



**CITOCININA NA NODULAÇÃO,
MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE
FEIJÃO COMUM**

RICARDO DE ANDRADE SILVA

2017

RICARDO DE ANDRADE SILVA

**CITOCININA NA NODULAÇÃO, MORFOFISIOLOGIA E
PRODUÇÃO DE FEIJÃO COMUM**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora: *D.Sc.* Sylvana Naomi Matsumoto

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
BAHIA - BRASIL
2017

S583n

Silva, Ricardo de Andrade.
Citocinina na nodulação, morfofisiologia e produção de feijão
comum.

/ Ricardo de Andrade Silva, 2017.
97f. : il.

Orientador (a):D.Sc. Sylvana Naomi Matsumoto.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste
da Bahia, Programa de
Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em
Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2017.

Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção** – CRB 5/1890
UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

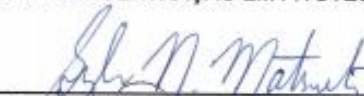
Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "CITOCININA NA NODULAÇÃO, MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE FEIJÃO COMUM".

Autor: Ricardo de Andrade Silva

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:



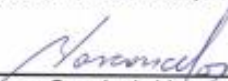
Prof. Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc., UESB
Presidente



Prof. João Domingos Rodrigues, D.Sc., UNESP Botucatu/SP



Pesq. Adriana Dias Cardoso, D. Sc., PNP/CAPE



Prof. Ramon Correia de Vasconcelos, D.Sc., UESB



Pesq. Paula Acácia Silva Ramos, D. Sc., PNP/CAPE

Data de realização: 31 de outubro de 2017.

Aos professores, que dedicam suas vidas ao exercício árduo do magistério e pesquisa

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao ser supremo, que nos permite acordar e dormir, que nos dá tantos caminhos e oportunidades de vida a trilhar;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelo aceite e aporte para realização e manutenção do curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela manutenção dos custos e parceria no incentivo ao desenvolvimento da pesquisa;

À minha família, que no alto de sua simplicidade torna-se uma entidade duradoura e exemplo para osseus e outros;

À minha orientadora, pelos dias de dedicação e compreensão aplicados neste trabalho;

A todos os meus mestres, que ao longo de tantos anos de jornada me auxiliaram na escolha de qual caminho trilhar na vida pessoal e profissional;

Aos meus amigos de trabalho, de brincadeiras e de estudos, dos laboratórios de fisiologia vegetal, biotecnologia e sementes.

À Biogrow, por fornecer o suporte técnico necessário para condução dos experimentos.

Aquele que pesquisa e absorve seletivamente bem as influências do que encontrou, está sempre melhor a cada dia.

Leila Antonelli

RESUMO

SILVA, R. A. **Citocinina na nodulação, morfofisiologia e produção de feijão comum**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2017. 97 p. (Tese – Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).

O manejo de fitorreguladores na cultura do feijão é uma prática com potencial uso sistemático, principalmente com produtos à base de citocininas, aplicados no tratamento de sementes via foliar. Este trabalho, teve como objetivo avaliar épocas de aplicação e doses de 6-benziladenina sobre a nodulação no desenvolvimento e produção na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Foram realizados quatro ensaios na safra 2015/2016, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, município de Vitória da Conquista – BA, em cultivo irrigado. O primeiro ensaio foi objetivo foi avaliar duas citocininas, cinetina e 6-benziladenina em diferentes épocas de aplicação (tratamento de sementes, estágio fenológico vegetativo V3 e estágio fenológico reprodutivo R6); no segundo ensaio foram avaliadas doses 6-benziladenina (0, 3, 6, 9 e 12 g ha⁻¹) aplicadas nas sementes e seus efeitos sobre a nodulação, morfofisiologia e produção da cultura em manejo, sem aplicação de nitrogênio e potássio em cobertura. No terceiro e quarto ensaio foi avaliado o efeito de três épocas de aplicação (tratamento de sementes, estágio fenológico vegetativo V3 e estágio fenológico reprodutivo R6) e cinco doses de 6-benziladenina (0, 3, 6, 9 e 12 g ha⁻¹) na morfofisiologia da plantas e características agrônômicas de produção, em cultivos de verão e inverno. Os efeitos induzidos pela cinetina e a 6-benziladenina são semelhantes, nas épocas de aplicação avaliadas, tanto para variáveis morfológicas, quanto reprodutivas. Quando a aplicação da 6-benziladenina é realizada nas sementes em cultivo sem adubação de cobertura, há redução da nodulação, absorção de nitrogênio produtividade da cultura. Nos ensaios de campo, tanto no inverno quanto no verão, as épocas de aplicação e doses de 6-benziladenina são associadas à maior resiliência frente a estresses bióticos, elevação da assimilação de nitrogênio e aumento de produtividade.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Biorregulador. Produtividade.

*Orientadora: Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc., UESB

ABSTRACT

SILVA, R. A. **Cytokinin in nodulation, morphophysiology and common bean production.** Vitoria da Conquista-BA: UESB, 2017. 97 p. (Thesis - PhD in Agronomy, Area of Concentration in Plant Science).

