os efeitos positivos do alginato no desenvolvimento dessas sementes (DHIR et al., 2014; BRAGA, 2017).

Para o encapsulamento de sementes secas com alginato, Sarrocco et al (2004), observaram que sementes de diferentes culturas em épocas de armazenamento, não apresentam efeitos negativos na germinação. Em vista disso, estudos para explorar o uso e aplicações do alginato em benefício da agricultura são cruciais, já que o composto apresenta potencial para o encapsulamento de sementes secas e sintéticas.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência do alginato de sódio na qualidade de sementes de soja em dois substratos, papel germitest® e areia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os produtos químicos utilizados neste estudo apresentam grau de pureza analítica e água previamente destilada e deionizada através do sistema Millipore MilliQ®.

As sementes de soja (Tec 7849 Ipro) foram produzidas no ano agrícola de 2016/2017, no Município de Rio Paranaíba, MG e beneficiadas na UBS da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP).

Para o encapsulamento das sementes utilizou-se os seguintes reagentes: Nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) e Ácido Algínico de Sódio, obtido de algas marrons (Sigma-Aldrich).

As sementes de soja foram encaminhadas ao Laboratório de Fisiologia e Metabolismo de Produção Vegetal, da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, onde foram previamente sanitizadas com hipoclorito de sódio 2 % durante dois min.

Neste método, preparou-se uma suspensão contendo 1 g de alginato de sódio e 50 mL de água decarbonatada. A solução foi agitada vigorosamente com barra magnética por 2 h em temperatura ambiente (25°C), visando à solubilização completa do alginato de sódio. Em seguida, as sementes foram colocadas em suspensão e agitadas durante 30 s e posteriormente transferidas para um béquer contendo solução 5 % de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (m/v), para o encapsulamento.

Para avaliar a qualidade das sementes de soja encapsuladas, papel germitest® e areia foram usados como substratos.

O teste de germinação realizado em papel germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa seca do papel. Os rolos foram montados e acondicionados em câmara de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D), regulada à temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 h. As avaliações foram realizadas ao quinto e oitavo dia após a instalação do teste, e ao final, foram computadas as plântulas normais, anormais e sementes mortas (BRASIL, 2009).

O teste de primeira contagem de germinação (vigor) foi conduzido juntamente com o teste de germinação, onde foram obtidos o número de plântulas normais, determinado por ocasião da

primeira contagem (BRASIL, 2009). Ainda no quinto dia após a montagem do teste, 10 plântulas normais de cada repetição foram selecionadas aleatoriamente para medição do comprimento das raízes e da parte aérea, com auxílio de régua graduada (cm). Posteriormente, foi determinada a massa das plântulas com uma balança de precisão analítica (0,001g), sendo os resultados expressos em mg/plântula. O índice de velocidade de germinação/emergência foi conduzido anotando-se diariamente e no mesmo horário o número de sementes germinadas, durante os dias de avaliação (MAGUIRE, 1962).

Para o substrato areia, previamente lavada e esterilizada, a condução do experimento foi realizada em bandejas plásticas mantidas em temperatura ambiente. Todos os testes descritos anteriormente foram novamente aplicados ao substrato areia.

O delineamento experimental adotado foi do tipo inteiramente casualizado com quatro repetições de 50 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey à 5 % de probabilidade, com auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis vigor, germinação, comprimento de parte aérea e raiz, índice de velocidade de germinação, massa de plântulas, plântulas anormais e sementes mortas não apresentaram diferença estatística, houve efeito significativo apenas para o comprimento de raiz, quando avaliados em substrato de papel germitest®.

Na Figura 1 estão expressos os resultados de germinação e vigor de sementes de soja encapsuladas com alginato e avaliadas sobre papel germitest® (1A e 1B) e areia (2A e 2B). Foi observado que o alginato não apresentou qualquer interferência no vigor e germinação das sementes de soja.

O encapsulamento de sementes de manjericão (*Ocimum basiculum*) e repolho (*Brassica oleraceae* var. *capitata*) com alginato não teve influência na germinação, independentemente da época de armazenamento (SARROCO et al., 2004). O que comprova o potencial uso desse composto sem causar danos a qualidade fisiológica das sementes.

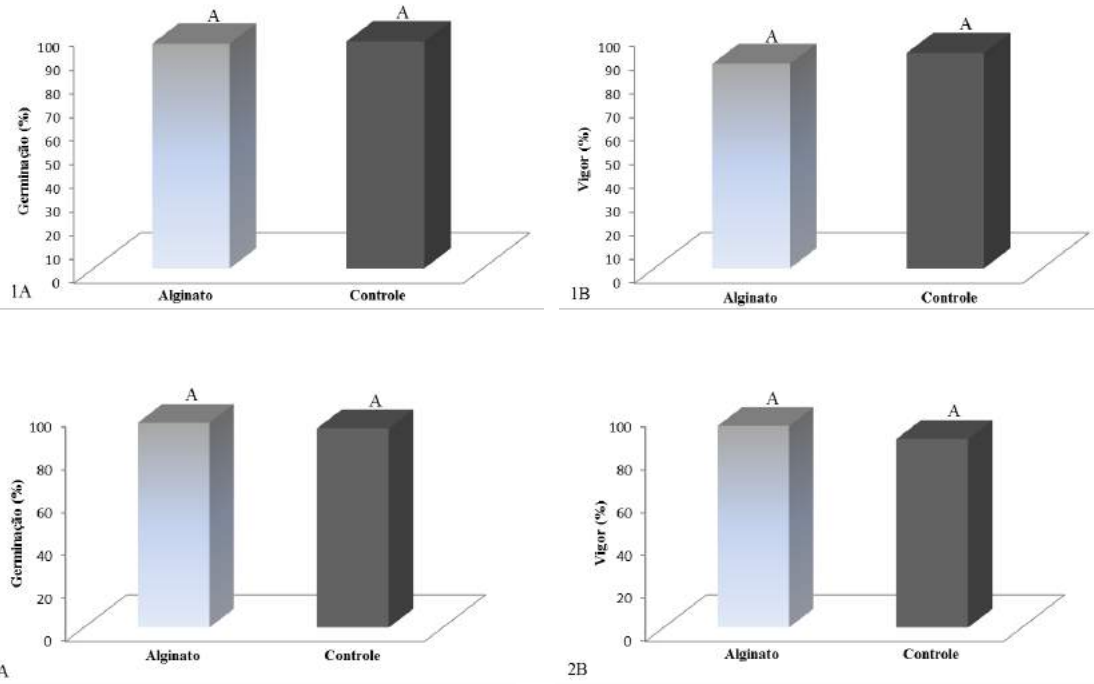
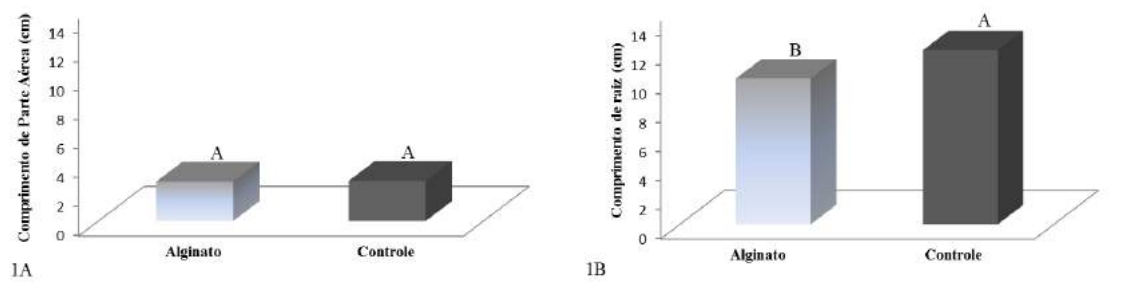


Figura 1 – Germinação (1A e 2A) e vigor (1B e 2B) de sementes de soja encapsuladas com alginato de sódio e avaliadas sobre papel germitest[®] (1A e 1B) e areia lavada (2A e 2B).

Os resultados médios para o comprimento de parte aérea de plântulas provenientes do encapsulamento com alginato de sódio e avaliadas sobre papel germitest[®] e areia (1A e 2A), e o comprimento de raiz de plântulas, em areia (2B) não apresentaram qualquer diferença significativa (Figura 2).



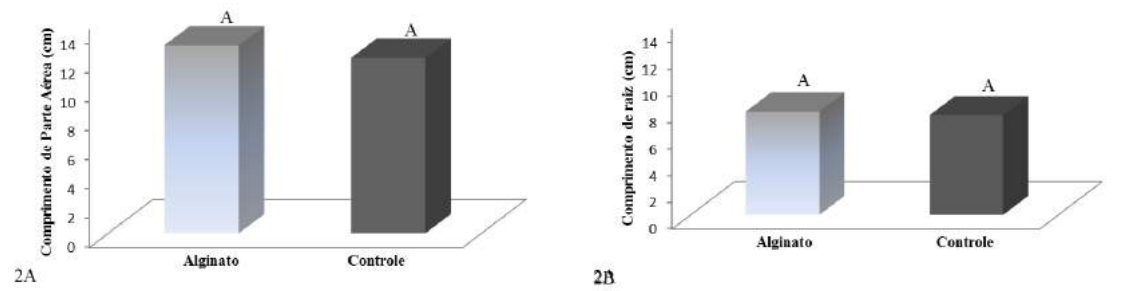


Figura 2 – Comprimento de parte aérea (1A e 2A) e raiz (1B e 2B), de plântulas de soja, oriundas de sementes encapsuladas com alginato de sódio e avaliadas sobre papel germitest[®] (1A e 1B) e areia lavada (2A e 2B).

Para o comprimento de parte aérea avaliada sobre o substrato papel germitest[®], houve diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação com médias superiores para o controle (Figura 2). No entanto, é importante ressaltar que durante a condução do experimento, sementes encapsuladas apresentaram maior uniformidade no desenvolvimento das radículas (Figura 3). Isso pode ser explicado por uma absorção controlada de água pelo alginato. Assim, houve redução do comprimento de raízes no período de germinação inicial das sementes, porém, com emissão de radícula de forma sincronizada e uniforme, não inferindo na qualidade dos demais testes avaliados.

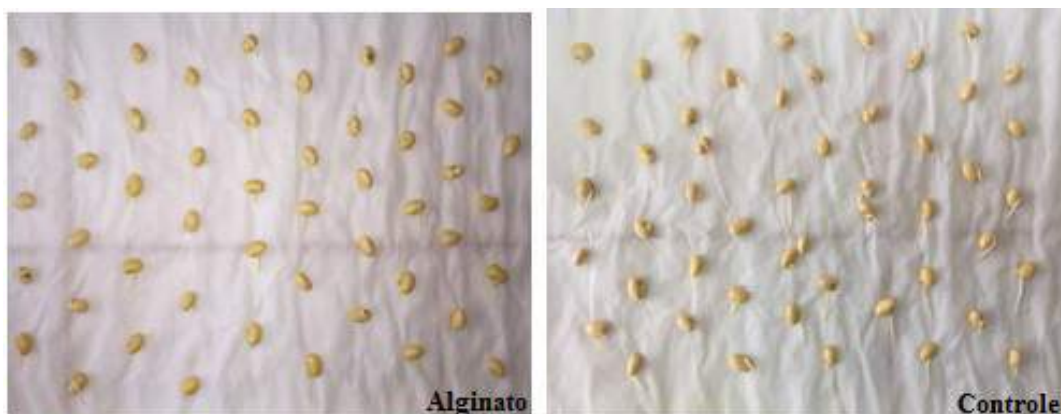


Figura 3 – Desenvolvimento de radículas (dois dias após a montagem do teste), oriundas de sementes de soja, encapsuladas com alginato de sódio e avaliadas sobre papel germitest[®].

Para o índice de velocidade de germinação/emergência (1A e 2A), bem como, massa de plântulas (1B e 2B) apresentados na Figura 4, novamente, não foi observado efeito significativo ($p < 0,05$), comprovando o potencial uso do alginato no encapsulamento de sementes de soja.

