

JOÃO JOSÉ DA SILVA NETO

**INTER-RELAÇÕES MORFOLÓGICAS INDUZIDAS POR
PACLOBUTRAZOL EM *CAPSICUM* SPP.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

S586i
2018 Silva Neto, João José da, 1986-
Inter-relações morfológicas induzidas por paclobutrazol em
Capsicum spp. / João José da Silva Neto. – Viçosa, MG, 2018.
viii, 46 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Pimenta. 2. *Capsicum*. 3. Plantas - Reguladores.
4. Plantas ornamentais. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Genética e Melhoramento. II. Título.

CDD 22. ed. 633.84

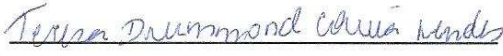
JOÃO JOSÉ DA SILVA NETO


**INTER-RELAÇÕES MORFOLÓGICAS INDUZIDAS POR
PACLOBUTRAZOL EM *CAPSICUM* SPP.**


Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 22 de Fevereiro de 2018.


Rusthon Magno Cortez dos Santos


Teresa Drummond Correia Mendes


Tânia Pires da Silva


Fernanda Cristina Silva Ribeiro



Fernando Luiz Finger
(Orientador)

Ao meu primeiro professor e Pai Vital Antônio Lucena Silva (in memoriam)

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus a quem sempre entrego meus caminhos, minhas dúvidas, medos, indecisões. Agradeço por sempre me mostrar o caminho correto a seguir.

Aos meus queridos pais, Vital Antônio Lucena Silva (*in memoriam*) e Cosma Alves Lucena Silva (Zaninha), por terem me educado, me preparado para o mundo e lutado por mim em todos os momentos da minha vida.

Ao meu filho que involuntariamente me dá forças para encarar e superar os obstáculos da vida.

Ao professor Finger, pelo acolhimento no laboratório, orientações e pela simplicidade em conduzir a profissão professor, sendo pra mim um exemplo.

A Minha Irmã Adriana, companheira, amiga, confidente, mãe. Sempre me entendendo e fazendo questão de me ajudar sem medir esforços.

Ao meu irmão Vital Filho (Bino) por ser aporte e mesmo distante se fazer sempre presente.

As pessoas importantes na minha vida que mesmo na distância se fizeram presentes nos bons e maus momentos desta caminhada: Marinaldo, Ana Caroline e Lillian.

Aos queridos amigos Mayana, Naysa e Rusthom que em tempos de tantas turbulências ajudaram de forma direta para a conclusão do doutorado e também ao amigo well pelas frequentes hospedagens.

Aos amigos e companheiros de república em Viçosa: Vitor, Cleverson, Bruno, Robertinho, Gabriel, Lucas e Kyle.

À Universidade Federal de Viçosa onde sempre foi um sonho estudar, pela acolhida e oportunidade para realização desse trabalho;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

JOÃO JOSÉ DA SILVA NETO, filho de Cosma Alves Lucena Silva e Vital Antônio Lucena Silva, nasceu na cidade de Campina Grande, Paraíba, em 15 de julho de 1986.

Em julho de 2011, graduou-se em Agronomia, pela Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB.

Em março de 2014, concluiu Mestrado em Agronomia (Agricultura Tropical), Pela Universidade Federal da Paraíba.

Em abril de 2014 ingressou no doutorado em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. GERAL	4
2.2. ESPECÍFICOS	4
3. LITERATURA CITADA	5

CAPÍTULO I

Efeito do paclobutrazol sobre características morfológicas de pimenteiras (*Capsicum* spp.)

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1. LOCAL E MATERIAL VEGETAL	12
2.2. PRODUÇÃO DE MUDAS, TRATOS CULTURAIS E APLICAÇÃO DO REGULADOR	12
2.3. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÕES	20
5. LITERATURA CITADA	21

CAPÍTULO II

Efeito do paclobutrazol nas correlações entre características morfológicas de pimenteiras

RESUMO	26
ABSTRACT	27
1. INTRODUÇÃO	28
2. MATEIRAL E MÉTODOS	30
2.1. LOCAL E MATERIAL VEGETAL	30

2.2.	INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	30
2.3.	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	31
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.	CONCLUSÃO.....	37
5.	LITERATURA CITADA	43
	CONCLUSÕES GERAIS	46

RESUMO

SILVA NETO, João José da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018.
Inter-relações morfológicas induzidas por paclobutrazol em *Capsicum* spp.
Orientador: Fernando Luiz Finger.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito do regulador de crescimento paclobutrazol (PBZ) sobre as características morfológicas relacionadas ao potencial ornamental de variedades de pimenteiras. Além disso, avaliou-se as causas das relações entre caracteres e como elas se comportam frente às variações ambientais. Sementes de quatro variedades de pimenteiras foram utilizadas: duas da espécie *Capsicum annuum* (BGH 7073 e EPAMIG amarela) e duas da espécie *Capsicum chinense* (Pitanga vermelha e Pitanga amarela). Foi realizada a aplicação do paclobutrazol (PBZ) após as mudas atingirem altura entre 10 e 15 cm de altura. Dessa forma, aplicou-se em cada planta 100 mL da solução de PBZ diretamente no substrato de cultivo, nas concentrações de 0, 5, 10 e 15 mg L⁻¹. Os caracteres quantitativos avaliados foram: altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR). As plantas foram tratadas com as mesmas concentrações do regulador de crescimento PBZ sendo cada concentração considerada um ambiente distinto. A partir disso, foram estimadas as correlações fenotípicas (r_f), genotípica (r_g) e ambientais (r_a), e realizada uma análise de estratificação de ambientes através do método tradicional de estratificação baseado no algoritmo de Lin (1982). O paclobutrazol foi eficiente na regulação do crescimento das variedades de pimenteiras utilizadas. A correlação entre caracteres mesmo sendo de causas genéticas permanentes, pode não ser expressa fenotipicamente ao se utilizar o PBZ, assim é possível utilizar este regulador visando à regulação de uma característica sem afetar também as características com ela correlacionadas. O método de estratificação ambiental de Lin (1982) indicou que a utilização de diferentes doses de PBZ resultou na formação de ambientes distintos para o desenvolvimento das variedades estudadas. Diante dos resultados verificados é possível concluir que o ideótipo ornamental de pimenteiras pode ser obtido com a utilização do PBZ. Além disso, dependendo da característica em interesse, tendo ambientes correlacionados, o pesquisador pode optar pela utilização da dose menor visando economia do regulador.

ABSTRACT

SILVA NETO, João José da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Interrelation morphological induced by paclobutrazol in *Capsicum* spp.** Adviser: Fernando Luiz Finger.

This study aimed to evaluate the effect of the growth regulator paclobutrazol (PBZ) on the morphological characteristics related to the potential for ornamental use of pepper varieties. Also, the objective of this study was to determine the causes of the relationships between characters and how they behave on the face of environmental variations. Seeds from four varieties of peppers were used: two of the *Capsicum annuum* (BGH 7073 and EPAMIG) and two of the species *Capsicum chinense* (Red Pitanga and Yellow Pitanga). In chapter 1, paclobutrazol (PBZ) was applied in all varieties after the plantlets reached between 10 and 15 cm in height. A 100 mL of PBZ solution was applied directly to the culture substrate at concentrations of 0, 5, 10 and 15 mg L⁻¹. The quantitative traits evaluated were: plant height (PH), canopy diameter (CD), leaf length (LL), leaf width (LW), fruit length (FL), fruit diameter (FD). In chapter 2, plants were treated with the same concentrations of growth regulator paclobutrazol used in chapter 1, being each concentration considered a distinct environment. The phenotypic (r_f), genotypic (r_g) and environmental (r_a) correlations were estimated and carried out an analysis of environmental stratification using the traditional stratification method based on the algorithm proposed by Lin (1982). Paclobutrazol was efficient in regulating the growth of the pepper varieties. The correlation between characters, even if being from permanent genetic causes, may not be expressed phenotypically when PBZ was allied. Thus it is possible to use this regulator to regulate a characteristic without also affecting the correlated characteristics. The environmental stratification method of Lin (1982) indicated that the use of different doses of PBZ promoted the production of distinct environments for the development of the studied varieties. Given the results obtained, it is possible to conclude that the ideotype of ornamental peppers can be obtained using the PBZ. In addition, depending on the characteristic of interest, having correlated environments, the researcher may choose to use the lower dose aiming for economy of the regulator.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As pimentas do gênero *Capsicum* além de consumidas in natura são processadas e utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos como, por exemplo, na fabricação de condimentos, molhos processados, além do uso medicinal e mais recentemente ornamental (Ohara e Pinto 2012; Rêgo et al., 2011).

O mercado de plantas ornamentais vem se expandindo cada vez mais, e com a globalização, novas regiões foram se firmando como produtoras e exportadoras de plantas ornamentais, principalmente onde o clima é favorável e há disponibilidade de mão de obra. Entre os novos países é destaque a Colômbia, Equador, Estados Unidos, Espanha e Brasil (Junqueira e Peetz et al., 2005; Rêgo et al., 2011).

Em 2014 o mercado de flores e plantas ornamentais no Brasil, obteve o faturamento anual de US\$ 5,7 bilhões, com perspectiva de crescimento de 8% no ano de 2015. Estes valores foram realizados tomando como base a área cultivada de 14.992 hectares, gerando 216 mil postos de trabalho (Ibraflor, 2015).

Dentre as plantas ornamentais cultivadas em vaso, as pimentas (*Capsicum* spp.) têm se destacado pela crescente e contínua aceitação pelo mercado consumidor (Junqueira e Peetz, 2011; Rêgo et al., 2011). De forma geral, toda espécie de pimenta pode ser utilizada como planta ornamental, mas as espécies com menor porte são as mais indicadas para o plantio em vasos (Rêgo et al., 2011; Finger et al., 2012; Nascimento et al., 2012, 2013). Sugere-se que o diâmetro da copa e a altura da planta sejam de 1,5 a 2 vezes o tamanho do vaso (Barbosa, 2003; Barroso et al., 2012). Tais características podem ser obtidas através do melhoramento vegetal (Rêgo et al., 2011; Finger et al., 2012) ou pela utilização de reguladores de crescimento restringindo o crescimento das plantas.

O paclobutrazol (PBZ) é um efetivo regulador de crescimento de plantas, que inibe a síntese de giberelina, reduzindo o comprimento dos entrenós (Ribeiro et al., 2011). A aplicação de PBZ diretamente no solo ou substrato de cultivo é mais eficaz em baixas concentrações comparado a sua aplicação via pulverização foliar (Currey e Lopez, 2009), pois é melhor absorvido pelas raízes, tendo movimento acrópeto, isto é, unidirecional via corrente transpiratória, movendo-se pelo xilema para folhas e meristemas apicais. (Benett et al., 2014).

Diversos trabalhos demonstram a eficiência do PBZ em reduzir o crescimento de espécies como em *Coffea arabica* (Ribeiro et al., 2017), *Pachira aquática* (Qiansheng et al., 2009), *Hymenaea courbaril* (Moraes et al., 2013). Esse regulador de crescimento também vem sendo utilizado em várias espécies de plantas ornamentais como, por exemplo, em orquídea, girassol ornamental e roseiras (Wanderley et al., 2014; Brito et al., 2016; Carvalho, 2010).