The management of phytohormones in the common bean culture is a practice with potential systematic use, mainly with products based on cytokinins, applied in the treatment of seeds and via foliar. The objective of this work was to evaluate times of application and doses of 6-benzyladenine on nodulation in the development and production of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Four trials were carried out in the 2015/2016 crop, at the Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, in the municipality of Vitória da Conquista - BA, in irrigated cultivation. The first trial was to evaluate two cytokinins, kinetin and 6-benzyladenine at different application times (seed treatment, V3 vegetative phenological stage and R6 phenological reproductive stage); in the second experiment, 6-benzyladenine doses (0, 3, 6, 9 and 12 g ha⁻¹) were applied to the seeds and their effects on nodulation, morphophysiology and production of the crop under management, with no application of nitrogen and potassium in the cover. In the third and fourth trials the effect of three application times (seed treatment, vegetative phenological stage V3 and reproductive phenological stage R6) and five doses of 6-benzyladenine (0,3,6,9 and 12 g ha⁻¹) in plant morphophysiology and agronomic characteristics of production, in summer and winter crops. The effects induced by kinetin and 6-benzyladenine are similar at the application times evaluated for both morphological and reproductive variables. When the application of 6-benzyladenine is carried out in the seeds under cultivation without fertilization cover, there is reduction of nodulation, nitrogen uptake crop productivity. In field and winter trials, application times and doses of 6-benzyladenine are associated with higher fresh resilience to biotic stresses, elevated nitrogen assimilation, and increased productivity.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Bioregulator. Productivity.

*Adviser: Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc., UESB

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1** - Caracterização química do solo utilizado para a condução do experimento, anterior a implantação do experimento. Vitória da Conquista, Bahia, 2015.23
- Tabela 2.2** - Resumo do quadro de análise de variância para altura das plantas (ALT), número de folhas (NF), massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), relação MSPA/MSR, número de nódulos (NNOD), massa seca de nódulos (MSNOD), SPAD, altura de inserção da primeira vagem (INS), número de vagens (NVAG), comprimento de vagens (CPVAG), massa de cem sementes (M100) e produtividade (PROD) de plantas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas a épocas de aplicação de 6-benziladenina e cinetina. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.29
- Tabela 2.3** - Médias da altura da plantas (ALT), número de folhas (NF), massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), relação MSPA/MSR, número de nódulos (NNOD), massa seca de nódulos (MSNOD), SPAD, altura de inserção da primeira vagem (INS), número de vagens (NVAG), comprimento de vagens (CPVAG) e produtividade (PROD) de plantas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, submetidas a épocas de aplicação de 6-benziladenina e cinetina. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.30
- Tabela 3.1** - Caracterização química do solo utilizado para a condução do experimento, anterior a implantação do experimento. Vitória da Conquista – BA, 2015.43
- Tabela 3.2** - Resumo do quadro de análise de variância para condutância estomática (Gs), fotossíntese (A), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência da carboxilação (A/Ci), eficiência do uso da água (A/E), área foliar da planta (AFOL) e aérea foliar específica (ARFOLE), aos 30 DAE, extravasamento de eletrólitos (EXT), SPAD, número de nódulos (NNOD), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de nitrogênio foliar (N) aos 30 e 45 DAE aos 30 DAE e número de vagens (NVAG) e produtividade (PROD), aos 70 DAE, da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetido a aplicação de 6-benziladenina no tratamento de sementes. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.48
- Tabela 4.1** - Caracterização química do solo da área experimental, anterior a implantação do experimento. Vitória da Conquista – BA, 2015.66
- Tabela 4.2** - Resumo do quadro de análise de variância para comprimento da haste principal (COMP), massa seca de parte aérea (MSPA), SPAD e

extravasamento de eletrólitos (EXT), teores de N, P e K foliares, número de vagens (NVAG), comprimento de vagens (COMVAG), número de grãos por vagens (NGVAG), M100 e produtividade para épocas de aplicação e doses de 6-benziladenina, no cultivo de verão e inverno de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.74

Tabela 4.3 - Comprimento da haste de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA) no cultivo de verão. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.....75

Tabela 4.4 - Índice SPAD de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA) e estádios de aplicação, no cultivo de verão e inverno Vitória da Conquista, Bahia, 2016.79

Tabela 4.5 - Extravasamento de eletrólitos de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, submetidos à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA) em estádios de desenvolvimento diferenciados, no cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.....81

Tabela 4.6 - Teor de nitrogênio foliar de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à diferentes doses de 6-benziladeno (6-BA) aplicadas em estádios de desenvolvimento diferenciados no cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.83

Tabela 4.7 - Teor de potássio foliar (K) em plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, submetidos à doses de 6-benziladenina (6-BA) em diferentes estádios de desenvolvimento. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.....87

Tabela 4.8 - Número de vagens (NVAG), comprimento de vagens (COMVAG) e massa de cem sementes (M100) de plantas feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à doses de 6-brnziladenina (6-BA) e aplicação em diferentes estádios de desenvolvimento, no cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.89