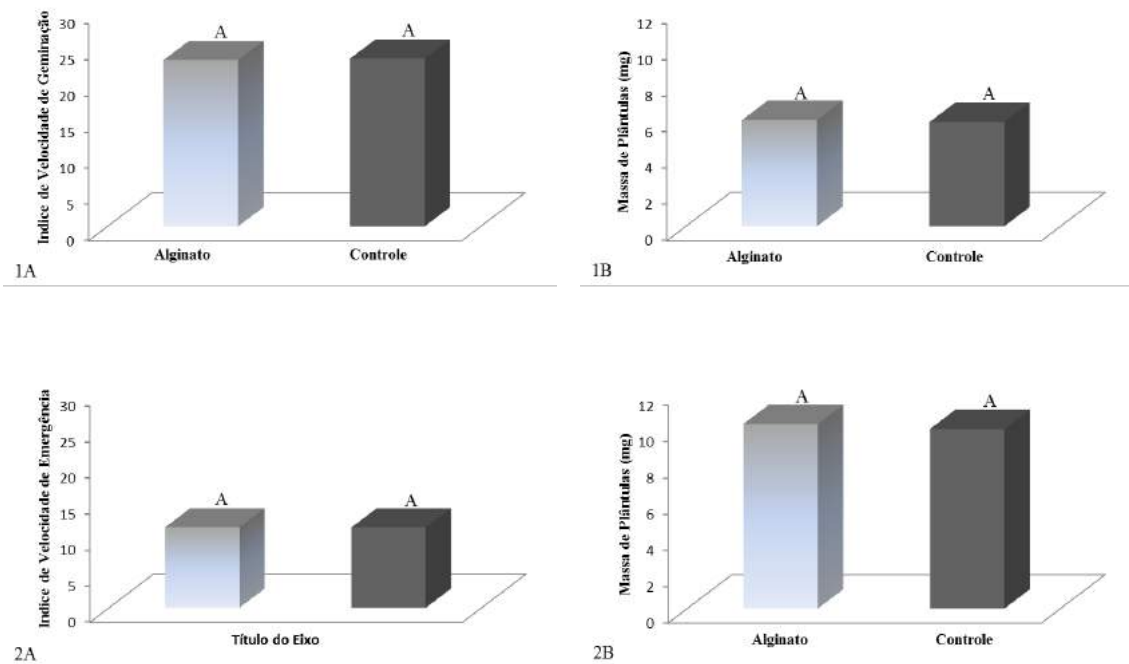


Figura 4 – Índice de velocidade de germinação (1A e 2A) e massa de plântulas (1B e 2B) de soja, oriundas de sementes encapsuladas com alginato de sódio e avaliadas sobre papel germitest® (1A e 1B) e areia lavada (2A e 2B).

Sementes secas de diferentes culturas encapsuladas com alginato não diferiram do controle para as percentagens de emergência (SARROCCO et al., 2004), o mesmo pode ser observado no presente estudo (Figura 4).

Os resultados de plântulas anormais e sementes mortas de soja encapsuladas com alginato e, avaliadas sobre papel Germitest®, ainda que os resultados sejam inferiores a 4,0 e 1,5%, para plântulas anormais e sementes mortas, respectivamente, constatou-se que para o substrato areia, estas variáveis não foram verificadas, o que pode afirma melhores condições de desenvolvimento das sementes encapsuladas (Figura 5).

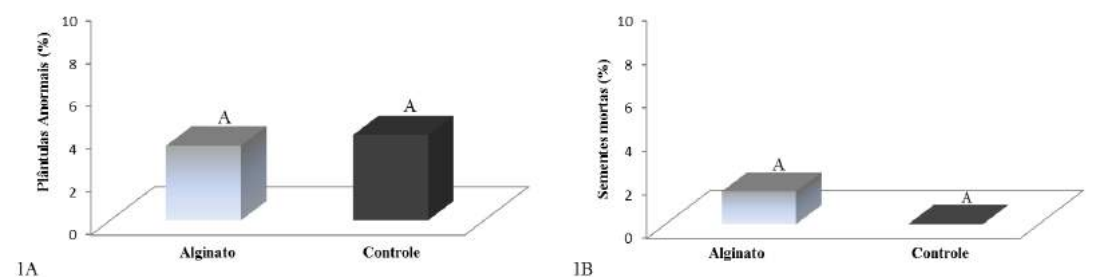


Figura 5 – Plântulas anormais (1A) e sementes mortas (1B) de soja, oriundas de sementes encapsuladas com alginato de sódio e avaliadas sobre papel germitest®.

Apesar de os estudos de encapsulamento em sementes secas ainda serem incipientes, o uso de alginato em sementes sintéticas apresentam bons resultados por garantir a qualidade das sementes, o armazenado em nitrogênio líquido (196 °C), a integridade genética e a conservação das mesmas (RAI et al., 2009). O alginato revela-se eficiente no encapsulamento, por ser biocompatível, não tóxico, biodegradável, de baixo custo e apresentar facilidade no uso (PASIN et al. 2012; MARCOS FILHO, 2015).

Além disso, novos conhecimentos podem permitir a introdução de inovadas tecnologias para o setor sementeiro, tendo em vista, a adesão de outros compostos químicos solubilizados e/ou suspensos ao alginato. Tais como o desenvolvimento de hidróxidos duplos lamelares (HDLs), que nos últimos anos têm despertado um grande interesse na agricultura (BENICIO et al., 2015). A estrutura desses materiais é baseada em uma estrutura bidimensional, onde existem camadas de hidróxido duplo com estrutura do tipo brucita, $Mg(OH)_2$, que possuem ânions hidratados na intercâmara (BELLEZZA et al, 2012; CREPALDI, 2000), permitindo assim, adição de composto químicos benéficos ao desenvolvimento das plantas.

4. CONCLUSÃO

O encapsulamento de sementes de soja com alginato de sódio não apresenta efeito deletério sobre a qualidade das sementes de soja, podendo ser utilizado como ferramenta para uso na agricultura.

AGRADECIMENTOS

À Capes pela concessão da bolsa do Programa do Mestrado Multicêntrico em Química e a Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba (UFV-CRP) pelo apoio estrutural.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, V.P. **Avaliação do encapsulamento de sementes recalcitrantes de *Campomanesia adamantium* (Cambess) O. Berg.** 2017. 45 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes.** Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BELLEZZA, F.; NOCCHETTI, M.; POSATI, T.; GIOVAGNOLI, S.; CIPICIANI, A. Synthesis of colloidal dispersions of NiAl, ZnAl, NiCr, ZnCr, NiFe, and MgFe hydrotalcite-like nanoparticles. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.376, n.1, p.20-27, 2012.
- BENÍCIO, L.P.F.; SILVA, R.A.; LOPES, J.A.; EULÁLIO, D.; SANTOS, R.M.M.D.; AQUINO, L.A.D.; TRONTO, J. Layered double hydroxides: nanomaterials for applications in agriculture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.1, p.1-13, 2015.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção.** Editora: Funep. 5ª Ed. 2012, 590p.
- CREPALDI, E.L. **Estudo das propriedades de hidróxidos duplos lamelares contendo crômio (III): intercalação, decomposição térmica e atividade catalítica.** 2000. 162 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Química) – USP, Ribeirão Preto, 2000.
- CUI, Z.; ZHANG, Y.; ZHANG, J.; KONG, H.; TANG, X.; PAN, L.; TAI, R. Sodium alginate-functionalized nanodiamonds as sustained chemotherapeutic drug release vectors. **Carbon**, v.97, p.78-86, 2016.
- DHIR, R.; SHEKHAWAT, G.S.; ALAM, A. Improved protocol for somatic embryogenesis and calcium alginate encapsulation in *Anethum graveolens* L.: A Medicinal Herb. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.173, p.2267–2278, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; PÁDUA, G.P.; COSTA, N.P.; HENNING, A.A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade.** Embrapa Soja- Documentos (INFOTECA-E), 2007. 12p.

- LEE, K.Y.; MOONEY, D.J. Alginate: properties and biomedical applications. **Progress in Polymer Science**, v.37, n.1, p.106-126, 2012.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiología de semillas de plantas cultivadas**. 2. ed., Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
- MENG, J.; AGRAHARI, V.; EZOULIN, M.J.; PUROHIT, S.S.; ZHANG, T.; MOLTENI, A.; YOUAN, B.B.C. Spray-dried thiolated chitosan-coated sodium alginate multilayer microparticles for vaginal HIV microbicide delivery. **The AAPS journal**, v.19, n.3, p.692-702, 2017.
- PASIN, B.L.; AZÓN, C.G.; GARRIGA, A.M. Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v.3, n.1, p.130-151, 2012.
- RAI, M.K.; ASTHANA, P.; SINGH, S.K.; JAISWAL, V.S.; JAISWAL, U. The encapsulation technology in fruit plants-A review. **Biotechnology Advances**, v.27, p.671-679, 2009.
- SARROCCO, S.; RAETA, R.; VANNACCI, G. Seeds encapsulation in calcium alginate pellets. **Seed Science and Technology**, v.32, n.3, p.649-661, 2004.

SABÃO DE ABACATE: ALTERNATIVA PARA O APROVEITAMENTO DE FRUTOS NÃO COMERCIALIZÁVEIS

AVOCADO SOAP: ALTERNATIVE TO THE USE OF UNMARKETABLE FRUIT

V. G. NASSER¹, S. G. F. PEREIRA¹, L. E. VISÔTTO^{2,5}, M. P. SOUTO¹,
R. V. B. FERNANDES³, M. S. SOARES⁴, F. S. C. SOARES⁴, M. R. ROSWELL²,
C. M. HANZAWA² e I. F. M. OLIVEIRA¹

¹Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias

²Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde

³Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências e Tecnologia de Alimentos

⁴Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas

⁵Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal

E-mail: lvisotto@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE: Refugo; pós-colheita; sustentabilidade.

KEYWORDS: Waste; post-harvest; sustainability.

RESUMO: *O abacate é um fruto climatérico de elevado valor nutricional e comercializado em todo território brasileiro. Objetivou-se testar formulações de sabão à base de refugos de abacates. Os parâmetros alcalinidade, pH, poder espumante e emulgente dos sabões foram determinados e comparados a duas marcas comerciais. O sabão formulado com 50 % de polpa de abacate, 10 % de hidróxido de sódio, 1 % de amido, 10 % de álcool, 29 % de resíduo de óleo e submetido a agitação por 30 minutos a 70°C foi o que melhor atendeu as exigências legais de qualidade. Foi possível concluir que a aplicação da massa de abacates maduros como ingrediente na formulação de sabão, apresentou-se viável.*

ABSTRACT: *Avocado is a climacteric fruit of high nutritional value and marketed throughout the Brazilian territory. The objective was to test formulations of waste avocado based for production of soap. The parameters alkalinity, pH, foaming power and emulgent of handmade soaps were determined and compared to two trademarks. The soap formulated with 50 % avocado pulp, 10 % sodium hydroxide, 1 % starch, 10 % alcohol, 29 % residual oil*

and subjected to agitation for 30 minutes at 70°C is the one that best meets the legal quality requirements. It was possible to conclude that an application of the mass of mature avocados as an ingredient in the soap formulation, was feasible.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico acentuado, a concentração da população nos centros urbanos e o estilo de vida consumista têm cooperado com o aumento considerável de resíduos gerados no mundo (BESEN et al., 2014). A fim de atender a demanda do público com alta exigência, a agricultura tornou-se um dos maiores geradores de resíduos, uma vez que cerca de 30 % de todos os alimentos produzidos no mundo são desperdiçados pós-colheita (FAO, 2015).

A adoção de padrões de produção e consumo sustentáveis, assim como o gerenciamento adequado dos resíduos gerados no campo, são medidas que visam reduzir significativamente os impactos negativos causados pela cadeia produtiva ao ambiente e à saúde humana (SPADOTTO E RIBEIRO, 2007; BESEN et al., 2014). Além disso, tais medidas contribuem com o aumento da geração de empregos e renda aos trabalhadores rurais (SPADOTTO E RIBEIRO, 2007).

Neste cenário, o cultivo de abacates tem-se destacado. No Brasil, os índices de perdas anuais de abacates chegam a 34 % da produção, sendo o ataque de pragas, estresse ambiental e falta de padrão para comercialização, os principais fatores (REETZ, 2015). Apesar do volume expressivo dos prejuízos no campo, há carência de estudos que visem o desenvolvimento de produtos a partir de abacates inadequados para a comercialização.