A efetividade do PBZ, em reduzir o crescimento das plantas, varia em função do estágio de desenvolvimento da planta no momento da aplicação e da concentração do produto (Rademacheer, 2000). O paclobutrazol foi efetivo em controlar o crescimento de pimenta 'Pitanga', da espécie *Capsicum chinense* (Grossi et al., 2005). França (2015) observou que pimenteira Bode Amarela e o acesso 2345PB apresentaram altura adequada à ornamentação quando submetidas à concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ. O PBZ tem sido utilizado a fim de produzir plantas de vasos e de canteiros compactas e resistentes, melhorar a cor verde da folha, reforçar a haste da flor e promover a resistência da folha ao stress ambiental (Havelly, 1986).

O melhoramento de plantas tem de forma geral o objetivo de aprimorar o genótipo não para caracteres isolados, mas para um conjunto de caracteres simultaneamente (Vencovsky e Barriga, 1992). Assim é de suma importância o estudo da natureza e a magnitude das relações existentes entre caracteres. As relações existentes entre os caracteres são, em geral, avaliadas por meio das correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente, vale ressaltar que apenas a correlação genotípica é de natureza herdável.

A correlação fenotípica pode ser obtida diretamente de medidas ou avaliações de dois caracteres em certo número de indivíduos da população. Esta correlação apresenta causas genéticas e ambientais, porém somente as genéticas são herdáveis, podendo, assim, ser utilizada na orientação de programas de melhoramento. Falconer (1987) cita duas causas de correlação entre duas variáveis. Uma delas é a genética, cujo principal causa é o pleiotropismo, que é a propriedade pela qual um mesmo gene afeta duas ou mais características, de modo que, se o gene estiver segregando, causará variação simultânea nas características que ele afeta. A outra causa é ambiental.

O ambiente torna-se causa de correlação quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Ambiente é um termo geral que inclui uma série de condições sob as quais as plantas crescem, podendo envolver locais, épocas, anos, práticas culturais ou de manejo, ou a combinação de

todos esses fatores (Rocha, 2002). Valores negativos da correlação de ambientes indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro, e valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais (Cruz et. al., 2004).

A interação genótipo x ambiente pode ser reduzida, utilizando-se cultivares específicas para cada ambiente, utilizando-se cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade, ou estratificando-se a região em sub-regiões com características ambientais semelhantes, dentro das quais a interação passa a ser não-significativa (Ramalho et al., 1993; Carvalho et al., 2002).

Quando se dispõe de uma rede de ambientes para as avaliações dos cultivares, torna-se fundamental identificar se há, entre os ambientes disponíveis, padrões similares de respostas. Além de reduzir a interação genótipo x ambiente, esse processo possibilita tomar decisões com relação à redução do número de ambientes, quando existem problemas técnicos ou escassez de recursos (Cruz e Regazzi, 1997).

O método de estratificação tradicional baseado no algoritmo de Lin (1982), consiste em estimar a soma de quadrados da interação entre genótipos e pares de ambientes e agrupar aqueles cuja interação seja não-significativa. Uma vez estabelecido o primeiro par de ambientes, o método prossegue com a estimação da soma de quadrados entre genótipos e grupos de três ambientes, e assim sucessivamente. O teste de significância do efeito de interação é realizado usando o valor F (Cruz e Regazzi 1997).

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o efeito do paclobutrazol em características morfológicas de pimenteiras.

2.2. Específicos

- a) Buscar o ideótipo ornamental de pimenteiras via regulação de crescimento.
- b) Determinar as causas das relações entre caracteres morfológicos em pimenteiras de vaso.
- c) Criar diferentes ambientes para desenvolvimento de genótipos através de diferentes concentrações de paclobutrazol.
- d) Agrupar ambientes similares visando à redução de recursos.

3. LITERATURA CITADA

Brito, CL. 2016. Efeito do paclobutrazol no desenvolvimento de plantas de girassol ornamental. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 39, n. 1, p. 153-160.

Carvalho, CGP; Arias, CAA; Toledo, JFF; Almeida, LAA; Kiihl, RAS; Oliveira, MF. 2002. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n. 7, p. 989-1000.

Carvalho, MP. 2010. Retardantes de crescimento na produção, qualidade e plasticidade anatômica de roseiras de vaso. Dissertação da Universidade Federal de Viçosa.

Cruz, CD, Regazzi, AJ, Carneiro, PCS. 2004. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3.ed. v.1, Viçosa: UFV, 480 p.

Currey, CJ; Lopez, RG. 2009. Applying plant growth retardants for height control. In: *Commercial greenhouse and nursery production*. Purdue Extension, 10p.

Finger, FL; Rêgo, ER; Segatto, FB; Nascimento, NFF; Rêgo, M. 2012. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. *Informe Agropecuário*, 33(267): 14-20.

França, CFM. 2015. Produção em vaso e pós-colheita de hastes de pimentas ornamentais (*Capsicum* spp.). Tese de doutorado. Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa.

Havelly, AH. 1986. Recent advances in the use of growth substances in ornamental horticulture. *Plant Growth Substances*, Heidelberg, Berlin, West Germany, p.391-398.

Ibraflor. 2015. Análise conjuntural das exportações de flores e plantas ornamentais do Brasil. Disponível em <http://www.ibaflor.com.br>. Acessado em 2015.

Junqueira, AH; Peetz, MS. 2011 (Janeiro a Maio): Balanço do comércio exterior da floricultura Brasileira. *Hortica: Boletim Técnico*, 2011, 5p.

Moraes, CB; Uesugi, G; Ono, EO; Rodrigues, JD; Guerrini, IA; Mori, ES. 2013. Influência do uso de biorreguladores no crescimento de *Hymenaea courbaril*. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.25, n.2, p.223-229.

Nascimento, NFF; Rêgo, ER; Rêgo, MM; Nascimento, MF; Alves, LIF. 2012. Compatibilidade em cruzamentos intra e interespecíficos em pimenteiras ornamentais. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental 18(1): 57-62.

Nascimento, NFF; Rêgo, ER; Nascimento, MF; Santos, RMC; Bruckner, CH; Finger, FL; Rêgo, MM. 2013. Flower Color Variability in Double and Three-way Hybrids of Ornamental Peppers. Acta Horticulturae 1: 457-464.

Ohara R; Pinto CMF. 2012 Mercado de Pimentas Processadas. Informe Agropecuário, 33:07-13.

Qiansheng, L; Deng, M; Chen, J; Henny, RJ. 2009. Effects of light intensity and paclobutrazol on growth and interior performance of *Pachira aquatica* Aubl. HortScience, Alexandria, v.44, n.5, p.1291-1295.

Rademacher W. 2000. Growth retardants: effects on Gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology, 51: 501-531.

Ramalho, MAP; Santos, JB; Zimmermann, MJO. 1993. Genética Quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia, GO: UFG, 271 p.

Rêgo, ER; Finger, FL; Nascimento, MF; Barbosa, LAB; Santos, RMC. 2011 Pimenteiras Ornamentais. In: Rêgo; E.R. Finger, F.L. Rêgo, M.M. (Org.). Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum* spp.). 1 ed. Recife - PE: Imprima, 1: 117-136.

Ribeiro, AFF; Matsumoto, SN; Ramos, PAS; Santos, JLDD; Teixeira, EC; d'Arêde, LO; Viana, AES. 2017. Paclobutrazol e restrição hídrica no crescimento e desenvolvimento de plantas de café. Coffee Science, Lavras, v. 12, n. 4, p. 534 – 543.

Ribeiro, DM; Muller, C; Bedin, J; Rocha, GB; Barros, RS. 2011. Effects of autoclaving on the physiological action of paclobutrazol. *Agricultural Science*, v.2, p.191-197.

Rocha, MM. 2002. Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Piracicaba. 173f. (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Vencovsky, R; Barriga, P. 1992. *Genética Biométrica no Melhoramento*. Ribeirão Preto: SBG. 496 p.

Wanderley, CS; Faria, RT; Ventura, MU; Vendrame, W. 2014. The effect of plant growth regulators on height control in potted *Arundina graminifolia* orchids (Growth regulators in *Arundina graminifolia*). *Acta Scientiarum*, v.36, n.4, p.489-494.

CAPÍTULO I
Efeito do paclobutrazol sobre características morfológicas de pimenteiras
(*Capsicum* spp.)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do paclobutrazol em características morfológicas de variedades de pimenteiras, visando à obtenção de um ideótipo ornamental. Para tanto foram utilizadas sementes de quatro variedades de pimenteiras, duas da espécie *Capsicum annuum*, BGH 7073 e EPAMIG amarela e duas da espécie *Capsicum chinense*, Pitanga vermelha e Pitanga amarela. O paclobutrazol foi aplicado após as mudas atingirem altura entre 10 e 15 cm. Aplicou-se em cada planta 100 mL da solução de paclobutrazol diretamente no substrato de cultivo, nas concentrações de 0, 5, 10 e 15 mg L⁻¹. Os caracteres avaliados foram: altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR). O paclobutrazol foi eficiente na regulação do crescimento das variedades de pimenteira utilizadas, atuando nas características relacionadas ao porte e não prejudicando a boa aparência dos frutos. A aplicação de 5 mg L⁻¹ de paclobutrazol resultou em plantas com características adequadas aos padrões ornamentais, indicando assim que o ideótipo de pimenteira ornamental pode ser obtido via regulação de crescimento.

PALAVRAS-CHAVE: ideótipo, plantas de vaso, regulação de crescimento.

Effect of paclobutrazol on the morphological characteristics related to potential for ornamental use of pepper (*Capsicum* spp.)

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of the growth regulator paclobutrazol (PBZ) on the morphological characteristics related to the potential for ornamental use of pepper varieties. Seeds from four varieties of peppers, two of the *Capsicum annuum* species: BGH 7073 and EPAMIG and two of the species *Capsicum chinense*, the Red Pitanga and Yellow Pitanga cultivars were used. Paclobutrazol was applied in all varieties after they reached between 10 and 15 cm height. A 100 mL of paclobutrazol solution was applied directly to the culture substrate at concentrations of 0, 5, 10 and 15 mg L⁻¹. The traits evaluated were: plant height (AP), canopy crown diameter (DC), leaf length (CF), leaf width (LF), fruit length (CFR), fruit diameter (DFR). There was a significant difference in all traits analyzed between genotypes and also for PBZ doses. Paclobutrazol was efficient in regulating the growth of the pepper varieties used. The ideotype of ornamental peppers can be obtained using the PBZ and the fruit characters are not affected.

KEYWORDS: ideotype, potted plants, growth regulation

1. INTRODUÇÃO

As pimentas do gênero *Capsicum* spp. destacam-se como um importante segmento do mercado de hortaliças frescas no Brasil, com ênfase nas espécies *C. annum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. baccatum*. As espécies domesticadas têm excelente adaptação às condições de clima tropical e com ampla variabilidade genética (Zeni e Bosio, 2011).