O abacate possui alto valor nutricional devido ao seu alto teor de óleos insaturados, que podem chegar até 79 % dos ácidos graxos presentes no mesocarpo, sendo 13,6 % polinsaturados (FERREYRA et al., 2016). Além disso, trata-se de uma importante fonte de moléculas bioativas (vitaminas C e E) que protegem as células contra os efeitos danosos dos

radicais livres (BARROS et al., 2016). Os frutos são climatérios e apresenta alta taxa respiratória e elevada produção de etileno após a colheita, fato que ocasiona seu rápido amadurecimento. Esse comportamento pode ser influenciado diretamente pela temperatura e pelo tempo de armazenamento (KLUGE, 2002).

Dessa forma, o elevado teor de lipídeos, o torna excelente alimento em termos nutricionais e substrato ideal para a reação de saponificação. A saponificação é considerada hidrólise alcalina, onde um éster e uma base forte reagem produzindo um álcool e um sal orgânico, denominado sabão (RITTNER, 1995). A produção artesanal de sabão é considerada uma medida sustentável, já que minimiza o descarte de materiais no meio ambiente e, em geral, é realizada de maneira simples e com baixo custo.

Diante deste contexto, o objetivo do presente trabalho foi testar formulações à base de polpas de abacates para produção de sabão e avaliar sua qualidade, visando à reutilização dos refugos gerados no campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de Bioquímica, Fitopatologia e Genética Molecular (BIOFITOMOL) da Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba. Trinta e seis frutos de abacate (nove de cada uma das variedades Breda, Fortuna, Hass e Margarida) foram coletados em uma propriedade rural localizada a 19° 25' 42" S, 46° 14' 43" W; altitude de 1180 m, no município de Rio Paranaíba, MG, Brasil. Os frutos foram acondicionados sobre bancadas, onde permaneceram a temperatura ambiente até o seu completo amadurecimento.

A polpa dos abacates foi obtida após o descascamento e descaroçamento de todos os frutos. Para a produção do sabão foram testadas várias formulações, utilizando-se diferentes proporções de polpa (40, 45, 50, 60 e 70 %), de hidróxido de sódio (8, 9, 10, 12 e 15 %), de amido (0, 1, 2 e 5 %) e álcool etílico (10, 20 e 30 %). Foi incorporado também, resíduo de óleo comestível em quantidades suficientes para completar 100 % em cada formulação. O

tempo de agitação (15, 30 e 60 min.) e a temperatura de aquecimento (20, 50, 70 e 85°C) foram analisados. Foram testadas várias proporções para a obtenção de formulação que contivesse quantidades estritamente necessárias de cada componente e cujo produto final atendesse aos requisitos de boa qualidade.

No Brasil, não há legislação específica para controle de qualidade de sabão artesanal. Portanto, para averiguar as características de qualidade das formulações, utilizou-se como referência a legislação aplicada aos saneantes industriais (BRASIL 2001; 2008). Os parâmetros determinados foram alcalinidade livre, pH, poder espumante e emulgente.

A alcalinidade foi determinada através de titulação de 1 g da amostra dissolvida em 20 mL de álcool etílico neutralizado (KATZ, 2000). Para a determinação do potencial hidrogeniônico (pH) do sabão foi utilizado o método eletrométrico (pHmetro TEKNa, T1000). O poder espumante das amostras foi avaliado através da dissolução de 10 g do sabão em 100 mL de água, com auxílio de um agitador mecânico, por 2 min. O poder emulgente foi analisado adicionando, a uma mistura de água e óleo, 15 mL da solução de sabão. Essa mistura foi mantida em mesa agitadora orbital (Tecnal, TE-145) por 5 min e a capacidade de estabilizar emulsões gordurosas foi observada (KATZ, 2000).

Todas as análises foram realizadas com três repetições e em triplicata. Os valores de alcalinidade e pH foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o programa estatístico R 3.0.2 (R CORE TEAM, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Formulações com teores de polpa acima de 50 % apresentaram consistência ruim, o que dificultou no desenforme da amostra (Figura 1a). Houve também relação direta entre a quantidade de hidróxido de sódio e a consistência do produto. Entretanto, nas formulações com valores acima de 10 % de hidróxido de sódio, houve deposição da base na superfície do sabão (Figura 1b), tornando-o com aspecto anormal e impróprio para o uso. O caráter

prejudicial do excesso das bases fortes em saponáceos está relacionado às suas propriedades corrosivas e desidratantes, sendo muito agressiva à pele e olhos (SCHMID-WENDTNER E KORTING, 2006; ZANASI JÚNIOR et al., 2008). Além do mais, elas podem aumentar o pH do esgoto doméstico, desequilibrando o pH de rios ou lagos e interferindo em todo ecossistema (SINGH, 2015). A proporção de 50 % de polpa de abacate e 10 % de base mostrou-se a mais adequada para a confecção do sabão (Figura 1c).

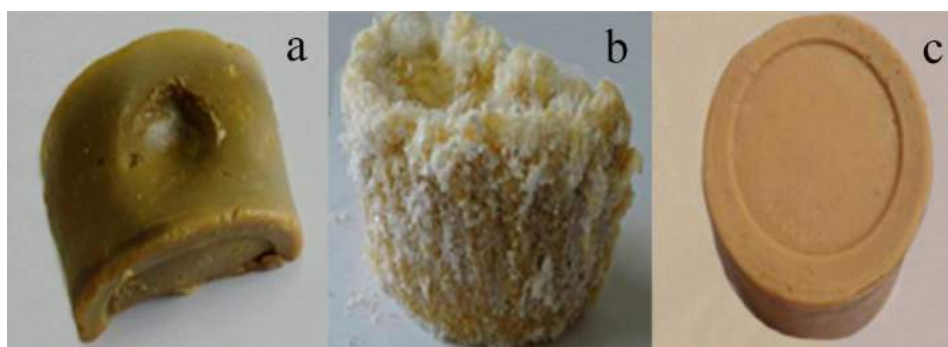


Figura 1- Sabões produzidos com polpa de abacate a partir de diferentes formulações. a) 70 % de polpa, 9 % de resíduo de óleo comestível e 10 % NaOH; b) 50 % de polpa, 24 % de resíduo de óleo comestível e 15 % NaOH e c) 50 % de polpa, 29 % de resíduo de óleo comestível e 10 % NaOH.

A adição de amido e álcool etílico melhorou a consistência do sabão. O amido é usado como agente espessante em diversos produtos devido a sua capacidade de geleificação (HOLMES E SOLENDER, 1981). Já o álcool auxilia no processo de transesterificação, reação na qual o etanol reage com triglicerídeos formando a glicerina, substância que intensifica a consistência da amostra (FROEHNER et al., 2007). Como todas as concentrações testadas foram eficientes no espessamento e considerando o custo do produto final, foram selecionadas as menores concentrações de amido e álcool para a produção de um sabão com consistência adequada (1 % amido e 10 % álcool).

A temperatura e o tempo de agitação são fatores importantes na fabricação de sabão, uma vez que eles influenciam diretamente a consistência e homogeneidade do produto. Nas temperaturas de 20°C e 50°C, o tempo de agitação necessário para homogeneizar

adequadamente as amostras foi de 60 min, enquanto a 70°C e 85°C obteve-se mistura com cor e consistência mais uniforme em menor tempo, 30 min. Considerando os custos operacionais e o tempo de fabricação dos sabões, selecionou-se a temperatura de 70°C, a qual foi bastante efetiva na homogeneização e na aceleração do processo.

Para que sabões caseiros não ofereçam riscos à saúde e tenha qualidade satisfatória, alguns fatores devem ser considerados, como o índice de saponificação. Esse índice reflete a quantidade de base necessária para reagir com os diferentes tipos de óleos e gorduras (KATZ, 2000). A quantidade de base, por sua vez, influencia diretamente nos valores de alcalinidade e pH dos sabões. A RDC n° 40 de 2008 permite a comercialização dos produtos incluídos na categoria sabões, aqueles que apresentam alcalinidade livre máxima de 1 % p/p e a RDC n° 184 de 2001 estabelece limites de pH, maior do que 2,0 e menor do que 11,5, para produtos saneantes domissanitários e afins (BRASIL 2001; 2008). Dessa forma, verificou-se que todas as amostras de sabão artesanal com três dias de fabricação apresentaram valores de alcalinidade e pH acima dos padrões exigidos pela legislação (Tabela 1). Observou-se também, diferença significativa destes parâmetros, quando sabões artesanais fabricados a partir das formulações foram comparados com os sabões comerciais (Tabela 1).

Tabela 1- Alcalinidade livre e pH dos sabões de abacate artesanais obtidos de diferentes formulações, após 3 e 20 dias de fabricação.

Formulação	Teor de Massa de abacate, Óleo e NaOH (%)	Alcalinidade após 3 dias (% Na ₂ O)	Alcalinidade após 20 dias (% Na ₂ O)	pH após 3 dias	pH após 20 dias
1	50, 31, 8	1,95 ± 0,04 ^a	0,14 ± 0,03 ^a	11,33 ± 0,03 ^a	9,54 ± 0,03 ^a
2	45, 35, 9	1,60 ± 0,08 ^b	0,76 ± 0,07 ^b	11,63 ± 0,07 ^b	10,37 ± 0,07 ^b
3	60, 19, 10	1,98 ± 0,04 ^a	1,98 ± 0,03 ^c	11,79 ± 0,03 ^c	10,39 ± 0,03 ^b
4	70, 9, 10	3,51 ± 0,04 ^c	1,18 ± 0,04 ^d	12,07 ± 0,04 ^d	10,57 ± 0,04 ^c
5	50, 29, 10	2,16 ± 0,07 ^d	0,07 ± 0,07 ^a	11,61 ± 0,07 ^b	9,85 ± 0,07 ^d
6	40, 39, 10	3,61 ± 0,05 ^c	0,06 ± 0,05 ^a	12,01 ± 0,05 ^d	9,34 ± 0,05 ^e
7	50, 27, 12	2,91 ± 0,04 ^e	0,37 ± 0,04 ^e	11,97 ± 0,04 ^d	10,02 ± 0,04 ^f
8	50, 24, 15	6,51 ± 0,06 ^f	0,58 ± 0,05 ^f	12,11 ± 0,05 ^d	10,33 ± 0,05 ^b
Amostra comercial 1	-	0,13 ± 0,03 ^g	0,10 ± 0,02 ^a	10,72 ± 0,02 ^e	10,67 ± 0,02 ^{eg}
Amostra comercial 2	-	0,16 ± 0,04 ^g	0,14 ± 0,04 ^a	10,86 ± 0,04 ^e	10,75 ± 0,04 ^g

Média ± Desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 %.

Normalmente, o sal produzido pela reação de saponificação possui característica básica. Apesar dos sabões alcalinos removerem melhor as sujidades do que os neutros, em decorrência das interações com as moléculas lipofílicas, a alcalinidade excessiva pode deixar o sabão impróprio para o uso, devido a sua ação cáustica (SCHMID-WENDTNER E KORTING, 2006). No presente trabalho, observou-se que após vinte dias de fabricação, os sabões artesanais apresentaram uma redução significativa da alcalinidade e pH, com exceção das formulações 3 e 4 (Tabela 1). Tais formulações continham as menores quantidades de resíduo de óleo comestível, que é considerado um dos substratos essenciais para a fabricação do sabão, e isso diminuiu a neutralização de hidroxilas livres da base, resultando em elevados valores de alcalinidade livre e pH do produto final.

O poder espumante dos sabões fabricados a partir das diferentes formulações foi semelhante ao das amostras comerciais. Sabões cujo conteúdo de hidróxido de sódio estava

acima de 12 %, apresentaram maior capacidade de formação de espuma. A eficiência de um sabão também depende de sua capacidade de formar emulsões com moléculas apolares. Na emulsão, as moléculas de sabão formam micelas que envolvem a sujeira dispersando-as mais facilmente na solução (KATZ, 2000). Neste caso, as amostras com teores de 60 e 70 % de massa de abacate foram menos eficientes na estabilização da emulsão de gordura.