As pimentas foram, possivelmente, os primeiros aditivos alimentares utilizados pelas civilizações antigas do México e da América do Sul. Suas características atribuem aroma, cor e sabor aos alimentos (Stommel e Bosland, 2006).

Além de consumidas *in natura*, as pimentas são processadas e utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos como, por exemplo, na fabricação de condimentos, molhos processados, além do uso medicinal e, mais recentemente, ornamental (Ohara e Pinto 2012; Rêgo et al., 2011)

Tem ocorrido a inserção das pimentas no mercado de plantas ornamentais devido à grande diversidade observada para várias características como porte, folhagem e coloração dos frutos. Dentre as plantas ornamentais em vaso, as pimentas têm se destacado pela crescente aceitação pelo mercado consumidor, fazendo a diferença na variedade de produtos comercializados pelas floriculturas (Rêgo et al., 2009)

Nem todo cultivar de pimenta se adapta para o cultivo em vaso, havendo variação até mesmo dentro de uma mesma espécie, apenas aquelas que apresentam porte reduzido e harmonia da planta no vaso são as que mais se adaptam para o cultivo com finalidades ornamentais. Sugere-se que o diâmetro da copa e a altura da planta sejam de 1,5 a 2 vezes o tamanho do vaso (Barbosa, 2003; Barroso et al., 2012). Tais características podem ser obtidas através do melhoramento vegetal (Finger et al., 2012) ou pela utilização de reguladores de crescimento restringindo o crescimento das plantas.

Reguladores de crescimento são substâncias químicas sintéticas que tem efeito sobre o metabolismo vegetal (Nagashima et al., 2010). O Paclobutrazol (PBZ) é um regulador de crescimento que age inibindo a síntese das giberelinas na planta via inibição da formação do entcaureno, composto precursor da giberelina em sua rota de formação (Zheng et al., 2012). A redução nos níveis de giberelina na planta acarreta na redução do seu crescimento visto que a mesma é responsável pela divisão e alongação celular (Taiz e Zeiger, 2009).

A efetividade do PBZ, em reduzir o crescimento das plantas, varia em função do estágio de desenvolvimento da planta no momento da aplicação e da concentração do produto (Rademacheer, 2000). A aplicação pode ser realizada de diversas formas, no entanto, estudos relatam que a aplicação do PBZ no solo e subsequente absorção pelas raízes resulta em efeitos mais eficientes (Pardos et al., 2005), sendo este tipo de aplicação a mais utilizada.

Diversos trabalhos já demonstraram a eficiência do PBZ em reduzir o porte de várias espécies vegetais como, por exemplo, em girassol ornamental, orquídeas e tomate (Brito et al., 2016; Wanderley et al., 2014; Seleguini et al., 2016)

O paclobutrazol foi efetivo em controlar o crescimento de pimenta ‘Pitanga’, da espécie *Capsicum chinense* (Grossi et al., 2005). França (2015) observou que pimenteira Bode Amarela e o acesso 2345PB apresentaram altura adequada à ornamentação quando submetidas à concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ, sem alterar as características dos frutos e sem apresentar sintomas de fitotoxicidade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do paclobutrazol em características morfológicas de variedades de pimenteiras, visando à obtenção de um ideótipo ornamental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e material vegetal

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Horta do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Foram utilizadas sementes de quatro variedades de pimenteiras, duas da espécie *Capsicum annuum*, uma proveniente do Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Viçosa (acesso BGH 7073) e outra de Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG Amarela). E duas da espécie *Capsicum chinense*, Pitanga vermelha e Pitanga amarela.

2.2. Produção de mudas, tratos culturais e aplicação do regulador

A semeadura das variedades foi realizada em bandejas de poliestireno com 200 células, contendo substrato comercial (Brasplant[®]). Utilizaram-se duas sementes por célula, sendo feito desbaste após a germinação. Quando as plantas atingiram quatro pares de folhas definitivas, foram transplantadas para vasos de 700 ml, pote número 13 (10 cm de altura, 9 cm de diâmetro basal e 12 cm de diâmetro superior), com uma planta por vaso.

No decorrer do desenvolvimento das plantas, foi realizada adubação de cobertura com 5g de NPK 10-10-10 por planta, sendo diluído em 100 mL de água e aplicado diretamente no vaso a cada 15 dias. A casa de vegetação contava com sistema de irrigação automatizado, com turno de rega programado para irrigar durante 10 minutos a cada 12 horas, iniciando o ciclo às 6 horas da manhã. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, não foram diagnosticados sinais e sintomas de doenças nem observado a incidência de pragas.

O regulador de crescimento paclobutrazol foi aplicado em todas as variedades após as mesmas atingirem altura entre 10 e 15 cm. Aplicou-se em cada planta, 100 mL da solução de paclobutrazol diretamente no substrato de cultivo, nas concentrações: 0, 5, 10 e 15 mg L⁻¹.

2.3. Coleta e análise dos dados

Ao atingirem a fase adulta, ou seja, 50% dos frutos maduros que é a fase ideal para a comercialização as plantas, foi realizada a caracterização de acordo com os descritores para *Capsicum* sugeridos pelo IPGRI, (1995). Os caracteres avaliados foram:

Altura da planta (AP) - Mensurada utilizando-se uma régua do colo da planta até o ápice da copa, expressa em centímetros.

Diâmetro da copa (DC) - Mensurada utilizando-se uma régua o maior diâmetro horizontal da copa, expressa em centímetros.

Comprimento da folha (CF) - Mensurada utilizando-se uma régua da inserção do pecíolo no caule até o ápice do limbo no sentido longitudinal, expressa em centímetros.

Largura da folha (LF) - Mensurada utilizando-se uma régua o maior comprimento transversal do limbo, expressa em centímetros.

Comprimento do fruto (CFR) - Mensurado utilizando-se paquímetro o comprimento da inserção do fruto no pedúnculo até o ápice do mesmo, expressa em centímetros.

Diâmetro do fruto (DFR) - Mensurada utilizando-se paquímetro, tomando a medida na área de maior diâmetro do fruto, expressa em centímetros.

O experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4 sendo composto por quatro genótipos e quatro concentrações do regulador de crescimento paclobutrazol (0, 5, 10 e 15 mg L⁻¹), com 5 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias das concentrações de PBZ submetidas à análise de regressão. Para comparar as médias dos tratamentos com o controle foi realizado o teste de Dunnett, adotando-se o nível de 1% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa computacional Genes (Cruz, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito da interação genótipos x doses foi significativo para todas as características, exceto para a altura da planta, ou seja, para esta característica não há uma resposta diferencial dos genótipos frente às mudanças de doses do regulador de crescimento (Tabela 1).

A aplicação de PBZ proporcionou redução na altura das plantas (Figura 1A), sendo esta redução significativa em todos os genótipos estudados (Tabela 2). Observa-se também que a dose de 5 mg L⁻¹ quando comparado as plantas controle (0 mg L⁻¹ de PBZ) apresentou considerável diminuição no crescimento, 34% na variedade pitanga amarela, chegando até 42% de redução de altura, observado na variedade EPAMIG amarela.

A eficiência do PBZ em reduzir a altura das plantas já foi observada em diversas plantas ornamentais como lírio (Francescangeli et al., 2007), mini rosas (Carvalho, 2010), orquídeas (Wanderley et al., 2014) e girassol ornamental (Brito et al., 2016). Bem como em outras culturas não ornamentais como tomate (Seleguini et al., 2016) e feijão (Almeida et al., 2016) por exemplo.

Em pimenteiras, o aumento das doses para 10 e 15 mg L⁻¹ de PBZ resultou em plantas muito baixas, fora do padrão da cooperativa Veiling Holambra, principal distribuidor brasileiro de pimenteiras ornamentais, que possui padrões para comercialização de plantas ornamentais e determina que para os vasos de número 13, utilizados neste trabalho, as plantas devem apresentar no mínimo 14 cm de altura, sendo o máximo aceitável de 32 cm (Veiling, 2018). Assim a dose inicial (5 mg L⁻¹) apresenta resultados satisfatórios, não sendo necessária a utilização de doses maiores.

Para o diâmetro da copa as pimenteiras BGH 7073 e EPAMIG amarela (*C. annuum*) apresentaram redução crescente no diâmetro da copa de acordo com o aumento da dose de PBZ, chegando a um ponto de máxima eficiência do regulador na dose 10,5 e 12,2 mg L⁻¹ respectivamente. A partir deste ponto ocorre diminuição na eficiência do PBZ em reduzir o diâmetro da copa, observando-se assim plantas com copas maiores na dose 15 mg L⁻¹ (Figura 1B).

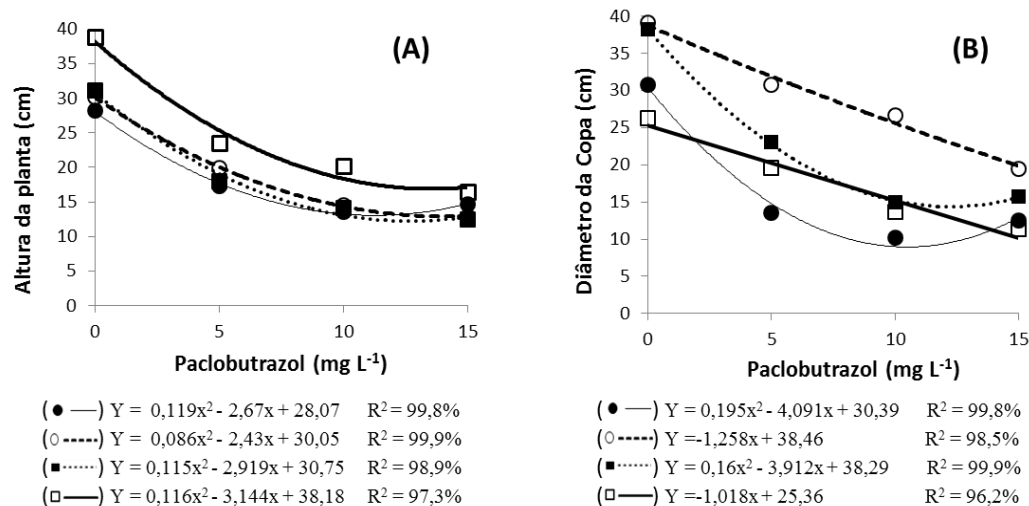


Figura 1. Altura da planta (A) e diâmetro da copa (B) em função da concentração de paclobutrazol em quatro variedades de pimenteiras: acesso BGH 7073 (●—), Pitanga amarela (○- - - -), EPAMIG Amarela (■- · - · -) e Pitanga vermelha (□—).

Nas pimenteiras Pitanga amarela e Pitanga vermelha (*C. Chinense*), as doses de PBZ apresentaram um efeito linear, onde o aumento da dose aumenta também a eficiência do PBZ em reduzir o diâmetro da copa, essa diferença no comportamento é devido a diversidade genética entre as espécies, uma vez que, segundo Rademacher (2000) a eficiência do regulador é condicionada, entre outros fatores, à espécie ou cultivar em que o mesmo foi aplicado, justificando assim a variação na regulação de crescimento.