4. CONCLUSÕES

A aplicação da polpa de abacate maduro como ingrediente na formulação de sabão é viável. A formulação com 50 % de polpa de abacate, 10 % de hidróxido de sódio, 1 % de amido, 10 % de álcool, 29 % de resíduo de óleo e submetidos a agitação por 30 min a 70°C atende as exigências legais de qualidade e os padrões de detergência.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa; ao Grupo Tsuge pelo acesso e disponibilização dos frutos utilizados nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

- BARROS, H.D.F.Q.; COUTINHO, J.P.; GRIMALDI, R.; GODOY, H.T.; CABRAL, F.A. Simultaneous extraction of edible oil from avocado and capsanthin from red bell pepper using supercritical carbon dioxide as solvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, v.107, p.315-320, 2016.
- BESEN, G.R.; RIBEIRO, H.; GÜNTHER, W.M.R.; JACOBI, P.R. Coleta seletiva na região metropolitana de São Paulo: impactos da política nacional de resíduos sólidos. **Ambiente & Sociedade**, v.XVII, p.259-278, 2014.
- BRASIL, Distrito Federal - Brasília. Resolução RDC n. 184, de 22 de outubro de 2001. Registro de produtos saneantes domissanitários e afins, de uso domiciliar, institucional e profissional. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 out. 2001.

- BRASIL, Distrito Federal - Brasília. Resolução RDC n. 40, de 05 de junho de 2008. Aprova o regulamento técnico para produtos de limpeza e afins harmonizado no âmbito do Mercosul através da resolução GMC n. 47/07. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 jun. 2008.
- FERREYRA, R. SELLÉS, G.; SAAVEDRA, J.; ORTIZ, J.; ZÚÑINGA, C.; TRONCOSO, C.; RIVERA, S.A.; GONZÁLEZ-AGÜERO, M.; DEFILIPPI, B.G. Identification of pre-harvest factors that affect fatty acid profiles of avocado fruit (*Persea americana* Mill) cv. 'Hass' at harvest. **South African Journal of Botany**, v.104, p.15-20, 2016.
- FROEHNER, S.; LEITHOLD, J.; LIMA JUNIOR, L.F. Transesterificação de óleos vegetais: caracterização por cromatografia em camada delgada e densidade. **Química Nova**, v.30, p.2016-2019, 2007.
- HOLMES, Z.A.; SOLENDER, A. Macrostructure of selected raw starches and selected heated starch dispersion. **Journal of the American Dietetic Association**, v.78, p.153-160, 1981.
- KATZ, D.A. **The science of soaps and detergents**. 2000. Disponível em: <http://www.chymist.com/Soap%20and%20detergent.pdf>. Acesso: 30 out. 2016.
- KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; MARTINEZ, O.R.; BRACKMANN, A. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.895-901, 2002.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). 2015. **Desperdício de alimentos tem consequências no clima, na água, na terra e na biodiversidade**. Disponível em: <https://www.fao.org.br/dacatb.asp>. Acesso em: 29 set. 2016.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.
- REETZ, E.R. **Anuário brasileiro da Fruticultura 2014**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 104p.
- RITTNER, H. **Sabão: tecnologia e utilização**. 1 ed. São Paulo: Câmara Brasileira do livro, 1995. 527p.

- SCHMID-WENDTNER, M.H.; KORTING, H.C. The pH of the skin surface and its impact on the barrier function. **Skin Pharmacology and Physiology**, v.19, p.296-302, 2006.
- SINGH, E. Analysis of physicochemical features of a polluted sewage disposal in Ludhiana. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v.7, p.889-891, 2015.
- SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W.C. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2007. 321p.
- ZANASI JÚNIOR, S.; FILHO, G.V.P.; WATASE, A.G.; BATISTA, R.Z.; OREL, M.; BRIANEZI, E.R.; TEIXEIRA, L.F.C. Queimadura por soda cáustica. **Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde**, v.33, p.40-43, 2008.

SELEÇÃO DE SOLOS DA REGIÃO DE VIÇOSA PARA UTILIZAÇÃO COMO BARREIRA QUÍMICA PARA METAIS PESADOS

SELECTION OF SOILS OF THE VIÇOSA REGION FOR USE AS A CHEMICAL BARRIER FOR HEAVY METALS

E. F. MEDINA¹, J. M. M. PIRES¹, F. S. D. OLIVEIRA² e B. E. C. SILVA¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos e Nutrição de Plantas

² Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
E-mail: e.medinaufv@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade de troca de cátions; metais pesados; sorção; latossolo; contaminação.

KEYWORDS: Cation exchange capacity; heavy metals; sorption; latosol; contamination.

RESUMO: *A atividade antrópica é responsável pela contaminação do meio ambiente com metais pesados. Dentre essas atividades destacam-se a mineração e o lixo gerado pela população. Os metais pesados podem sofrer lixiviação alcançando o lençol freático causando danos muitos sérios para população que por acaso venha a utilizar aquela água. A utilização de solos, com certas características, como barreiras para o movimento de íons de metais pesados é de fundamental importância para a preservação do meio ambiente. Análises químicas e físicas foram feitas para caracterizar 8 amostras de solos da região de Viçosa-MG. Maiores teores de argila são importantes para impedir a maior lixiviação desses metais para camadas mais profundas do solo. A análise do pH e dos teores de matéria orgânica também é fundamental para a decisão de qual solo será utilizado como barreira química para metais pesados. Quanto mais alto o pH e os teores de matéria orgânica do solo, menor a mobilidade dos metais pesados.*

ABSTRACT: *Anthropogenic activity is responsible for the contamination of the environment with heavy metals. Among these activities stand out the mining and the garbage generated by the population. Heavy metals can undergo leaching to reach the water table causing serious damage to the population that happens to use that water. The use of soils, with certain characteristics, as barriers for the movement of heavy metal ions is of fundamental importance for the preservation of the environment. Chemical and physical analyzes were performed to characterize 8 soil samples from the Viçosa-MG region. Higher clay content is important to prevent higher leaching of these metals to deeper layers of the soil. The analysis of pH and organic matter content is also*

fundamental for the decision of which soil will be used as a chemical barrier for heavy metals. The higher the pH and soil organic matter content, the lower the mobility of heavy metals.

1. INTRODUÇÃO

Diversas situações práticas como a disposição de resíduos industriais, de mineração e domésticos em aterros podem ocasionar fontes de poluição do solo e das águas sub-superficiais. Nesse sentido, os metais pesados, tóxicos em determinadas concentrações, são contaminantes importantes.

A contaminação do solo por metais advém, principalmente, da disposição de resíduos urbanos domiciliares e industriais, da deposição atmosférica proveniente de emissões de veículos automotivos e das indústrias e também das práticas agrícolas, pelo uso cada vez mais intensivo de fertilizantes, corretivos, pesticidas e resíduos urbanos e industriais nas lavouras (ALLOWAY, 1995). O potencial de dano destes elementos agrava-se quando os mesmos são absorvidos pelas plantas e quando sua quantidade excede a máxima capacidade de retenção do solo, tornando-se facilmente lixiviáveis, com conseqüente aporte em águas subterrâneas (STIGLIANI, 1988).

Conjuntamente ao crescimento populacional e ao aumento na geração de resíduos, têm crescido a demanda por tecnologias que diminuam o impacto ambiental provocado por este crescimento, em particular, os sistemas de barreiras selantes, utilizados para minimizar a infiltração de percolados e conter a migração de contaminantes para o solo e águas subterrâneas em áreas de disposição de resíduos (NASCENTES, 2006).

Os metais pesados são cátions que, em sua maioria, apresentam mobilidade razoavelmente limitada no solo e na água subterrânea devido à sorção na superfície da fração sólida do meio poroso (FETTER, 1993). Entretanto, alguns metais podem ter a mobilidade aumentada quando se encontram em competição com outros preferencialmente adsorvidos pelo solo. A mobilidade dos metais é, geralmente, maior em solos arenosos e ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e com baixo teor de matéria orgânica e de argila.

Estudos sobre o comportamento de metais pesados no solo têm concluído que a retenção desses elementos no meio depende da natureza da fase sólida e da proporção de seus constituintes,

de propriedades da fase líquida e das espécies metálicas presentes na solução do solo (YUAN E LAVKULICH, 1997; NAIDU et al., 1998).

Os metais pesados podem ser encontrados na solução do solo, adsorvidos eletrostaticamente nos sítios de troca (adsorção não-específica), incorporados na superfície da fase inorgânica (adsorção específica), participando de reações de precipitação e dissolução e/ou ligados a compostos orgânicos (ALLOWAY, 1995).

A concentração de metais pesados na solução do solo resulta do equilíbrio entre as reações de precipitação, dissolução, complexação e adsorção, estas por sua vez são influenciadas por diversos fatores, como tipo de solo, clima, cultura e forma química dos elementos. Dentre as propriedades do solo que influenciam as reações dos metais e sua mobilidade no mesmo incluem-se a superfície específica, a textura, a temperatura, o pH, o potencial redox, a capacidade de troca catiônica (CTC), a quantidade de matéria orgânica, a quantidade e o tipo de minerais de argila, o tipo e a quantidade de metais e a competição iônica (MATOS, 1999).

A mobilidade dos metais está inversamente relacionada à adsorção (retenção) dos mesmos no solo. O pH tem grande influência na adsorção de metais pesados, já que, em conjunto com o potencial redox, determina o equilíbrio entre as formas iônicas e hidrolisadas dos metais. Os íons, quando mantidos nas superfícies negativamente carregadas do solo por ação da força eletrostática, têm nas suas valências o fator de maior importância na determinação da adsorção. Para íons de mesma valência, a preferência de adsorção está relacionada ao raio hidratado do cátion. De acordo com este critério, dentre os metais, Cd, Zn, Cu e Pb, comumente presentes em locais de disposição de resíduos, o cobre seria o metal menos competitivo e o chumbo mais competitivo, no que se refere à adsorção (NASCENTES, 2006).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar e comparar os 8 solos coletados e analisados, a fim de verificar qual o solo ou grupo de solos que melhor se enquadra para ser utilizado como barreira química de metais pesados, ou seja, qual dentre esses solos possui maior capacidade de retenção dos metais pesados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Em abril de 2013 foram coletadas 8 amostras de diferentes solos na região de Viçosa - MG. As coletas processaram-se a profundidade 0-20 cm com trado holandês, sendo o solo armazenado

em sacos plásticos. As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha de 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As análises físicas e químicas seguiram, de forma geral, as recomendações da EMBRAPA (1997). Na TFSA, foram determinados granulometria, curva de retenção de água, Al, Ca e Mg trocáveis, acidez potencial (Al + H), K e Na trocáveis, pH em água, pH em KCl 1,0 mol L⁻¹ e carbono orgânico. Com os resultados obtidos nas análises do complexo sortivo, foram calculadas a soma de bases trocáveis (SB), a capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC) e as saturações por bases (V) e por Al (m). As determinações de Fe, Al, Ti, P e Si foram obtidas após tratamento da TFSA com H₂SO₄ 1:1 (volume).

Parâmetros, tais como quantidade de areia grossa, areia fina, silte e argila presente em cada solo; pH em H₂O e em KCl de cada amostra; CTC efetiva; além do teor de matéria orgânica e da concentração de diversos metais em oito amostras de solo foram analisados, visto que tais aspectos influenciam no comportamento dos solos quanto a sua capacidade de reter ou não metais pesados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mobilidade dos metais pesados tende a ser menor em solos argilosos e maior em solos arenosos (BRADL, 2004). Deve-se salientar que todos os solos em análise se caracterizam pelo predomínio da fração argila, sendo classificados texturalmente como argilosos (Tabela 1). Assim, considerando-se esse aspecto, o solo 4 é o que apresenta menor mobilidade dos metais, pois é o solo que apresenta maior relação argila/areia. Ou seja, é um dos solos que possui maior teor de argila e menor teor de areia. A baixa mobilidade de metais nesse caso deve-se ao fato de que a adsorção em solos ocorre principalmente em argilominerais, pois estes apresentam um desbalanceamento elétrico em virtude das substituições de cátions no retículo cristalino por outros de menor valência. Além disso, a capacidade de remoção de um soluto pelo solo está relacionada com a área superficial disponível, que tende a ser maior em minerais de argila (OLIVEIRA, 2015).

Tabela 1 - Análise física dos 8 solos em estudo, onde avaliou-se no horizonte A (0,2 m de profundidade) equivalente em umidade (kg/kg), quantidade de areia grossa, areia fina, silte e argila (dag/kg) e classe textural.

Grupo	Equiv. Umidade kg/kg	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe textural
1	0,454	8	12	32	48	Argiloso
2	0,260	20	23	15	42	Argiloso
3	0,280	24	12	8	56	Argiloso
4	0,393	3	19	24	54	Argiloso
5	0,270	25	16	14	45	Argiloso
6	0,274	25	15	11	49	Argiloso
7	0,253	15	20	15	50	Argiloso
8	0,341	16	19	12	53	Argiloso

Os solos em estudo se trataram de latossolos desenvolvidos do gnaisse, com teores elevados de óxidos de Fe e Al (dados não mostrados) e que por natureza, são empobrecidos em elementos traços, diferentemente do que se é observado em solos desenvolvidos de rochas básicas.

Quanto maior a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo menor a mobilidade de metais apresentada pelo mesmo. Assim, analisando-se a CTC efetiva (t), o solo 7 caracteriza-se por ser o que deve apresentar menor mobilidade dos metais, visto ser o que apresenta o maior valor de t (Tabela 2).

Sabe-se também que a mobilidade dos metais pesados é, geralmente, menor em solos que apresentam alto teor de matéria orgânica. A afinidade da matéria orgânica pelos metais é justificada pela configuração e profusão de grupos fenólicos e, principalmente carboxílicos, tal afinidade manifesta-se pela exposição de sítios de adsorção, sendo, portanto, similar à adsorção de argilas silicatadas e óxidos (SCHLAUTMAN E MORGAN, 1994). Os solos 1, 3 e 4 apresentam maiores teores de matéria orgânica (Tabela 2), tendendo a formar complexos com os metais, principalmente Cu, Mn e Zn, diminuindo a disponibilidade destes elementos na solução.

Tabela 2 - Análise química dos 8 solos em estudo, onde avaliou-se no horizonte A (0,2 m de profundidade) soma de bases (SB, $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), CTC efetiva (t, $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), CTC potencial a pH 7,0 (T, $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), saturação por bases e por alumínio (V e m respectivamente, %), conteúdo de matéria-orgânica (MO, dag/kg) e fósforo remanescente (P-rem, mg/L).

Grupo	SB	t $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$	T	V	m	MO dag/kg	P-rem mg/L
1	2,58	2,68	7,78	33,2	3,7	4,91	13,9
2	1,81	1,91	6,11	29,6	5,2	3,49	17,6
3	0,40	1,96	14,9	2,7	79,6	5,04	10,8
4	2,28	2,48	7,08	32,2	8,1	4,52	17,9
5	1,44	1,83	6,64	21,7	21,3	2,97	17,4
6	1,24	1,63	6,44	19,3	23,9	2,33	19,9
7	5,27	5,47	8,37	63,0	3,7	2,20	16,8
8	0,55	1,92	8,55	6,4	71,4	4,13	15,3

Analisando-se o fósforo remanescente (P-rem) (Tabela 2), também se tem uma ideia do alto teor de argila que é apresentado pelo solo 3. Maiores teores de matéria orgânica associados a baixos valores de P-rem, indicam qualidades que podem ser aproveitadas por solos a serem utilizados com agentes adsorvedores de metais, como por exemplo, a adsorção de espécies aniônicas.

Solos ácidos tendem a apresentar maior mobilidade de metais pesados (cátions). No que tange a esse aspecto, os 8 solos apresentados caracterizam-se por serem ácidos (Tabela 3), sendo o solo 7 o que deve apresentar menor mobilidade destes metais, por ser o que apresenta o maior pH. Tal fato pode ser explicado porque grande parte das cargas presentes nos solos são dependentes de pH (argilominerais 1:1 e óxidos de Fe, Al e Mn), ou seja, à medida que o pH aumenta, o número de cargas negativas aumenta e à medida que o pH diminui, aumenta o número de cargas positivas. Assim, havendo um maior número de cargas negativas no solo (pH alto) essas cargas atrairão os metais pesados (carregados positivamente), ocasionando adsorção não específica e reduzindo a mobilidade dos metais pesados no solo, visto que estes não mais estarão disponíveis (TEMMINGHOFF et al., 1995). Além disso, com o aumento do pH, estes metais tendem a serem adsorvidos de forma específica pelos óxidos de Fe e Al, ou sofrerem complexação com ácidos húmicos do solo, diminuindo assim, sua atividade em solução.

Tabela 3 - Análise química dos 8 solos em estudo, onde avaliou-se no horizonte A (0,2 m de profundidade) pH em H₂O e KCl, concentração de P, K e Na (mg dm⁻³), concentração de Ca, Mg e Al (cmol_c dm⁻³) e acidez potencial (H + Al, cmol_c dm⁻³).

Grupo	pH		P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
	H ₂ O	KCl							
1	5,48	4,38	1,7	48		2,00	0,46	0,10	5,20
2	5,58	4,58	1,3	26		1,14	0,60	0,10	4,30
3	4,51	4,11	2,4	72		0,14	0,08	1,56	14,50
4	5,64	4,50	1,3	37		1,34	0,85	0,20	4,80
5	4,93	4,26	1,1	28		0,67	0,70	0,39	5,20
6	4,99	4,24	1,1	25		0,68	0,50	0,39	5,20
7	6,24	4,86	0,8	18		4,03	1,19	0,20	1,90
8	4,59	4,15	1,8	34		0,36	0,10	1,37	8,00

Para uma possível utilização desses solos como barreira química, sendo recomenda retirada de material de sua área original, o horizonte a ser trabalhado teria que ser o A. Em virtude do desconhecimento da profundidade do horizonte B, retiradas de material que levasse à exposição do horizonte C, causariam impactos ambientais indesejados. Os latossolos da região de viçosa desenvolvidos a partir do gnaisse mesocrático apresentam um horizonte C facilmente erodível em virtude do menor grau de estruturação do mesmo.

4. CONCLUSÕES

A partir dos dados das análises químicas e físicas dos oito solos avaliados, separa-se um grupo com potencial capacidade para a atuação como barreira química para metais pesados. Este grupo é composto pelos solos 1, 3, 4 e 7. Outras análises como por exemplo, de isotermas de Langmuir e Freundlich, também seriam interessantes maneiras para se avaliar o comportamento dos solos analisados frente a adsorção de diferentes metais.

REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B.J. Introduction. In: ALLOWAY, B.J. (Ed.). **Heavy metals in soils**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons. 1995, p.3-10.
- BRADL, H.B. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.277, n.1, p.1-18, 2004.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1)
- FETTER, C. W. **Contaminant hydrogeology**. Macmillan publishing company. New York, USA, 1993.
- MATOS, A.T. **Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão do zinco, cádmio, cobre e chumbo em solos do Município de Viçosa – MG**. 1999. 183 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.
- NAIDU, R; SUMNER, M.E.; HARTE, R.D. Sorption of heavy metals in strongly weathered soils: an overview. **Environmental Geochemistry and Health**, v.20, n.1, p.5-9, 1998.
- NASCENTES, R. **Estudo da mobilidade de metais pesados em um solo residual compactado**. 2006. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- OLIVEIRA, F.S.D. **Utilização de resíduos de construção e demolição reciclados na sorção de Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} e As^{5+}** . 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.
- SCHLAUTMAN, M.A.; MORGAN, J.J. Adsorption of aquatic humic substances on colloidal size aluminum oxide particles: influence of solution chemistry. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.58, n.20, p.4293-4303, 1994.
- STIGLIANI, W.M. Changes in valued “capacities” of soils and sediments as indicators of nonlinear and time-delayed environmental effects. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.10, n.3, p.245-307, 1988.
- TEMMINGHOFF, E.J.M.; ZEE, S.; HAAN, F.A.M. Speciation and calcium competition effects on cadmium sorption by sandy soil at various pHs. **European Journal of Soil Science**, v.46, n.4, p.649-655, 1995.
- YUAN, G.; LAVKULICH, L.M. Sorption behavior of copper, zinc, and cadmium in response to simulated changes in soil properties. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v.28, n.6-8, p.571-587, 1997.

TOLERANCIA DA CEBOLA A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PRÉ-EMERGÊNCIA

ONION TOLERANCE TO APPLICATION OF HERBICIDES IN PRE-EMERGENCY

A. C. L. P. ASSIS¹, V. P. MIRANDA¹, A. R. BARBOSA¹, D. P. ALVES¹ e M. R. REIS¹

E-mail: ana_pereira_assis@hotmail.com

¹Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias

PALAVRAS-CHAVE: *Allium cepa*; flumioxazin; oxadiazon; Sirius.

KEYWORDS: *Allium cepa*; flumioxazin; oxadiazon; Sirius.

Resumo: *A presença de plantas daninhas ocasiona grande redução na produtividade da cebola. Todavia, a cebola é muito sensível à herbicidas em seus estádios iniciais, principalmente quando realizada a semeadura direta. Objetivou-se avaliar a tolerância da cebola à herbicidas aplicados em pré-emergência das plantas de cebola e das plantas daninhas, em condições de campo. O experimento foi realizado na área experimental da COOPADAP, município de Rio Paranaíba-MG, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram: oxyfluorfen (12 e 24 g ha⁻¹); s-metolachor (480 e 960 g ha⁻¹); oxadiazon (125 e 250 g ha⁻¹); flumioxazin (12,5 e 25 g ha⁻¹) e uma testemunha capinada. Foi avaliado estande, altura de plantas, produtividade e classificação. A produtividade e a qualidade dos bulbos foram influenciadas pelo herbicida aplicado. As maiores produtividades foram alcançadas com o uso de oxyfluorfen. Concluiu-se que a cebola é tolerante ao oxyfluorfen nas doses de 12 e 24 g ha⁻¹.*

ABSTRACT: *The presence of weeds causes a great reduction in onion productivity. However, onions are very sensitive to herbicides in their early stages, especially when direct sowing is performed. The objective of this study was to evaluate the tolerance of onion to herbicides applied in pre-emergence of onion and weed plants under field conditions. The experiment was carried out in the experimental area of COOPADAP, Rio Paranaíba-MG, Brazil, in a randomized complete block design, with four replications. The treatments were: oxyfluorfen (12 and 24 g ha⁻¹); S-metolachor (480 and 960 g ha⁻¹); oxadiazon (125 and 250 g*

ha⁻¹); flumioxazin (12.5 and 25 g ha⁻¹) and a weed control. The stand, height of plants, productivity and classification were evaluated. The productivity and quality of the bulbs were influenced by the applied herbicide. The highest productivities were achieved with the use of oxyfluorfen. It was concluded that the onion is tolerant to oxyfluorfen at doses of 12 and 24 g ha⁻¹.

1. INTRODUÇÃO

As olerícolas são de grande importância tanto econômica quanto nutricionalmente. O Brasil possui mais de 70 espécies de olerícolas cultivadas e consumidas refletindo em sistemas de manejo distintos, tendo as aliáceas um papel importante no cenário nacional de olericultura (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2013).

O alto investimento tecnológico nas lavouras por parte dos produtores tem contribuído para um melhor desempenho da cultura. O cultivo de olerícolas, incluindo a cebola, exige altos níveis de fertilidade, irrigações sistemáticas e preparo intensivo do solo, condições que também favorecem as populações de plantas daninhas (PEREIRA et al., 2008). Dentre os métodos de controle de plantas daninhas, destaca-se a capina manual e controle químico. Contudo, o controle manual é um método mais caro, elevando o custo de produção (KARIMI et al., 2012).

Na semeadura direta a cebola é uma competidora mais fraca até o seu estabelecimento, no campo, sendo mais sensível aos danos mecânicos e a herbicidas, utilizados nos estádios iniciais da cultura, provocando o crescimento reduzido devido a efeitos fitotóxicos (FERREIRA, 1999).

A presença de plantas daninhas, em cultivo de cebola, pode levar à redução de bulbos comerciais em 100% (JEAN-SIMON et al., 2012). Tal sensibilidade se deve a arquitetura foliar cilíndrica e ereta e ao lento crescimento inicial, o que oferece baixa capacidade supressora das infestantes, resultando conseqüentemente em um longo período crítico de prevenção à interferência (PCPI), que varia de 40 a 100 dias (SOARES et al., 2003; QASEM, 2006).