A dose aplicada deve manter a planta em harmonia com o vaso, tendo em vista que a redução excessiva do porte da planta pode inviabilizá-la para a utilização como planta ornamental. No Veiling Holambra plantas muito baixas, com defeitos como fitotoxicidade, danos por pragas e doenças, deficiência nutricional e fora dos padrões recebem a classificação “B” não sendo comercializadas e devolvidas ao produtor.

Em trabalho realizado por Grossi et al. (2005), foi observado que a aplicação de paclobutrazol em *Capsicum chinense* em concentrações mais elevadas acarreta na ocorrência de sintomas de fitotoxicidade. O mesmo pode ser observado neste trabalho onde as plantas tratadas com 15 mg L⁻¹ de PBZ apresentam sintomas visuais de toxicidade com folhas encarquilhadas, vitrificadas e raquitismo (Figura 2), resultando em um aspecto visual impróprio para ornamentação. Já Ribeiro (2016) concluiu que nos acessos BGH 1032 e BGH 1039 (*Capsicum annuum*), a aplicação de paclobutrazol na concentração de 25 mg L⁻¹ não apresentou sintomas de fitotoxicidade e resultou em

plantas com melhores características ornamentais. Indicando que a resposta à concentração de PBZ esta diretamente ligada ao genótipo.

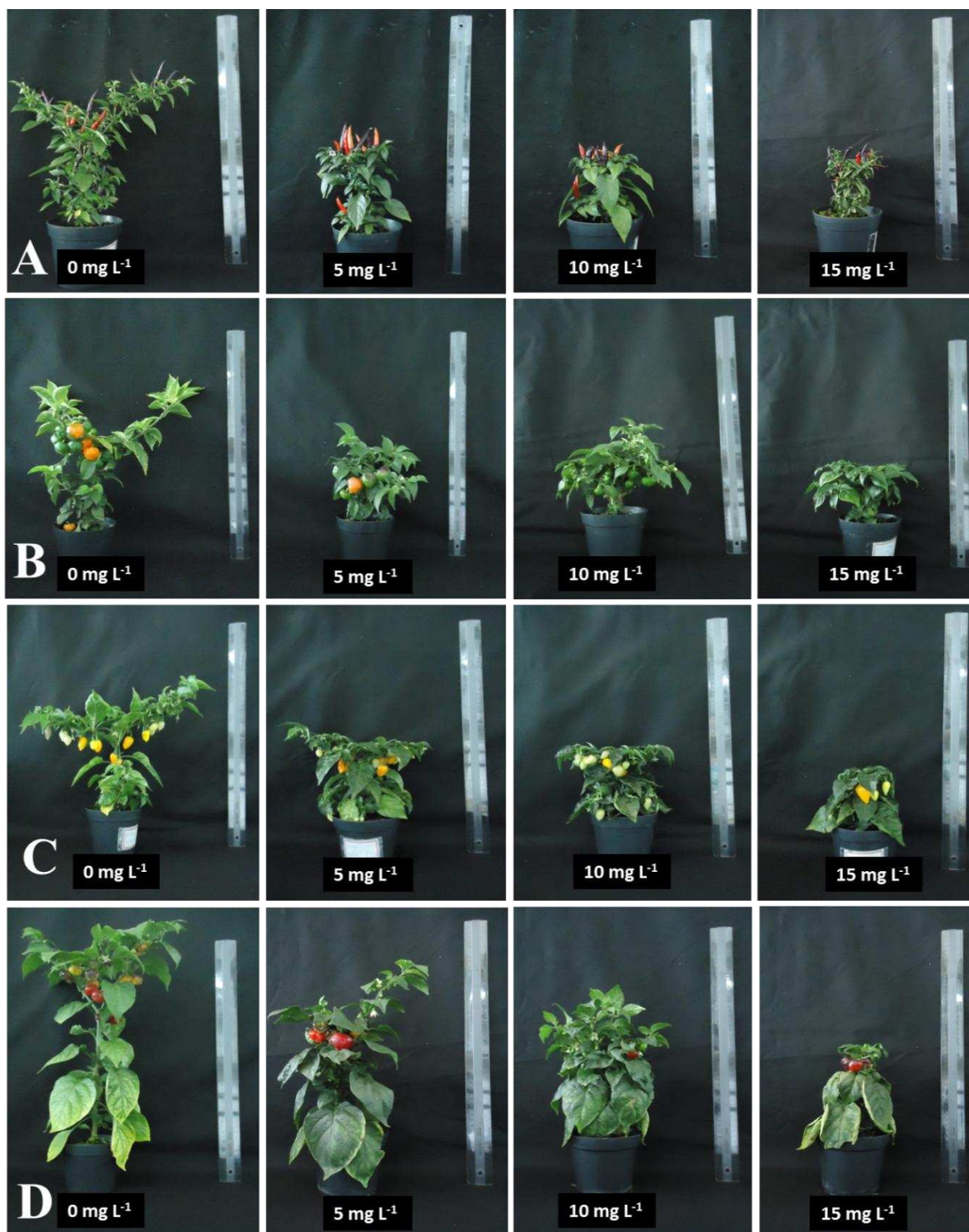


Figura 2: Aspecto visual de pimenteiras tratadas com paclobutrazol. (A) acesso BGH 7073, (B) Pitanga amarela, (C) EPAMIG amarela, (D) Pitanga vermelha.

Ao avaliar as características de folha, pode-se observar que para o comprimento da folha, os genótipos apresentam respostas diferentes em relação às doses de paclobutrazol. As pimenteiras do acesso BGH 7073 não apresentaram respostas significativas às diferentes doses do PBZ, a pimenta pitanga amarela apresenta redução significativa no comprimento das folhas a partir da dose de 5 mg L⁻¹.

Nas variedades EPAMIG amarela e pitanga vermelha o efeito significativo do paclobutrazol só é observado nas doses maiores 10 e 15 mg L⁻¹ respectivamente (Tabela 2). Essas respostas significativas se ajustaram a um modelo de regressão linear com a elevação da concentração de PBZ (Figura 3A). Pinto et al. (2006) observaram em açafraão uma relação linear entre o aumento na concentração de paclobutrazol e a diminuição do comprimento da bainha foliar, resultado estes que corroboram com o presente estudo.

Para a característica largura da folha o PBZ não apresenta efeitos significativos no acesso BGH 7073. Nas variedades pitanga amarela e EPAMIG amarela, observa-se uma redução significativa na largura da folha a partir da dose 10 mg L⁻¹ (Tabela 2), se ajustando a um modelo de regressão linear demonstrando que o aumento da dose promove um aumento na eficiência do regulador em reduzir as folhas. Na variedade pitanga vermelha o efeito das doses se ajustou a uma regressão quadrática, onde se observa na dose de 5 mg L⁻¹ um aumento de 14% na largura da folha, chegando ao ponto de máximo na dose 6,4 mg L⁻¹ e posteriormente, com o acréscimo do PBZ não se observa mais o efeito do regulador para essa característica (Figura 3B).

A folhagem da planta está diretamente ligada ao seu potencial estético, uma vez que ela é responsável pelo preenchimento dos espaços da copa para uma boa cobertura de vaso. Uma grande redução na área foliar pode se tornar um inconveniente na utilização como planta ornamental de vaso. Os inibidores de giberelina, como o paclobutrazol, são responsáveis por reduzir o comprimento dos entrenós das plantas, podendo também causar modificações no tamanho das folhas, tornando-as menores (Barret, 1992), resultando em plantas com enfolhamento fora do padrão para uma planta ornamental, o que pode ser observado nas plantas tratadas com 15 mg L⁻¹ de PBZ (Figura 2).

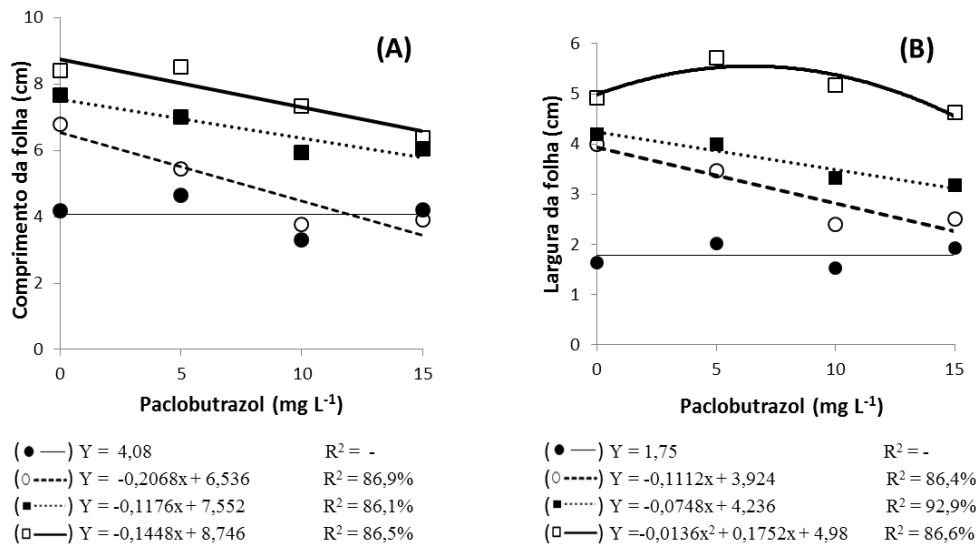


Figura 3. Comprimento da folha (A) e largura da folha (B) em função da concentração de paclobutrazol em quatro variedades de pimenteiros: acesso BGH 7073 (● —), Pitanga amarela (○- - - -), EPAMIG Amarela (■- · - · - · -) e Pitanga vermelha (□—).

Para o comprimento do fruto, as variedades não apresentaram diferenças significativas, exceto na variedade BGH 7073, onde os dados se ajustaram a um modelo de regressão quadrática sendo observado inicialmente um aumento de 7,5% no tamanho dos frutos na dose 5 mg L⁻¹, chegando a um ponto de máximo na dose 6,2 mg L⁻¹ (Figura 4A). Essas variações observadas nos frutos não representam uma diferença significativa para potencial ornamental dessa variedade. Nas demais variedades pode-se observar um aumento significativo no comprimento dos frutos na dose 5 mg L⁻¹ (Tabela 2). O aumento dos frutos provavelmente é devido a uma realocação dos fotoassimilados, uma vez que as plantas apresentam menor porte e não sofrem fitotoxicidade nessa concentração.

Tratando-se do diâmetro dos frutos, houve diferenças significativas nas pimenteiros da espécie *Capsicum chinense*, em que a pitanga amarela apresentou um aumento de 22% no diâmetro de seus frutos na dose 15 mg L⁻¹ e se adequando a um modelo de regressão linear (Tabela 2 e Figura 4B). Na pitanga vermelha observa-se um aumento significativo apenas na dose de 5 mg L⁻¹ de PBZ. Para as demais variedades as doses de PBZ não influenciaram significativamente essa característica.