Neste cenário, mostra-se indispensável o manejo integrado de plantas daninhas, bem como o uso do controle químico para garantir o cultivo em larga escala. Em sistema de semeadura direta as plantas daninhas devem ser controladas antes que a cebola atinja o estágio de duas folhas (DUNAN et al., 1996). Porém, existem poucas moléculas registradas para a cultura da cebola (AGROFIT, 2017) especialmente que se mostrem seletivas para a cultura nos seus estádios iniciais de desenvolvimento. Esses herbicidas afetam características agronômicas desejáveis que levam então a redução de bulbos comerciais (FERREIRA et al., 1999).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a tolerância da cultura da cebola à herbicidas aplicados em pré-emergência da cebola e das plantas daninhas, em condições de campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da COOPADAP – Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba, no município de Rio Paranaíba-MG, com altitude média de 1107 metros, entre os meses de março e julho de 2016. Os dados climatológicos da área experimental são apresentados na Figura 1.

A área se dispunha de sistema de irrigação via pivô, para atender o requerimento hídrico da cultura. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa. O clima é do tipo Cwa de acordo com a classificação de Köppen Geiger. Havia baixa infestação de plantas daninhas, com predominância de plantas de canola (*Brassica napus*).

A semeadura direta foi realizada com quatro linhas duplas por canteiro, espaçadas 12 cm entre si e 20 cm entre as linhas duplas. O híbrido utilizado foi o “Sirius”, sendo distribuídas um milhão e duzentas mil sementes por hectare. Foi realizada uma adubação de plantio com 750 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ de N e 150 kg ha⁻¹ de K₂O. Aos 20 e 40 dias após a emergência foi realizada adubação de cobertura com 45 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

As aplicações foram realizadas antes da emergência da cebola, um dia após a semeadura. Os tratamentos estão descritos na Tabela 1. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 36 parcelas experimentais. As dimensões de cada parcela experimental foram de 1,30 m (4 linhas duplas) x 8 m de comprimento.

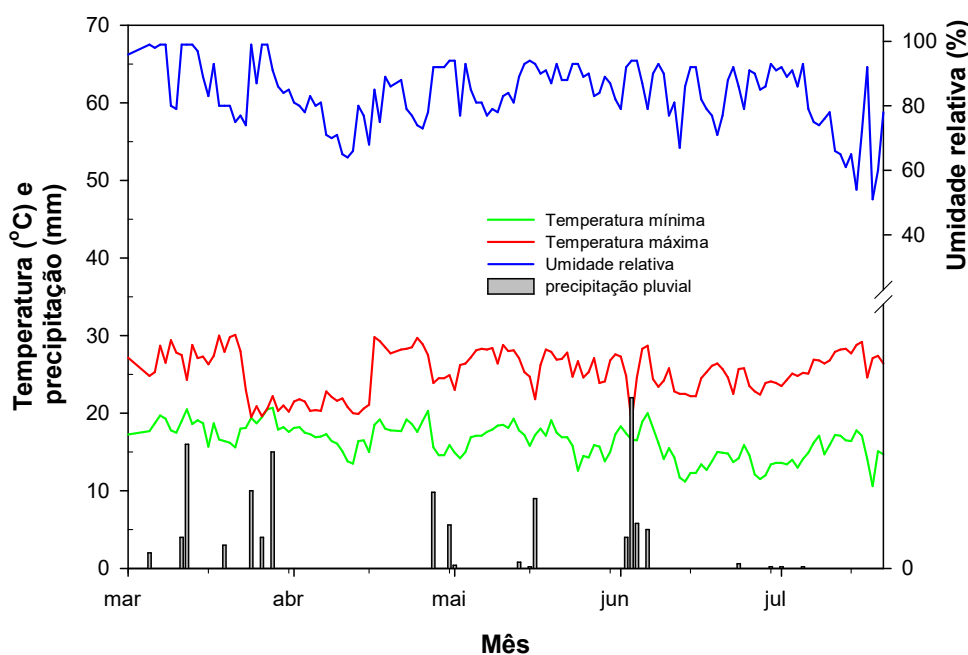


Figura 1 - Dados climatológicos da área experimental da COOPADAP de março a julho de 2016.

Para a aplicação dos herbicidas, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO₂ a 200 kPa, munido de barra com três pontas de jato plano (tipo “leque”) 110.02, espaçadas de 0,5 m, a 0,5 m acima da superfície do solo e volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos aplicados em pré-emergência da cultura e das plantas daninhas.

Tratamento	Ingrediente ativo	Dose (g ha ⁻¹)
1	Oxyfluorfen	12
2	Oxyfluorfen	24
3	s-metolachlor	480
4	s-metolachlor	960
5	Oxadiazon	125
6	Oxadiazon	250
7	Flumioxazin	12,5
8	Flumioxazin	25
Testemunha capinada	-----	----

Aos 10 (1ª folha) e 26 (3ª folha) dias após a emergência (DAE) da cultura, avaliou-se o estande de plantas, sendo demarcados, com estacas de madeira, dois metros dentro das linhas duplas centrais e realizada a contagem direta das plantas de cebola.

A altura foi avaliada aos 47 (5ª folha) e 68 (7ª folha) DAE com o uso de uma régua, medindo-se desde a base da planta, no nível do solo, até a ponta da folha mais alta da planta.

Aos 133 dias após o plantio realizou-se a colheita. Foram colhidas 200 plantas por parcela, descartando uma linha simples de cada lado e meio metro entre parcelas. Foram removidas as raízes e as folhas e, posteriormente, os bulbos foram classificados em classes 2 (3,5 – 5 cm), 3 (5 – 6 cm), 3 cheio (6 – 7 cm), 4 (7 – 9 cm), 5 (> 9 cm) e descarte (Classe 1 < 3,5 cm), segundo o diâmetro equatorial conforme proposto pela CEAGESP (2017). Os bulbos de cada classe foram pesados em balança analítica e estimada a produtividade comercial (Classes 2, 3, 3 cheio, 4 e 5), descarte (Classe 1) e total.

Os dados foram submetidos à ANOVA e, quando significativos ($p < 0,05$), avaliados pelo critério de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. O software utilizado foi o R versão i386 3.2.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos submetidos a 960 g ha⁻¹ de s-metolachlor, 250 g ha⁻¹ de oxadiazon e flumioxazin nas doses de 12,5 e 25 g ha⁻¹, tiveram seu estande reduzido. O flumioxazin na dose de 12,5 g ha⁻¹, aos 26 DAE ocasionou, ainda, 15% de redução na população de plantas. Com o aumento de sua dose para 25 g ha⁻¹ aumentou-se também a mortalidade das plantas, levando a um decréscimo de 84,9 e 79,7% no estande de plantas, aos 10 e 25 DAE, respectivamente, em relação ao tratamento controle sem aplicação de herbicida conforme mostrado na Tabela 2. Ferreira et al. (2000) observaram redução do estande de plantas com aplicação de oxyfluorfen (0,192 kg ha⁻¹) em pós emergência.

Em relação ao estande de plantas, apenas o oxyfluorfen não ocasionou redução nas maiores doses. Apenas aos 68 DAE não houve redução da altura das plantas, com os tratamentos oxyfluorfen na dose de 24 g ha⁻¹ e de flumioxazin na dose de 12,5 g ha⁻¹, como mostrado na Tabela 2.

A intoxicação por herbicidas ocasiona danos que afetam tanto diretamente como indiretamente a produtividade final, como redução na altura, estande de plantas e redução da qualidade de bulbos comerciais (ROBINSON et al., 2008).

Tabela 2 - Estande da cultura e altura das plantas de cebola cultivada em área submetida a aplicação de herbicidas em pré-emergência.

Tratamento (g ha ⁻¹)	Nº plantas/ 2 m fileira dupla		Altura (cm)	
	10 DAE	26 DAE	47 DAE	68 DAE
oxyfluorfen (12)	63,00 a	64,00 a	34,99 b	68,15 b
oxyfluorfen (24)	60,25 a	57,75 b	33,33 b	69,80 a
s-metolachlor (480)	57,75 a	50,75 c	32,48 b	62,31 c
s-metolachlor (960)	46,33 b	24,33 f	13,51 e	36,81 e
oxadiazon(125)	60,50 a	57,75 b	33,35 b	67,30 b
oxadiazon (250)	37,00 c	34,00 e	23,78 d	52,98 d
flumioxazin (12,5)	57,00 a	46,00 d	34,22 b	71,44 a
flumioxazin (25)	9,00 d	11,00 g	27,31 c	53,19 d
Testemunha capinada	59,75 a	54,13 c	37,78 a	74,63 a
Média	50,06	44,41	30,08	61,84
F tratamento	74,73*	97,16*	69,35*	73,34*
CV (%)	8,09	8,08	6,07	4,56

Nas colunas, médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. *Significativo a 5% pelo teste F. DAE= Dias após a emergência da cultura.

O herbicida flumioxazin (25 g ha⁻¹), exceto para a classe 5, reduziu a produtividade de bulbos dentro de todas as classificações conforme mostrado na Tabela 3. O fato de produzir predominantemente bulbos de maior diâmetro está relacionado com a grande redução do estande da cultura conforme mostrado na Tabela 2, onde o maior espaçamento entre as plantas proporcionou o desenvolvimento de bulbos de maior diâmetro. Tal resultado evidencia a elevada sensibilidade da cultura a esse produto, principalmente, com a elevação da dose, uma vez que, utilizando a metade da dose (12,5 g ha⁻¹) a produtividade da cultura foi menos prejudicada.

O oxyfluorfen, nas doses de 12 e 24 g ha⁻¹, e o oxadiazon, na dose de 125 g ha⁻¹, não influenciaram a produtividade dentro da classe 3. Destacam-se os tratamentos com aplicação de oxyfluorfen, onde foi verificado a maior produtividade comercial e total, além, da maior produtividade dentro da classe 3 cheio conforme mostrado na Tabela 3, sendo considerada a

classe de maior valor comercial. Fazer uso desse produto no controle das plantas daninhas, além de evitar a interferência ocasionada pelas infestantes, pode vir a contribuir, nas referidas doses, para a produção de cebolas de melhor qualidade e de maior apreciação pelo mercado.

A maior produtividade de cebolas de menor diâmetro e, conseqüentemente, o maior descarte, com 0,86 toneladas a mais que a testemunha, foi observado com aplicação de 960 g ha⁻¹ de s-metolachlor conforme mostrado na Tabela 3. As plantas de cebola cultivadas em área que receberam esse produto tiveram seu ciclo retardado, o que pode ser comprovado pelas avaliações de altura das plantas em que as plantas de menor porte encontravam-se nas parcelas onde foi aplicado esse produto conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Produtividade comercial, descarte, total e produtividade por classes de diâmetro dos bulbos de cebola cultivada em área submetida a aplicação de herbicidas em pré-emergência.

Tratamento (g ha ⁻¹)	Produtividade (t/ha)							
	Classes					Comercial	Descarte	Total
	2	3	3 cheio	4	5			
oxyfluorfen (12)	5,3 a	16,6 a	41,6 a	60,5 a	2,4 c	127,5 a	0,3 c	127,7 a
oxyfluorfen (24)	3,3 b	16,4 a	45,2 a	54,4 a	5,7 b	125,0 a	0,0 d	125,0 a
s-metolachlor (480)	5,7 a	8,9 b	24,1 d	35,2 c	3,1 c	74,3 d	0,6 b	86,8 c
s-metolachlor (960)	6,0 a	7,0 c	7,6 f	12,5 e	2,0 c	35,1 f	1,5 a	36,5 f
oxadiazon (125)	6,8 a	16,6 a	32,6 c	45,7 b	1,7 c	104,0 c	0,8 b	104,8 b
oxadiazon (250)	4,0 b	5,5 c	12,6 e	26,3 d	9,2 a	57,4 e	0,3 c	60,8 e
flumioxazin (12,5)	3,8 b	10,1 b	24,9 d	34,0 c	1,6 c	73,8 d	0,5 b	74,1 d
flumioxazin (25)	0,3 c	1,3 d	3,3 f	6,0 e	9,6 a	20,4 g	0,1 d	28,2 g
Testemunha capinada	3,3 b	15,7 a	36,7 b	53,3 a	3,0 c	112,0 b	0,6 b	112,6 b
Média	4,2	10,9	25,4	36,4	4,2	81,1	0,5	84,1
F tratamento	15,88*	41,32*	88,75*	66,47*	48,30*	205,06*	41,31*	173,16*
CV (%)	23,03	16,28	12,57	12,78	21,43	6,68	26,19	6,57

Nas colunas, médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo critério de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. *Significativo a 5% pelo teste F. Diâmetro por classe: 2 (3,5 – 5 cm), 3 (5 – 6 cm), 3 cheio (6 – 7 cm), 4 (7 – 9 cm), 5 (> 9 cm), descarte (< 3,5 cm).