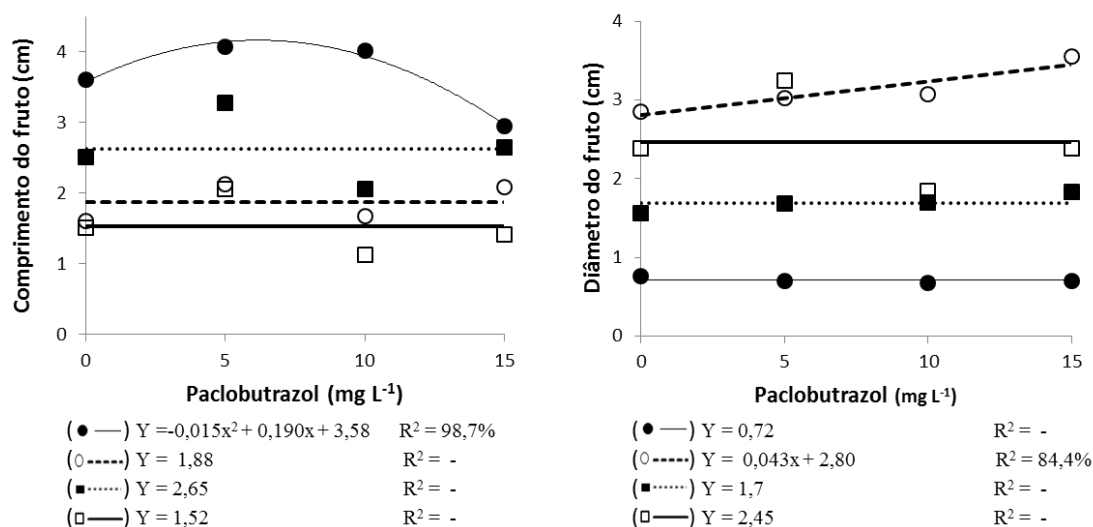


Figura 4. Comprimento do fruto (A) e diâmetro do fruto (B) em função da concentração de paclobutrazol em quatro variedades de pimenteiras: acesso BGH 7073 (● —), Pitanga amarela (○ - - - -), EPAMIG Amarela (■ ·····) e Pitanga vermelha (□ —).

Silva et al. (2011) ao estudarem o efeito do PBZ em tomateiro, observaram que a produção de frutos de tomate, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, foi afetada negativamente pelo uso deste regulador de crescimento. Uma provável explicação para a discordância destes resultados com os do presente estudo pode ser apontada além da utilização de outra espécie, pela dose utilizada por estes autores onde os mesmo utilizaram doses que variaram de 0 a 150 mg L⁻¹.

Levando em consideração que a boa aparência dos frutos é uma característica importante para a utilização de pimenteiras como planta ornamental, a pouca influência do PBZ nas características de fruto é de suma importância, pois existe a possibilidade de alterar as características de porte das plantas, mantendo as características do fruto constantes.

4. CONCLUSÕES

O paclobutrazol foi eficiente na regulação do crescimento das variedades de pimenteira utilizadas, atuando nas características relacionadas ao porte e não prejudicando a boa aparência dos frutos.

A aplicação de 5 mg L⁻¹ de paclobutrazol resultou em plantas com características adequadas aos padrões ornamentais, indicando assim que o ideótipo de pimenteira ornamental pode ser obtido via regulação de crescimento.

5. LITERATURA CITADA

Almeida, OM; Melo, HC; Portes, TA. 2016. Crescimento e produção de feijoeiro comum em resposta a aplicação combinada de nitrogênio e paclobutrazol. *Revista Caatinga*, v. 29, n. 1, p. 127-132.

Barbosa, JG. 2003. Crisântemo: produção de mudas, cultivo para corte de flor, cultivo em vaso, cultivo hidropônico. Ed. Aprenda Fácil, Viçosa 232p

Barret, JE. 1992. Mechanisms of action. In: Tayama, HK; Larson, RA; Hammer, PA; Rolls, TJ. (Ed.). *Tips on the use of chemical growth regulators on floriculture crops*. Columbus, Ohio Florists' Association, p. 12-18.

Barroso, PA; Rêgo, ER; Rêgo, MM; Nascimento, KS; Nascimento, NFF; Nascimento, MF; Soares, WS; Ferreira, KTC; Otoni, WC. 2012. Analysis of segregating generation for components of seedling and plant height of pepper (*Capsicum annuum*) for medicinal and ornamental purposes. *Acta Horticulturae*, 953: 269-275.

Brito, CL. 2016. Efeito do paclobutrazol no desenvolvimento de plantas de girassol ornamental. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 39, n. 1, p. 153-160.

Carvalho, MP. 2010. Retardantes de crescimento na produção, qualidade e plasticidade anatômica de roseiras de vaso. Dissertação da Universidade Federal de Viçosa.

Cooperativa Veiling Holambra. Pimenta ornamental. 2018. Holambra: Veiling, 2018. Disponível em: <http://veiling.com.br/uploads/padrao_qualidade/criterios/pimenta-ornamental-po.pdf>. Acesso em: 13 mar. 18.

Cruz CD. 2013. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, 35(3): 271-276.

Finger, FL; Segatto, FB; Barbosa, JG; Pires, T; Pinto, CMF. 2012. Effects of ethylene on the post-production of potted ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.). *Acta Horticulturae* (in press).

França, CFM. 2015. Produção em vaso e pós-colheita de hastes de pimentas ornamentais (*Capsicum* spp.). Tese de doutorado. Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa.

Francescangeli, N; Marinangeli, P.; Curvetto, N. 2007. Paclobutrazol for height control of two *Lilium* L.A. hybrids grown in pots. *Span. J. Agr. Res.* 5:425–430.

Grossi, JAS; Moraes, PJ; Tinoco, SA; Barbosa, JG; Finger, FL; Cecon, PR. 2005. Effects of paclobutrazol on growth and fruiting characteristics of ‘Pitanga’ ornamental pepper. *Acta Horticulturae*, v.683, p.333-336.

IPGRI. 1995, *Descritores para Capsicum (Capsicum spp)*. Roma: IPGRI, p. 51.

Nagashima GT, Miglionanza E, Marur CJ, Yamaoka RS, Barros ASR, Marchiotto F. 2010. Qualidade fisiológica de sementes de algodão embebidas em solução de cloreto de mepiquat. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras. 34(3):681-687.

Ohara, R; Pinto, CMF. 2012. Mercado de Pimentas Processadas. Informe Agropecuário, 33:07-13.

Pardos JA. et al. 2005. Growth container-grown Cork Oak seedlings as affected by foliar and soil application of paclobutrazol. *HortiScience*, Alexandria, V. 40, n. 6, p. 1773-1776.

Pinto ACR, Graziano TT, Barbosa JC & Lasmar FB. 2006. Retardadores de crescimento na produção de plantas floridas envasadas de açafrão da Cochinchina. *Bragantia*, 5:369-380.

Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on Gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, 51: 501-531.

Rêgo ER, Rêgo MM, Silva DF, Santos RMC, Sapucay MJLC, Silva DR & Silva Júnior SJ 2009. Selection for Leaf and Plant Size and Longevity of Ornamental Peppers maduro (*Capsicum* spp.) Grown under Greenhouse Condition. *Acta Horticulturae*, 829: 371-374.

Rêgo, ER.; Finger, FL.; Rêgo, MM. 2011. Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum* spp.). Recife: Imprima, 223p.

Ribeiro, WS. 2016. Ação do paclobutrazol e do 1-MCP sobre a qualidade de espécies ornamentais de *Capsicum*. Tese de doutorado. Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa.

Seleguini, A. 2016. Efeito do paclobutrazol sobre o crescimento de plantas e produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em ambiente protegido. *Scientia Agropecuaria*, v. 7, n. 4, p. 391-399.

Stommel, JR; Bosland, P. 2006. Ornamental pepper: *Capsicum annuum*. In: Flower Breeding and Genetics: Issues, Challenges and Opportunities for the 21st Century (Anderson NO ed.). Springer, 564-570.

Silva, KS.; Faria Junior, MJA. 2011. Uso de paclobutrazol como estratégia para a redução do porte e da brotação lateral de plantas de tomateiro. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.3, p.539-546.

Taiz, L.; Zeiger, E. 2009. *Fisiologia Vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 820 p.

Wanderley, CS; Faria, RT; Ventura, MU; Vendrame, W. 2014. The effect of plant growth regulators on height control in potted *Arundina graminifolia* orchids (Growth regulators in *Arundina graminifolia*). *Acta Scientiarum*, v.36, n.4, p.489-494.

Zeni, AL; Bosio, F. 2011. O uso de plantas medicinais em uma comunidade rural de Mata Atlântica – Nova Rússia, SC. *Neotropical Biology and Conservation*, São Leopoldo, v.6, n.1, p.55-63.

Zheng, R.; WU, Y.; XIA, Y. 2012. Chlorocholine chloride and paclobutrazol treatments promote carbohydrate accumulation in bulbs of *Lilium* Oriental hybrids 'Sorbone'. *Journal of Zhejiang University*, v. 13, n. 2, p. 136-144.

Tabela 1: Quadrados médios para genótipos, doses de PBZ e interação para seis características relacionadas a porte de pimenteiras ornamentais (*Capsiucun* sp.).

F.V	Quadrado Médio		
	AP	DDC	CF
Genótipo (G)	1324,38**	634,98**	52,19**
Doses (D)	173,97**	1454,96**	52,19**
G x D	12,47 ^{ns}	44,75**	1,78*
F.V	LF	CFR	DFR
	Genótipo (G)	38,23**	10,64**
Doses (D)	2,99**	1,16**	0,33**
G x D	0,867*	0,36*	0,32**

*, **, ns: significativo a $p < 0,05$, $0,01$ e não significativo respectivamente pelo teste F.

Tabela 2: Características de quatro variedades de pimenteiras tratadas com paclobutrazol; AP = Altura da planta; DC = diâmetro da copa; CF = comprimento da folha; LF = Largura da fola; CFR = Comprimento do fruto; DFR = diâmetro do fruto

Variedade	PPZ (mg L ⁻¹)	AP	DC	CF	LF	CFR	DFR
BGH	0	28,2	30,8	4,2	1,6	3,7	0,73
	5	17,3 *	13,6 *	4,6 ^{ns}	2,0 ^{ns}	4,0 ^{ns}	0,69 ^{ns}
	10	13,6 *	10,2 *	4,3 ^{ns}	1,5 ^{ns}	4,0 ^{ns}	0,71 ^{ns}
	15	14,6 *	12,5 *	4,2 ^{ns}	1,9 ^{ns}	2,9 ^{ns}	0,70 ^{ns}
Pitanga	0	30,1	39,1	6,8	4,0	1,6	2,8
	5	19,9 *	30,8 *	5,5 *	3,5 ^{ns}	2,2 *	3,0 ^{ns}
	10	14,5 *	26,7 *	3,8 *	2,4 *	1,7 ^{ns}	3,1 ^{ns}
	15	12,9 *	19,5 *	3,9 *	2,5 *	2,0 ^{ns}	3,6 *
Amarela	0	31,1	38,2	7,7	4,2	2,5	1,53
	5	18,0 *	23,0 *	7,0 ^{ns}	4,0 ^{ns}	3,3 *	1,7 ^{ns}
	10	14,1 *	14,9 *	5,9 *	3,3 *	2,0 ^{ns}	1,7 ^{ns}
	15	12,5 *	15,7 *	6,1 *	3,2 *	2,7 ^{ns}	1,8 ^{ns}
Pitanga	0	38,8	26,3	8,4	4,9	1,5	2,4
	5	23,5 *	19,6 *	8,5 ^{ns}	5,7 *	2,1 *	3,2 *
	10	20,2 *	13,7 *	7,3 ^{ns}	5,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}	1,8 ^{ns}
	15	16,5 *	11,3 *	6,4 *	4,6 ^{ns}	1,4 ^{ns}	2,4 ^{ns}

Médias seguidas de (*) diferem do controle pelo Teste de Dunnett a 1% de probabilidade.