S-metolachlor aplicado em pré-emergência, na dose de 1,92 Kg ha⁻¹ ocasionou 25% de redução na produtividade da cebola e não tem mostrado controle satisfatório das plantas daninhas (HUSSAIN et al., 2008). Além disso, nos tratamentos onde foram aplicados 960 g ha⁻¹ de s-metolachlor, 250 g ha⁻¹ de oxadiazon e 25 g ha⁻¹ de flumioxazin esse efeito de retardamento sobre a cultura foi tão pronunciado que as plantas de cebola se mantiveram eretas até o dia da colheita, em contrapartida, nos demais tratamentos as plantas encontravam-se estaladas, já no ponto de colheita.

S-metolachlor (560 Kg ha⁻¹), dose intermediária à utilizada no experimento mostrou seletividade à cebolinha. Do mesmo modo, aplicações em pós emergência de Oxyfluorfen (134 Kg ha⁻¹) causaram baixas injurias às plantas, mostrando que este ultimo herbicida tem potencial uso tanto em pré quanto em pós emergência (NORSWORTHY et al., 2007).

4. CONCLUSÃO

A cebola é tolerante ao oxyfluorfen nas doses de 12 e 24 g ha⁻¹, aplicado em pré-emergência.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento e Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio concedido, ao Núcleo de Estudos de Herbicidas na Planta e no Solo (NEHPSOL) pelo suporte na condução do experimento e à Universidade Federal de Viçosa (UFV) pelo apoio técnico e pelo espaço cedido.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Agrotóxicos.** Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 31 jan. 2017.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2013. Disponível em: <http://www.icna.org.br/sites/default/files/artigo/Anuario_hortalicas_2013_0.pdf>. Acessado em: 07/05/2016.
- DUNAN, C.M.; WESTRA, P.; MOORE, F.; CHAPMAN, P. Modelling the effect duration of weed competition, weed density and weed competitiveness on seeded, irrigated onion. **Weed Research**, v.36, p.259-269, 1996.
- FERREIRA, L.R.; DURIGAN, J.C.; CHURATA-MASCA, G.C. Eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura da cebola em semeadura direta. **Planta Daninha**, v.17, n.1, p.63-72, 1999.
- FERREIRA, L.R.; DURIGAN, J.C.; CHURATA-MASCA, M.G.C.; FERREIRA, F.A.; SILVA, A.A. Seletividade e eficácia da aplicação sequencial de oxyfluorfen e de

- ioxynil-octanoato, em semeadura direta de cebola. **Planta Daninha**, v.18, n. 1, p. 9-50, 2000.
- HUSSAIN, Z.; MARWAT; K.B.; SHAH; S.I.A.; ARIFULLAH; S.A.; KHAN; N.M. Evaluation of different herbicides for weed control in onion. **Sharad Journal Agriculture**, v.24, n.3, p.453-456, 2008.
- JEAN-SIMON, L.; MONT-GERARD, J.; SANDER, J. Effect of early season weed competition duration on onion yield. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.125, n.1, p.226-228, 2012.
- KARIMI, M.I.; HASSAN, G.; KHAN, M.I.; KHAN, I.; KHAN, I.A.; BIBI, S. The impact of chemical and non-chemical weed control methods on weeds dynamics and on the yield of onion (*Allium cepa* L.). **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v.18, n.2, p. 255-263, 2012.
- PEREIRA, W. Manejo e controle de plantas daninhas em hortaliças. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Eds). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 603-658.
- QASEM, J.R. Response of onion (*Allium cepa*) plants to fertilizers, weed competition duration, and planting times in the central Jordan Valley. **Weed Biology and Management**, v.6, n.4, p.212-220, 2006.
- ROBINSON, D.E. Atrazine accentuates carryover injury from mesotrione in vegetable crops. **Weed Technology**, v.22, n. 4, p. 641-645, 2008.
- SOARES, D.J.; PITELLI, R.A.; BRAZ, L.T.; GRAVENA, R.; TOLEDO, R.E.B. Período interferência de plantas daninhas a cultura da cebola. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.387-396, 2003.

TOLERÂNCIA DE CEBOLA AO FLUMIOXAZIN EM FUNÇÃO DO TEOR DA CERA EPICUTICULAR

TOLERANCE OF ONION TO FLUMIOXAZIN IN AS RELATED TO EPICUTICULAR WAX

D. O. ASSUNÇÃO¹, A. C. L. P. ASSIS¹, V. P. MIRANDA¹, C. A. GOMES¹ e M. R. REIS¹

¹Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, Instituto de Ciências Agrárias

PALAVRAS CHAVE: *Allium cepa*; cerosidade; cultivares; herbicida.

KEYWORDS: *Allium cepa*; waxiness; cultivars; herbicide.

RESUMO: *O flumioxazin é uma alternativa no controle de plantas daninhas em cebola, porém, mostra-se seletivo após o estágio de quatro folhas. A presença de cera é um dos mecanismos de tolerância à herbicidas, todavia, o teor é variável em diferentes cultivares. Objetivou-se relacionar a presença de cera epicuticular à tolerância da cebola ao flumioxazin, nos estádios iniciais. O material vegetal foi cultivado em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizados, com quatro repetições. Foram montados oito experimentos, um para cada cultivar. O herbicida foi aplicado nos estádios de uma e três folhas, nas doses de 0, 15 e 30 g ha⁻¹. Foi avaliado fitotoxicidade, massa seca de raízes, bulbo e parte aérea e teor de cera das folhas. As cultivares Aquarius, Sírius e TPX20 apresentaram maior teor de cera epicuticular, no entanto, tiveram maiores reduções de massa de folhas, raízes e bulbos. O teor de cera foliar não caracteriza maior tolerância das plantas de cebola ao flumioxazin.*

ABSTRACT: *Flumioxazin is an alternative in the control of weeds in onion, however, it is selective after the four-leaf stage. The presence of wax is one of the mechanisms of tolerance to herbicides, however, the content is variable in different cultivars. The objective of this study was to relate the presence of epicuticular wax to the tolerance of onion to flumioxazin, in the early stages. The plant material was grown in a completely randomized design, with four replications. Eight experiments were set up, one for each cultivar. The herbicide was applied in the stages of one and three leaves, at doses of 0, 15 and 30 g ha⁻¹. Phytotoxicity, dry mass of roots, bulb and aerial part and leaf wax content were evaluated. The cultivars*

Aquarius, Sirius and TPX20 presented higher content of epicuticular wax, however, they had greater reductions in leaf mass, roots and bulbs. The leaf wax content does not characterize greater tolerance of onion plants to flumioxazin.

1. INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma olerícola de grande importância econômica no cenário nacional. Utilizada na condimentação alimentar, a produção nacional no ano de 2015 foi 1,5 milhões de toneladas (IBGE, 2015).

A presença de plantas daninhas na cultura da cebola está intimamente relacionada com a produtividade da cultura. Devido ao seu lento crescimento inicial, suas folhas serem eretas e cilíndricas e baixa cobertura do solo, ela se torna pouco competitiva por recursos. Deste modo, em cultivos com alta incidência de plantas daninhas, a produtividade da cebola pode ter perdas de 100% de bulbos comerciais (SIMON-JEAN et al., 2012).

O uso de herbicidas é uma alternativa mais eficaz, de alto rendimento e mais barato no controle de plantas daninhas em cebola, no entanto, alguns herbicidas mesmo seletivos podem causar danos às culturas. O flumioxazin é um herbicida seletivo para a cultura em pós emergência (NORSWORTHY, 2007). No entanto, este herbicida, causa danos severos à cultura em seus estádios iniciais (HAAR, 2002). Uma alternativa para minimizar o efeito fitotóxico de herbicidas é o uso de subdoses nos estádios iniciais da cultura (uma e três folhas).

Dentre os fatores relacionados à tolerância da cebola a herbicidas aplicados em pós emergência, destaca-se a presença de cera em suas folhas. Cultivares que apresentam maior teor de cera epicuticular, em geral, apresentam maior tolerância a herbicidas, pois dificulta a sua absorção pelas folhas (FERREIRA E COSTA, 1982). Na literatura ainda são escassos trabalhos que quantifiquem e caracterizem a cera presente nas folhas. A classificação da cebola quanto ao seu teor de cera é feita por notas de 1 a 5, em que 1 é um material sem cerosidade, 3 um grupo intermediário e 5 um material muito ceroso. Essa classificação é realizada com base na coloração das folhas. Os materiais com maior deposição de cera apresentam folhas de coloração verde-opaca, essa coloração se torna menos intensa com o

decréscimo da deposição de cera até o grupo 1 que têm coloração verde brilhante devido a ausência de cera (FARIA, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância da cebola ao flumioxazin em função do teor e característica da cera epicuticular em diferentes cultivares nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal de Viçosa, campus Rio Paranaíba, Rio Paranaíba - MG em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso de 5 dm³ contendo oito plantas de cebola. O substrato utilizado foi um Latossolo Vermelho distroférrico, textura argilosa, coletado em uma profundidade de 0-10 cm, peneirado em malha de 5 mm.

Os tratamentos foram compostos por doses de flumioxazin aplicados nos estádios iniciais das diferentes cultivares (15 e 30 g ha⁻¹ nos estádios de uma folha e 15 e 50 g ha⁻¹, nos estádios de três folhas) e oito cultivares (Aquarius, Lucinda, Optima, Sirius, Soberana, TPX 18612, TPX 20561). No dia da aplicação do herbicida foram coletadas plantas de quatro vasos e levadas para laboratório para análise da cera epicuticular.

A aplicação foi realizada por um pulverizador costal pressurizado a CO₂, operando à pressão constante de 2,0 kgf cm⁻², equipado com barra de duas pontas TT 110.02 espaçadas de 50 cm, a uma altura de 50 cm do alvo, e volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) do herbicida foram avaliados a altura e intoxicação visual das plantas através de escala de notas na qual 0% representa nenhuma injúria e 100 % morte das plantas, conforme a metodologia da SBCPD (1995). Aos 110 DAA o material vegetal foi coletado e separado folhas, bulbos e raízes e levados para estufa de circulação forçada em 72° C por 48 horas e após isso foi pesado em balança analítica.

As amostras coletadas para a retirada da cera foliar foram dispostas separadamente por repetição em placas de Petri. Em capela de exaustão foi colocado 3 ml de clorofórmio em cada placa, agitando levemente por 20 segundos. Posteriormente a solução foi filtrada em papel filtro e colocada em tubos de ensaio, previamente pesados, e deixada em capela de exaustão para a evaporação do clorofórmio. Após completa evaporação, o conteúdo sólido

(cera) foi pesado. Determinou-se o teor de cera em função da área foliar coletada. A área foliar foi determinada através de fotografia digital e análise de imagem utilizando o software ImageJ.

Os dados referentes aos experimentos foram submetidos à análise de variância, e quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação de herbicida as plantas apresentaram leves sintomas de intoxicação pelo herbicida. Os sintomas são caracterizados pela formação de pontos cloróticos nas folhas. Os pontos cloróticos foram observados apenas aos 7 dias após a aplicação do herbicida (DAA), aos 14 DAA as plantas já não apresentavam sintomas de intoxicação (dados não apresentados). O aumento dos sintomas foi ainda, maior na maior dose de herbicida utilizado em todas as cultivares avaliadas. A cultivar que apresentou maior sensibilidade foi a TPX 20561 com 10% de intoxicação, na maior dose de herbicida utilizado, enquanto a cultivar TPX 18612 apresentou apenas 1,88%, na mesma dose conforme apresentado na Tabela 1.