Médias seguidas de (ns) não diferem do controle pelo Teste de Dunnett a 1% de probabilidade.

Capítulo II

Efeito do paclobutrazol nas correlações entre características morfológicas de pimenteiras

RESUMO

Dependendo da magnitude das estimativas de correlação obtidas e dos efeitos ambientais observados, pode-se definir quais características relacionadas ao porte da planta são mais responsivas à variações ambientais e se estas estão correlacionadas ou não. O objetivo deste trabalho foi determinar as causas das relações entre caracteres e como elas se comportam frente às variações ambientais. Foram utilizadas sementes de quatro variedades de pimenteiras: acesso BGH 7073 e Pimenta EPAMIG amarela, pitanga vermelha e pitanga amarela. As plantas foram tratadas com diferentes concentrações do regulador de crescimento paclobutrazol (PBZ): 0, 5, 10 e 15 mg L⁻¹ e cada concentração foi considerada um ambiente distinto. Estimou-se as correlações fenotípicas (r_f), genotípica (r_g) e ambientais (r_a). Foi realizada também uma análise de estratificação de ambientes através do método tradicional de estratificação baseado no algoritmo de Lin (1982). A correlação entre caracteres mesmo sendo de causas genéticas permanentes, pode não ser expressa fenotipicamente ao se utilizar o PBZ, assim é possível utilizar este regulador visando à regulação de uma característica sem afetar também as características com ela correlacionadas. O método de estratificação ambiental de Lin (1982) indicou que a utilização de diferentes doses de PBZ resultou na formação de ambientes distintos para o desenvolvimento dos genótipos estudados. Dependendo da característica em interesse, tendo ambientes correlacionados, o pesquisador pode optar pela utilização da dose menor visando economia do regulador.

Palavras-chave: *Capsicum*, estratificação ambiental, regulador de crescimento.

Effect of paclobutrazol on correlations between morphological characteristics of pepper

ABSTRACT

Depending on the magnitude of the correlation obtained and the effects of observed environments, it is possible to define which characteristics related to the size of the plant are more responsive to environmental variations and whether these characteristics are related to each other or not. This study aimed to determine the causes of the relationships between characters and how they behave in the face of environmental variations. Seeds from four pepper varieties were used: access BGH 7073 and yellow EPAMIG pepper, red Pitanga and yellow Pitanga. Plants were treated with different concentrations of growth regulator paclobutrazol (PBZ): 0, 5, 10 and 15 mg L⁻¹ and each concentration was considered a distinct environment. The phenotypic (r_f), genotypic (r_g) and environmental (r_a) correlations were estimated. An analysis of environmental stratification using the traditional stratification method based on the algorithm proposed by Lin (1982), was also performed. The correlation between characters, even if being from permanent genetic causes, may not be expressed phenotypically when PBZ is used. So it is possible to use this regulator to regulate a characteristic without also affecting the correlated characteristics. The environmental stratification method of Lin (1982) indicated that the use of different doses of PBZ promoted the production of distinct environments for the development of the studied genotypes. Depending on the characteristic in interest, having correlated environments, the researcher may choose to use the lower dose aiming for economy of the regulator.

Keywords: *Capsicum*, environmental stratification, growth regulator.

1. INTRODUÇÃO

O mercado mundial de plantas ornamentais é caracterizado por demandar investimentos constantes de recursos objetivando aprimoramento das características comerciais desejáveis nestas espécies, desde a coloração, porte, resistência pragas, patógenos e condições adversas (Ibraflor, 2015).

Pimenteiras cultivadas em vaso têm aumentado sua importância diante a crescente aceitação pelo mercado consumidor (Junqueira e Peetz, 2011). De forma geral, toda espécie de pimenta pode ser utilizada como planta ornamental, mas as espécies com menor porte são as mais indicadas para o plantio em vasos (Vieira, 2002; Rêgo et al., 2011; Finger et al., 2012; Nascimento et al., 2012). Plantas sob o efeito de reguladores de crescimento sofrem muitas alterações morfológicas (Moraes et al., 2013), sendo esta técnica uma alternativa rápida na adequação de plantas para finalidades ornamentais.

O paclobutrazol é um composto químico, derivado do triazol, que atua na planta inibindo o seu crescimento (Berberich et al., 2006), através da inibição da biossíntese de giberelina (Marshall et al., 2000; Taiz e Zeiger, 2009), provocando modificações morfológicas em diversas espécies vegetais.

Grossi et al. (2005) ao trabalharem com *Capsicum chinense* observaram que a aplicação de paclobutrazol inibiu o crescimento das plantas. Mas apenas uma planta com porte reduzido não representa um ideótipo ornamental, estas plantas devem também apresentar outras características simultaneamente como folhas e frutos atrativos ao consumidor, uma copa harmônica com boa cobertura de vaso entre outras características, que muitas vezes estão correlacionadas entre si.

O estudo da natureza e a magnitude das relações existentes entre caracteres são importantes, pois o melhoramento de plantas tem de forma geral o objetivo de aprimorar o genótipo não para caracteres isolados, mas para um conjunto de caracteres simultaneamente (Vencovsky e Barriga, 1992). As relações existentes entre os caracteres são, em geral, avaliadas por meio das correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente, vale ressaltar que apenas a correlação genotípica é de natureza herdável.

A correlação fenotípica pode ser obtida diretamente de medidas ou avaliações de dois caracteres em certo número de indivíduos da população. Esta correlação apresenta causas genéticas e ambientais, porém somente as genéticas são herdáveis, podendo, assim, ser utilizada na orientação de programas de melhoramento. As causas da

correlação genética podem ser atribuídas aos efeitos pleiotrópicos dos genes ou à ligação fatorial. No caso da ligação fatorial, a correlação genética é temporária e manifesta-se especialmente nas primeiras gerações de populações obtidas do cruzamento de genitores geneticamente divergentes (Vencovsky e Barriga, 1992).

O ambiente torna-se causa de correlações quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas variações nas condições ambientais. Valores negativos desta correlação indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro, e valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais (Cruz et al., 2004).

Dependendo da magnitude das estimativas de correlação obtidas e dos efeitos ambientais observados, pode-se definir quais características relacionadas ao porte da planta são mais responsivas à variações ambientais e se estas estão correlacionadas ou não. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar as causas das relações entre caracteres e como as características se comportam frente à variações ambientais.

2. MATEIRAL E MÉTODOS

2.1. Local e material vegetal

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Horta do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram utilizadas sementes de quatro variedades de pimenteiras: acesso BGH 7073 e Pimenta EPAMIG amarela, pitanga vermelha e pitanga amarela (Tabela 1).

Tabela 1: Variedades e espécies das pimenteiras utilizadas no experimento

Variedades	Espécie
Acesso BGH 7073	<i>Capsicum annuum</i>
Pimenta EPAMIG	<i>Capsicum annuum</i>
Pimenta Pitanga vermelha	<i>Capsicum chinense</i>
Pimenta Pitanga amarela	<i>Capsicum chinense</i>

2.2. Instalação do experimento

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno com 200 células, contendo substrato comercial. Utilizaram-se duas sementes por célula, sendo feito desbaste após a emergência das plântulas. Quando as plantas atingiram o estágio de quatro pares de folhas definitivas, foram transplantadas para vasos de 700 ml, sendo uma planta por vaso, cada uma em seu respectivo ambiente.

Os diferentes ambientes foram criados a partir de diferentes concentrações do regulador de crescimento paclobutrazol, onde se aplicou em cada vaso 100 mL da solução de paclobutrazol diretamente no substrato de cultivo, nas concentrações: 0, 5, 10 e 15 mg L⁻¹, formando assim os ambientes 1, 2, 3 e 4 respectivamente (Tabela 2). Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro genótipos e cinco repetições, dentro de cada ambiente.

No decorrer do desenvolvimento das plantas, foi realizada adubação de cobertura com 5g de NPK 10-10-10 por planta, sendo diluído em 100 mL de água e aplicado diretamente no vaso a cada 15 dias. A casa de vegetação contava com sistema de irrigação automatizado, com turno de rega programado para irrigar durante 10

minutos a cada 12 horas, iniciando o ciclo às 6 horas da manhã. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, não foram diagnosticados sinais e sintomas de doenças nem observado a incidência de pragas.

2.3. Coleta e análise dos dados

Ao atingirem a fase adulta, ou seja, com 50% dos frutos maduros, as plantas foram caracterizadas de acordo com os descritores para *Capsicum* sugeridos pelo IPGRI, (1995). Os caracteres quantitativos avaliados foram: altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR). Todas as medidas expressas em centímetros

Procedeu-se a análise de variância individual para cada característica, considerando fixos os efeitos de genótipos e ambientes. Foram estimadas as correlações fenotípicas (r_f), genotípica (r_g) e de ambiente (r_a) através das respectivas expressões:

$$r_f = \frac{PMT_{xy}}{\sqrt{QMT_x QMT_y}}$$

Onde PMT_{xy} é o produto médio do tratamento da soma das variáveis X e Y, QMT_x é o quadrado médio do tratamento do caráter X, QMT_y é o quadrado médio do tratamento do caráter Y.

$$r_g = \frac{\phi_{gxy}}{\sqrt{\phi_{gx} \phi_{gy}}}$$

Onde ϕ_{gxy} é o estimador da covariância genotípica entre as variáveis X e Y, ϕ_{gx} e ϕ_{gy} são estimadores dos componentes quadráticos que expressam a variabilidade genotípica das variáveis X e Y respectivamente.

$$r_a = \frac{PMR_{xy}}{\sqrt{QMR_x QMR_y}}$$

Onde PMR_{xy} é o produto médio do resíduo da soma das variáveis X e Y, QMR_x é o quadrado médio do resíduo do caráter X, QMR_y é o quadrado médio do resíduo do caráter Y.

Foi realizada também uma análise de estratificação de ambientes que permite agrupar os ambientes em que os genótipos se comportam de maneira semelhante, entre os quais a interação é não significativa.

O método tradicional de estratificação baseado no algoritmo de LIN (1982), consiste em estimar a soma de quadrados da interação entre genótipos e pares de ambientes e agrupar aqueles cuja interação seja não significativa. Uma vez estabelecido o primeiro par de ambientes, o método prossegue com a estimação da soma de quadrados entre os genótipos e grupos de três ambientes, e assim sucessivamente. O teste de significância do efeito de interação é realizado usando o valor F (Cruz e Regazzi, 1997).