O baixo efeito de fitointoxicação nas plantas e o rápido desaparecimento dos sintomas deve-se à ação de contato do herbicida, que possui dificuldade em translocar pela planta.

A massa de matéria seca de bulbos não foi afetada nas cultivares Optima, Soberana e TPX 20561, independente da dose de herbicida utilizado. Entretanto, nas cultivares Predileta, Sírius, TPX 18612 e Aquarius houve redução quando realizada a aplicação do herbicida. Essa redução foi ainda maior com o aumento da dose, exceto no cultivar Sírius conforme apresentado na Tabela 2. A massa de matéria seca de folhas sofreu redução nas cultivares Predileta, Optima, Sírius, TPX 20561, TPX 18612, tendo aumento redução nas maiores doses de herbicida aplicada conforme apresentado na Tabela 3. A massa de matéria seca de raízes apenas foi afetado nas cultivares TPX 20561 e TPX 18612, tendo maior redução apenas na maior dose de herbicida conforme apresentado na Tabela 4.

O uso de subdoses de flumioxazin, nos estádios iniciais da cultura, se mostra como alternativa na redução de danos à cebola. Aplicações de 0,036 kg de flumioxazin ha⁻¹, nos estádios de duas e quatro folhas, tem demonstrado eficiência no controle de plantas daninhas sem comprometer a produtividade da cebola (HERRMAN et al., 2017).

Tabela 1 - Fitotoxicidade das plantas de cebola aos 7 dias após aplicação de flumioxazin nos estádios de 1 folha.

Predileta			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	0,00	3,00 ^{ns}	200
15 g ha ⁻¹	0,00		
30 g ha ⁻¹	2,50		
Lucinda			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	0,00 a	21,50**	61,24
15 g ha ⁻¹	0,63 a		
30 g ha ⁻¹	4,38 b		
Optima			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	0,00 a	8,14**	75,59
15 g ha ⁻¹	1,25 ab		
30 g ha ⁻¹	3,13 b		
Sírius			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	0,00 a	5,25*	115,47
15 g ha ⁻¹	1,25 ab		
30 g ha ⁻¹	6,25 b		
Soberana			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	0,00 a	13,36**	94,76
15 g ha ⁻¹	0,00 a		
30 g ha ⁻¹	8,75 b		
TPX 20561			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	0,00 a	13,00**	69,28
15 g ha ⁻¹	2,50 a		
30 g ha ⁻¹	10,00 b		
TPX 18612			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	0,00	1,50 ^{ns}	187,08
15 g ha ⁻¹	0,63		
30 g ha ⁻¹	1,88		
Aquarius			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	0,00	2,48 ^{ns}	137,02
15 g ha ⁻¹	1,25		
30 g ha ⁻¹	3,13		

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$); ^{ns}, *, ** não significativo e significativo pelo teste F a 5 e 1%, respectivamente.

Tabela 2 - Massa de matéria seca de bulbo (g/8 plantas) aos 110 dias após aplicação de flumioxazin.

Predileta			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	1,88 a	7,09**	15,95
15 g ha ⁻¹	1,63 ab		
30 g ha ⁻¹	2,45 b		
Lucinda			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	6,20 b	8,62*	10,58
15 g ha ⁻¹	4,59 a		
30 g ha ⁻¹	5,09 a		
Optima			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	1,76	0,67 ^{ns}	9,82
15 g ha ⁻¹	1,84		
30 g ha ⁻¹	1,91		
Sírius			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	2,38 a	51,51**	11,55
15 g ha ⁻¹	5,71 c		
30 g ha ⁻¹	3,96 b		
Soberana			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	7,81	1,04 ^{ns}	10,26
15 g ha ⁻¹	7,04		
30 g ha ⁻¹	7,53		
TPX 20561			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	1,41	3,51 ^{ns}	22,06
15 g ha ⁻¹	1,75		
30 g ha ⁻¹	2,13		
TPX 18612			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	2,25 a	8,33*	17,78
15 g ha ⁻¹	3,78 b		
30 g ha ⁻¹	3,51 b		
Aquarius			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	6,90 a	7,81**	12,41
15 g ha ⁻¹	5,54 ab		
30 g ha ⁻¹	4,93 b		

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$); ^{ns}, *, ** não significativo e significativo pelo teste F a 5 e 1%, respectivamente.

Tabela 3 - Massa de matéria seca de folha (g/8 plantas) aos 110 dias após aplicação de flumioxazin.

Predileta			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	1,85 a	10,36*	15,88
15 g ha ⁻¹	2,72 b		
30 g ha ⁻¹	3,12 b		
Lucinda			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	3,85	2,32 ^{ns}	9,22
15 g ha ⁻¹	4,42		
30 g ha ⁻¹	4,28		
Optima			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	1,99 a	14,50*	10,39
15 g ha ⁻¹	2,94 b		
30 g ha ⁻¹	2,79 b		
Sírius			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	3,48 a	25,50*	4,87
15 g ha ⁻¹	4,06 b		
30 g ha ⁻¹	3,19 a		
Soberana			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	4,76	2,41 ^{ns}	9,78
15 g ha ⁻¹	4,09		
30 g ha ⁻¹	4,50		
TPX 20561			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	2,57 a	15,30*	11,64
15 g ha ⁻¹	2,25 a		
30 g ha ⁻¹	3,46 b		
TPX 18612			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	2,17 a	15,10*	15,56
15 g ha ⁻¹	3,25 b		
30 g ha ⁻¹	4,08 b		
Aquarius			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	4,25	2,76 ^{ns}	10,48
15 g ha ⁻¹	3,71		
30 g ha ⁻¹	3,63		

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$); ^{ns}, *, ** não significativo e significativo pelo teste F a 5 e 1%, respectivamente.

Tabela 4 - Massa de matéria seca de raiz (g/8 plantas) aos 110 dias após aplicação de flumioxazin.

Predileta			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	2,29	0,52 ^{ns}	17,50
15 g ha ⁻¹	2,35		
30 g ha ⁻¹	2,58		
Lucinda			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	5,16	1,01 ^{ns}	10,64
15 g ha ⁻¹	4,91		
30 g ha ⁻¹	4,64		
Optima			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	1,74 a	8,47 ^{**}	13,36
15 g ha ⁻¹	2,48 b		
30 g ha ⁻¹	1,89 a		
Sírius			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	2,67 a	13,02 ^{**}	8,06
15 g ha ⁻¹	3,17 ab		
30 g ha ⁻¹	3,59 b		
Soberana			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	3,28	0,40 ^{ns}	14,15
15 g ha ⁻¹	3,16		
30 g ha ⁻¹	3,45		
TPX 20561			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	1,87 a	11,18	8,94
15 g ha ⁻¹	1,82 a		
30 g ha ⁻¹	2,36 b		
TPX 18612			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	1,72 a	8,28 ^{**}	17,17
15 g ha ⁻¹	2,38 ab		
30 g ha ⁻¹	2,87 b		
Aquarius			
Dose Flumioxazin		F	CV %
Testemunha	3,85	1,35 ^{ns}	11,63
15 g ha ⁻¹	3,88		
30 g ha ⁻¹	3,43		

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$); ^{ns}, *, ** não significativo e significativo pelo teste F a 5 e 1%, respectivamente.

No estágio de primeira folha a cultivar Aquarius apresentou o maior teor de cera epicuticular, seguida da cultivar Soberana. Enquanto as cultivares TPX 20561 e Lucinda foram as cultivares que apresentaram os menores teor de cera conforme apresentado na Tabela 5. No estágio de terceira folha, contudo, a cultivar Sirius apresentou maior teor de cera em suas folhas enquanto, TPX 18612, Predileta e Soberana apresentaram os menores teor de cera em suas folhas.

A presença de cera epicuticular é uma característica variável com o genótipo e condições edafoclimáticas relacionada a mecanismos de defesa da planta. O teor de cera é variável em diferentes cultivares, estádios fenológicos e sob diferentes condições edafoclimáticas (FERREIRA E COSTA, 1982b). Além disso, a cera está entre os fatores relacionados à tolerância da cebola a herbicidas aplicados em pós emergência por dificultar a absorção (FERREIRA E COSTA, 1982b).

Tabela 5 - Teor de cera epicuticular na cebola nos estádios de uma e três folhas.

Estádio uma folha	
Cultivar	$\mu\text{g cm}^{-2}$
TPX 20561	27,93 g
TPX 18612	31,34 d
Predileta	28,46 f
Optima	39,15 c
Sirius	30,32 e
Soberana	41,07 b
Aquarius	47,49 a
Lucinda	22,47 h
CV (%) = 0,09	
Estádio três folhas	
Cultivar	$\mu\text{g cm}^{-2}$
TPX 20561	72,76 b
TPX 18612	46,78 cd
Predileta	40,83 de
Optima	58,84 bc
Sirius	120,93 a
Soberana	38,61 de
Aquarius	58,85 bc
Lucinda	24,47 e
CV (%) = 12,52	

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$); ns, *, ** não significativo e significativo pelo teste F a 5 e 1%, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

As cultivares Optima, Soberana e TPX 20561 não tiveram a produção de bulbos afetados.

As cultivares Aquarius e Sirius apresentam maior teor de cera nos estádios de 1 e 3 folhas, respectivamente.

O teor de cera foliar não caracteriza maior tolerância das plantas de cebola ao flumioxazin

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento e Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio concedido, ao Núcleo de Estudos de Herbicidas na Planta e no Solo (NEHPSOL) pelo suporte na condução do experimento e à Universidade Federal de Viçosa (UFV) pelo apoio técnico e pelo espaço cedido.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT, 2016. Disponível em: <
http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons > Acessado em:
07/05/2016.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2013. Disponível em: <
http://www.icna.org.br/sites/default/files/artigo/Anuario_hortalicas_2013_0.pdf >
Acessado em: 07/05/2016.
- BOYD, N. S. Pepper and tomato root uptake of paraquat and flumioxazin. **Weed Technology**, v.28, n.4, p.626-632, 2014.
- CARRETERO, D.M. 2008. **Efeitos da inibição da protoporfirinogênio IX oxidase sobre as trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill)**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 57f.
- DAMALAS, C.A. Distribution, biology, and agricultural importance of *Galinsoga*

- parviflora* (Asteraceae). **Weed Biology and Management**, v.8, n.3, p.147-153, 2008.
- FERRELL, J.A.; VENCILL, W.K.; XIA, K.; GREY, T.L. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ionexchange resin. **Pest Management Science**, v.61, n.1, p.40-46, 2005.
- JAREMTCHUK, C.C.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; ALONSO, D.G.; ARANTES, J.G.Z.; BIFFE, D.F.; ROSO, A.C.; CAVALIERI, S.D. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.191-196, 2009.
- KARIMI, M.I.; HASSAN, G.; KHAN, M.I.; KHAN, I.; KHAN, I.A.; BIBI, S. The impact of chemical and non-chemical weed control methods on weeds dynamics and on the yield of onion (*Allium cepa* L.). **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v.18, n.2, p.255-263, 2012.
- MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; SANTOS, C.T.D. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.375-380, 2001.
- OLIVEIRA JR.; R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**, 2011.
- ROMAN, E.E.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M.A.; WOLF, T.M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 160 p., 2007.
- SBCPD - Sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995.
- SIKKEMA, P.H.; SOLTANI, N.; DEEN, W.; ROBINSON, D.E. Effect of s-metolachlor application timing on cabbage tolerance. **Crop Protection**, v.26, n.12, p.1755-1758, 2007.
- SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o Sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n. 1, p.71-78, 2002.
- SOARES, I.A.A.; FREITAS, F.C.L.; NEGREIROS, M.Z; FREIRE, G.M.; AROUCHA, E.M.M.; GRANGEIRO, L.C.; LOPES, W.A.R.; DOMBROSKI, J.L.D. Interferência

das plantas daninhas sobre a produtividade e qualidade de cenoura. **Planta Daninha**, v.28, n.2, p.247-254, 2010.

QASEM, J.R. Allelopathic potential of white top and syrian sage on vegetable crops. **Agronomy Journal**, v.93, n.1, p.64–71, 2010.

TIBURCIO, R.A.S.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; MACHADO, M.S.; MACHADO, A.F.L. Controle de plantas daninhas e seletividade do flumioxazin para eucalipto. **Cerne**, v.18, n.4, p.523-531, 2012.