Todas as análises foram realizadas utilizando o programa computacional Genes (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e de ambiente, entre os pares de caracteres morfológicos avaliados dentro de cada ambiente, encontram-se nas Tabelas 2, 3, 4, 5. As correlações de ambiente, são referentes aos efeitos residuais dentro de cada ambiente.

Na grande maioria das características, as magnitudes das correlações genotípicas superaram as das correlações fenotípicas, indicando que os fatores genéticos tiveram maior influência que os ambientais. Assim, as correlações fenotípicas podem ser úteis na ausência das estimativas das correlações genotípicas (Almeida et al. 2010).

No ambiente 1 onde as plantas não foram tratadas com PBZ, observa-se uma correlação de alta magnitude entre vários pares de características, no entanto, apenas para comprimento x largura da folha e para comprimento x largura do fruto observou-se correlação fenotípica alta e significativa (Tabela 2), ambas correlações estão ligadas também a altas correlações genotípicas, isto indica que fatores herdáveis se sobressaem ao fatores ambientais.

As relações existentes entre as características no ambiente 2, demonstram comportamento semelhante ao observado no ambiente 1, onde apenas comprimento da folha x largura da folha e comprimento do fruto x diâmetro do fruto apresentaram correlação fenotípica significativa. Pode-se observar ainda que com a mudança do ambiente, ou seja, com a adição de 5 mg L^{-1} de paclobutrazol começa a ser expressa uma correlação genotípica de alta magnitude entre a altura da planta (AP) e as características relacionadas ao fruto: comprimento e diâmetro do fruto (CFR e DFR) (Tabela 3), evidenciando que a partir desta dose o efeito de ambiente começa a interferir na expressão gênica. Ramalho et al., (2012) afirmam que a expressão do fenótipo está diretamente relacionada com a interação entre o genótipo e o ambiente, ou seja, com a mudança de ambiente de cultivo ocorre diferente expressão do genótipo em fenótipo. O PBZ promove diversas alterações morfológicas nas plantas (Moraes et al., 2012) e essas variações nas características alteram as relações existentes entre elas.

Fica evidenciado que alterações observadas na altura da planta causam também alterações simultâneas nas características de fruto e desta forma, no ambiente 2, a regulação da altura das plantas sem afetar as características de fruto foi impossibilitada. O mesmo pode ser observado para as características comprimento folha e largura da folha (CF e LF) que apresentam uma correlação genotípica com a altura da planta (AP)

de magnitude superior a 90%, correlações estas que não eram observadas no ambiente 1 e passaram a ser expressas devido a adição de 5 mg L⁻¹ de paclobutrazol.

Correlação de ambiente de alta magnitude foi observada no ambiente 2 para as características altura da planta e diâmetro da copa (AP e DC) indicando que esse par de caracteres são prejudicados ou beneficiados pelas mesmas variações ambientais. Já as correlações genóticas ou fenotípicas entre estas características foram irrelevantes.

Ao observar a Tabela 4 onde se encontram os dados do ambiente 3 pode se observar que a correlação fenotípica significativa, bem como a alta correlação genotípica entre o comprimento da folha e largura da folha se mantiveram. Já para as características de fruto, comprimento e diâmetro do fruto (CFR e DFR), antes correlacionadas nos outros ambientes, teve esta correlação desfeita no ambiente com a concentração de 10 mg L⁻¹ de paclobutrazol.

Ainda no ambiente 3 pode ser observado o surgimento de uma correlação fenotípica significativa entre o diâmetro da copa e o diâmetro do fruto (DC e DFR), estas duas características, neste ambiente, também apresentaram alta correlação genotípica (0,98). Isto indica que o efeito do regulador pode afetar uma característica em detrimento de outra, afetar uma característica deixando a outra constante e ainda afetar as duas características, mas em magnitudes diferentes, e assim, expressando ou não as relações genéticas existentes entre as características das plantas.

A correlação de ambiente observada no ambiente 2 entre altura da planta e diâmetro da copa (AP e DC), se manteve no ambiente 3. No entanto, nesse caso observa-se uma correlação de ambiente positiva, e as correlações fenotípicas e genotípicas negativas. Segundo Falconer e Mackay (1996), a diferença de sinal entre as correlações genotípicas e de ambiente pode ser atribuída às causas de variação herdável e de ambiente que afetam dois caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos. Tendo em vista que os mecanismos fisiológicos estão sobre influência do paclobutrazol, a diferença entre os sinais das correlações é comum.

Silva et al., (2016) avaliando correlação entre caracteres fenotípicos e genotípicos em pimenteiras, concluíram que as dimensões de folha estavam relacionadas com as características de fruto, resultados estes que não foram observados neste trabalho. As mudanças de ambientes causadas pelas diferentes concentrações de PBZ foram capazes de alterar as correlações existentes entre estas características, mas não sendo observadas relações significativas entre esses caracteres.

No ambiente 4 todas as correlações fenotípicas significativas antes observadas foram desfeitas, ou seja, neste ambiente não se observa mais relações lineares simples entre as características das plantas. Correlação genotípica de alta magnitude foi observada entre a altura da planta e diâmetro da copa (AP e DC), assim com a aplicação de 15 mg L^{-1} de PBZ plantas com menor porte apresentam maior diâmetro de copa e vice versa. Neste ambiente também foi possível observar relação fenotípica e genotípica de alta magnitude entre a largura da folha e o comprimento do fruto (LF e CFR) (Tabela 5). Ainda no ambiente 4 pode ser observado que as plantas expressaram sinais visuais de fitotoxicidade, apresentando folhas encarquilhadas e raquitismo (Figura 1). Assim estudos realizados nesse ambiente (15 mg L^{-1} de PBZ), para estes genótipos, não gera resultados representativos. As correlações observadas entre os caracteres podem ser devido à má formação da copa e deformação das folhas e frutos.

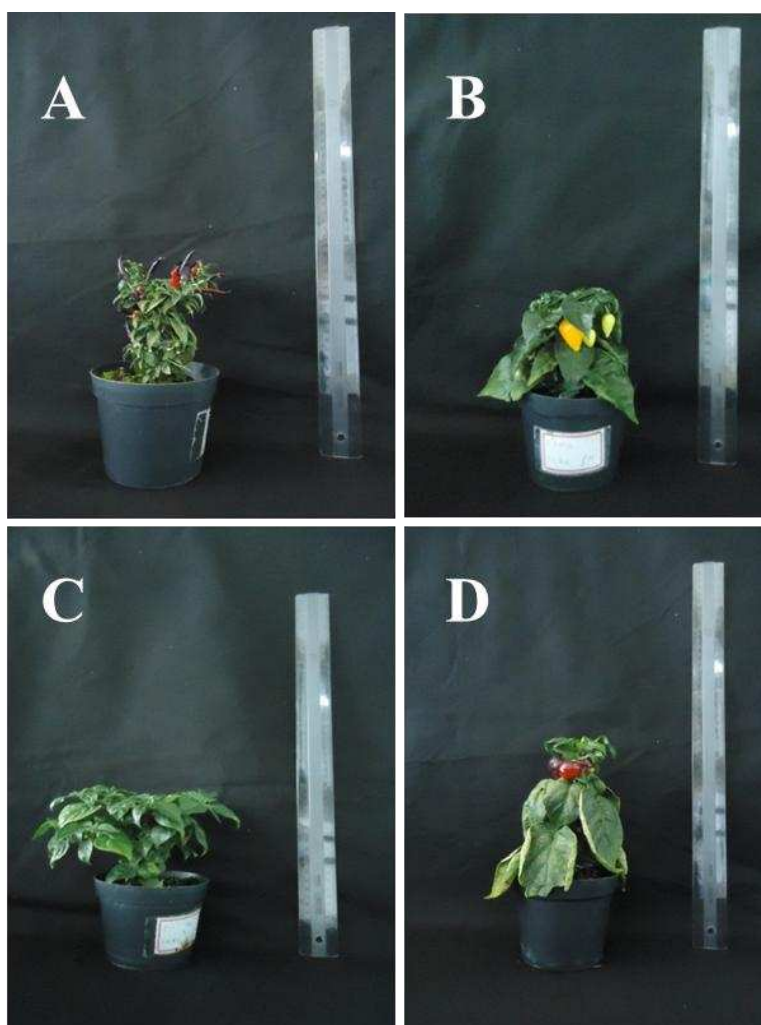


Figura 1: Plantas tratadas com 15 mg L^{-1} de paclobutrazol. A = BGH 7073; B = EPAMIG amarela; C = Pitanga amarela; D = Pitanga vermelha.

Foi possível agrupar ambientes nos quais os genótipos não apresentam comportamento diferenciado. Diferentes agrupamentos foram formados de acordo com a variável em questão (Tabela 6). Um dos principais estudos da interação genótipo x ambiente é a classificação dos ambientes em grupos semelhantes, na tentativa de reduzir ou minimizar os efeitos da interação (Ribeiro e Almeida, 2011), podendo assim classificar os ambientes como complementares ou redundantes (Pereira et al., 2010).

Observando a variável altura da planta, todos os ambientes apresentam padrão de similaridade, e assim para esta característica os genótipos respondem da mesma forma sob diferentes concentrações de PBZ e com isso, não há a necessidade de se testar, para estes genótipos, diferentes doses uma vez que o genótipo mais responsivo em um ambiente, mantém esse padrão de respostas nos demais ambientes. A utilização de apenas uma das doses estudadas neste trabalho permite selecionar o genótipo que melhor responde a regulação do crescimento.

Para as características diâmetro da copa, comprimento da folha e largura da folha foram formados dois grupos distintos, um englobando os ambientes 2, 3 e 4 e o segundo grupo formado pelos ambientes 1 e 2. De acordo com Peluzio et al. (2012), quando ambientes são classificados em um mesmo grupo, a resposta dos genótipos será similar em ambos, dessa forma é possível reduzir o número de ambientes escolhendo entre eles o mais vantajoso. Neste caso, para estas características é possível avaliar o desenvolvimento dos genótipos em apenas um dos ambientes classificados em um mesmo grupo, isso possibilita a escolha do ambiente de menor concentração do regulador de crescimento, visando a economia do mesmo.

As características de fruto apresentaram diferentes padrões de respostas nos ambientes estudados, assim formou-se apenas um grupo para o comprimento do fruto, englobando os ambiente 1 e 2, indicando que esta característica apresenta um desenvolvimento similar nestes dois ambientes, nos demais é observado uma alteração devido as diferentes concentração de PBZ utilizadas. Para diâmetro do fruto não foi possível formar grupos de ambientes similares, ou seja, existe uma expressão diferencial dos genótipos em cada ambiente estudado.

4. CONCLUSÃO

A correlação entre caracteres mesmo sendo de causas genéticas permanentes, pode não ser expressa fenotipicamente ao se utilizar o PBZ, assim é possível utilizar este regulador visando à regulação de uma característica sem afetar também as características com ela correlacionadas.

O método de estratificação ambiental de Lin (1982) indicou que a utilização de diferentes doses de PBZ promoveu a formação de ambientes distintos para o desenvolvimento dos genótipos estudados.

Dependendo da característica em interesse, tendo ambientes correlacionados, o pesquisador pode optar pela utilização da dose menor visando economia do regulador.

Tabela 2: Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (*rf*), genotípica (*rg*) e de ambiente (*ra*) entre os caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR) no **Ambiente 1** (paclobutrazol = 0 mg L⁻¹) de pimenteiras.

Caracteres	AP	DC	CF	LF	CFR	DFR
AP	<i>rf</i>	-0,62	0,78	0,76	-0,67	0,48
	<i>rg</i>	-0,76	0,83	0,82	-0,73	0,54
	<i>ra</i>	0,17	0,47	0,30	-0,23	-0,16
DC	<i>rf</i>		-0,11	0,31	-0,05	0,19
	<i>rg</i>		-0,02	0,03	-0,04	0,20
	<i>ra</i>		0,08	0,05	-0,48	-0,18
CF	<i>rf</i>			0,98**	-0,85	0,68
	<i>rg</i>			0,99	-0,88	0,70
	<i>ra</i>			0,83	0,14	-0,06
LF	<i>rf</i>				-0,91	0,78
	<i>rg</i>				-0,93	0,79
	<i>ra</i>				0,13	-0,17
CFR	<i>rf</i>					0,96 *
	<i>rg</i>					0,97
	<i>ra</i>					0,45

** , * : Coeficiente de correlação fenotípica significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t

Tabela 3: Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (*rf*), genotípica (*rg*) e de ambiente (*ra*) entre os caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR) no **ambiente 2** (paclobutrazol = 5 mg L⁻¹) de pimenteiras.

Caracteres	AP	DC	CF	LF	CFR	DFR
AP	<i>rf</i>	0,18	0,77	0,87	-0,84	0,85
	<i>rg</i>	0,05	0,91	0,99	-0,98	0,99
	<i>ra</i>	0,92	0,15	0,11	-0,19	-0,10
DC	<i>rf</i>		0,05	0,22	-0,68	0,67
	<i>rg</i>		0,06	0,25	-0,71	0,70
	<i>ra</i>		-0,09	-0,08	-0,17	-0,15
CF	<i>rf</i>			0,97 *	-0,58	0,60
	<i>rg</i>			0,97	-0,61	0,61
	<i>ra</i>			0,89	0,11	0,48
LF	<i>rf</i>				-0,76	0,77
	<i>rg</i>				-0,80	0,79
	<i>ra</i>				0,17	0,34
CFR	<i>rf</i>					0,98**
	<i>rg</i>					0,99
	<i>ra</i>					0,38

**, * : Coeficiente de correlação fenotípica significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t

Tabela 4: Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_f), genotípica (r_g) e de ambiente (r_a) entre os caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR) no **ambiente 3** (paclobutrazol = 10 mg L⁻¹) de pimentas.

Caracteres	AP	DC	CF	LF	CFR	DFR
AP	r_f	-0,13	0,80	0,90	-0,65	0,12
	r_g	-0,22	0,85	0,95	-0,72	0,13
	r_a	0,89	0,40	0,65	0,09	-0,07
DC	r_f		-0,24	-0,10	-0,50	0,96 *
	r_g		-0,27	-0,12	-0,51	0,98
	r_a		0,39	0,53	-0,18	0,18
CF	r_f			0,97 *	-0,71	0,05
	r_g			0,97	-0,71	0,05
	r_a			0,78	-0,67	-0,30
LF	r_f				-0,80	0,19
	r_g				-0,81	0,19
	r_a				-0,41	-0,09
CFR	r_f					-0,73
	r_g					-0,74
	r_a					0,32

**, * : Coeficiente de correlação fenotípica significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t

Tabela 5: Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (r_f), genotípica (r_g) e de ambiente (r_a) entre os caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), comprimento do fruto (CFR), diâmetro do fruto (DFR) no **ambiente 4** (paclobutrazol = 15 mg L⁻¹) de pimentas.

Caracteres		AP	DC	CF	LF	CFR	DFR
AP	r_f		-0,82	0,36	0,57	-0,57	-0,18
	r_g		-0,99	0,39	0,60	-0,64	-0,21
	r_a		0,47	0,36	0,48	-0,21	-0,09
DC	r_f			-0,51	-0,41	0,11	0,66
	r_g			-0,58	-0,46	0,13	0,71
	r_a			-0,07	-0,01	-0,20	-0,01
CF	r_f				0,86	-0,38	-0,06
	r_g				0,86	-0,44	-0,09
	r_a				0,91	0,20	0,21
LF	r_f					-0,90	0,30
	r_g					-0,93	0,30
	r_a					0,24	0,36
CFR	r_f						-0,67
	r_g						-0,70
	r_a						0,41

**, * : Coeficiente de correlação fenotípica significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t

Tabela 6: Agrupamento de ambientes, segundo o método de estratificação baseado no algoritmo de LIN (1982) em pimentas tratadas com PBZ.

Caracteres	Ambientes
Altura da planta	2, 3, 4, 1
Diâmetro da copa	2, 3, 4 1, 2
Comprimento da folha	2, 3, 4 1, 2
Largura da folha	2, 3, 4 1, 2
Comprimento do fruto	1, 2 3 4
Largura do fruto	1 2 3 4

5. LITERATURA CITADA

Almeida, RD; Peluzio, JM; Afferri, FS. 2010. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. *Bioscience Journal*. 26: 95-99.

Berberich, S; Snyder, J; Geneve, R; Williams, MA. 2006. Growth and flowering response of container grown passion flower cultivars to fertilizer and paclobutrazol. *Journal Environmental Horticulture*, Washington, v.24, n.2, p.109-114.

Cruz, CD; Regazzi, AJ; Carneiro, PCS. 2004. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3.ed. v.1, Viçosa: UFV, 480 p.

Cruz, CD. 2013. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, v. 35, n. 3, p. 271-276.

Falconer, DS; MACKAY, TFC. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4.ed. London: Longman, 463 p.

Finger, FL; Rêgo, ER; Segatto, FB; Nascimento, NFF; Rêgo, M. 2012. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. *Informe Agropecuário*, v. 33, n. 267, p. 14-20.

Grossi JAS; Moraes PJ; Tinoco SA; Barbosa JG; Finger FL; Cecon PR. 2005. Effects of paclobutrazol on growth and fruiting characteristics of “Pitanga” ornamental pepper. *Acta Horticulturae*, v. 683, p.333-336.

Ibraflor. Critérios de Classificação de Pimenta Ornamental, Veiling® Holambra. Disponível em:

<<http://www.ibraflor.com/publicacoes/cod=112>>. Acesso em: 20 jan.2015.

IPGRI. 1995. *Descritores para Capsicum (Capsicum spp)*. Roma: IPGRI, p. 51.

Lin, CS. 1982. Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean-square. *Theoretical and Applied Genetics*, v.62, p.277-280.

Marshall, JG; Beardmore, T; Whittle, CA; Wang, BSP; Rutledge, RG; Blumwald, E. 2000. The effects of paclobutrazol, abscisic acid, and gibberellin on germination and early growth in silver, red, and hybrid maple. *Canadian Journal of Forest Research*, Ottawa, v.30, n.4, p.557-565.

Moraes, CB; Zimback, L; Uesugi, G; Guerrini, IA; Mori, ES. 2012. Alterações morfológicas em *Eucalyptus* sob a aplicação de bior-reguladores. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.24, n.2, p.251-257.

Moraes, CB; Uesugi, G; Ono, EO; Rodrigues, JD; Guerrini, IA; Mori, ES. 2013. Influência do uso de biorreguladores no crescimento de *Hymenaea courbaril*. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.25, n.2, p.223-229.

Nascimento, NFF; Rêgo, ER; Rêgo, MM; Nascimento, MF; Alves, LIF. 2012. Compatibilidade em cruzamentos intra e interespecíficos em pimenteiras ornamentais. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*. v.18, n.1, p. 57-62.

Nascimento, NFF; Rêgo, ER; Nascimento, MF; Santos, RMC, Bruckner, CH; Finger, FL; Rêgo, MM. 2013. Flower Color Variability in Double and Three-way Hybrids of Ornamental Peppers. *Acta Horticulturae*. v.1, p.457-464.

Peluzio, JM; Gerominni, GD; Silva, JPA; Afféri, FS; Vendruscolo, JBG. 2012. Estratificação e dissimilaridade ambiental para avaliação de cultivares de soja no Estado do Tocantins. *Bioscience Journal*. v.28, p.332-337.

Pereira, HS; Melo, LC; Faria, LC; Del Peloso, MJ; Wendland, A. 2010. Estratificação ambiental na avaliação de genótipos de feijoeiro-comum tipo Carioca em Goiás e no Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.45, p.554-562.

Ramalho, MAP; Santos, JB; Pinto, CABP; Souza, EA; Gonçalves, FM; Souza, JC. 2012. Genética na agropecuária. 5.^a Ed. UFLA, Lavras, 566 p.

Rêgo, ER; Finger, FL; Nascimento, MF; Barbosa, LAB; Santos, RMC. 2011. Pimenteiras Ornamentais. In: Rêgo; E.R. Finger, F.L. Rêgo, M.M. (Org.). Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum* spp.). 1 ed. Recife - PE: Imprima, 1: 117-136.

Ribeiro, JZ; Almeida, MIM. 2011. Estratificação ambiental pela análise da interação genótipo x ambiente em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.46, n.8, p.875-883.

Silva, AR; Rêgo, ER; Pessoa, AMS; Rego, MM. 2016. Análise de rede de correlação entre caracteres fenotípicos e genotípicos de pimenteiras. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.51, n.4, p.372-377.

Taiz, L; Zeiger, E. 2009. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 848p.

Vencovsky, R; Barriga, P. 1992. Genética Biométrica no Melhoramento. Ribeirão Preto: SBG, 496 p.

Vieira, MA. 2002. Uso de polímero hidro absorvente: efeitos sobre a qualidade de substratos hortícolas e crescimento de mudas de pimentão ornamental. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, Pelotas, Rio Grande do Sul.

CONCLUSÕES GERAIS

- O paclobutrazol foi eficiente na regulação do crescimento das variedades de pimenteira utilizadas, atuando nas características relacionadas ao porte e não prejudicando a boa aparência dos frutos, possibilitando a obtenção de um ideótipo ornamental.
- A correlação entre caracteres morfológicos mesmo sendo de causas genéticas permanentes, pode não ser expressa fenotipicamente ao se utilizar o PBZ, assim é possível utilizar este regulador visando à regulação de uma característica sem afetar também as características com ela correlacionadas.
- O método de estratificação ambiental de Lin (1982) indicou que a utilização de diferentes doses de PBZ promoveu a formação de ambientes distintos para o desenvolvimento dos genótipos estudados.
- Dependendo da característica em interesse, tendo ambientes correlacionados, pode-se optar pela utilização da menor dose visando economia do regulador.