Tabela 4.9 - Número de grãos por vagem e produtividade da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetida à doses de 6-benziladenina (6-BA) aplicadas em diferentes estádios de desenvolvimento, no cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.90

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** - Número de folhas (A) e índice SPAD (B) de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas a aplicação de citocinina no tratamento de sementes (TS), estágio vegetativo R3 e estágio reprodutivo R6 submetidas a aplicação de 6-benziladenina e cinetina. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.31
- Figura 2.2** - Massa seca de raiz (MSR) (A), massa seca de parte aérea (MSPA) (B) e relação MSPA/MSR (C) para plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidas a aplicação de citocinina no tratamento de sementes (TS), estágio vegetativo R3 e estágio reprodutivo R6. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.33
- Figura 2.3** - Número de nódulos (A) e massa seca de nódulos (MSN) (B) para plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas a aplicação de citocinina no tratamento de sementes (TS), estágio vegetativo R3 e estágio reprodutivo R6. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.35
- Figura 2.4** - Massa seca de 100 sementes (M100) em função dos tipos de citocinina dentro de cada época de aplicação (A) e épocas de aplicação dentro de cada tipo de citocinina (B) em plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.36
- Figura 3.1** - Fotossíntese líquida potencial - A (A), transpiração - E (B), concentração interna de CO₂ - Ci (C), eficiência da carboxilação - A/Ci (D), eficiência de uso da água - A/E (E) e condutância estomática - Gs (F) da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, aos 30 DAE, submetido a aplicação de doses de 6-benziladenina no tratamento de sementes. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.50
- Figura 3.2** - índice SPAD (A), extravasamento de eletrólitos aos 30 e 45 DAE (B), área foliar da planta (C), área foliar específica aos 30 DAE (D) e número de nódulos (E) na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, submetido a aplicação de doses de 6-benziladenina no tratamento de sementes. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.54
- Figura 3.3** - Massa seca da raiz (A) e massa seca da parte aérea (B) aos 30 e 45 DAE, nitrogênio foliar aos 45 DAE (D), número de vagens (C), e produtividade (E) da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, submetido a aplicação de 6-benziladenina, no tratamento de sementes. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.57
- Figura 4.1** - Temperatura máxima e mínima e pluviometria registradas durante a condução dos experimentos na safra de verão e inverno. Vitória da Conquista - Bahia, safra 2015/2016.67

Figura 4.2 – Semeadura da cultura (A), momento da terceira aplicação (B), capina manual (C), avaliação morfológica (D) e colheita (E) da cultura do feijão submetida a aplicação de 6-benziladenina. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.	69
Figura 4.3 – Comprimento da haste principal de plantas de feijoeiro comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) cv. Carioquinha submetidas à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA) e épocas de aplicação, no cultivo de verão (A) e inverno (épocas de aplicação (B) e doses (C)). Vitória da Conquista, Bahia, 2016. .	76
Figura 4.4 – Massa seca de parte aérea (MSPA) de plantas de feijoeiro comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) cv. Carioquinha no cultivo de verão (A e B) e inverno (C e D) em função dos estádios de desenvolvimento de aplicação e doses de 6-benziladenina (6-BA). Vitória da Conquista, Bahia, 2016.	78
Figura 4.5 – Índice SPAD de plantas de (<i>Phaseolus vulgaris</i>) cv. Carioquinha cultivadas no verão (A) e inverno (B) e submetidas à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA), aplicados em estádios de desenvolvimento diferenciados. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.	80
Figura 4.6 - Extravasamento de eletrólitos em plantas de feijoeiro comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) cv. Carioquinha submetido à diferentes dose de 6-BA e épocas de aplicação no cultivo de verão. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.	82
Figura 4.7 - Teor de nitrogênio foliar (N) em plantas de feijoeiro comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) cv. Carioquinha submetidas à doses de 6-benziladenina (6-BA) aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento, em cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2017.	85
Figura 4.8 - Teor de fósforo foliar (P) em plantas de feijoeiro comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) cv. Carioquinha submetidas à doses de 6-benziladenina (6-BA) (B e D) aplicada em diferentes estádios de desenvolvimento (A e C), em cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.	86
Figura 4.9 - Teor de potássio foliar (K) em plantas de feijoeiro comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) cv. Carioquinha submetidas à doses de 6-benziladenina (6-BA) aplicada em diferentes estádios de desenvolvimento, no cultivo de verão (A) e inverno (B, para épocas de aplicação, e C, para doses). Vitória da Conquista, Bahia, 2016.	88
Figura 4.10 -Número de grãos por vagem (A e C, para cultivo de verão e inverno, respectivamente) e produtividade da cultura no cultivo de verão (B) e inverno (D) em plantas de feijoeiro comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>) cv. Carioquinha em função de doses de 6-benziladenina (6-BA) aplicadas em diferentes estádios de desenvolvimento. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.	92

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPITULO 1	15
1 INTRODUÇÃO GERAL	16
REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO 2: ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE 6-BENZILADENINA E CINETINA NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM	20
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 MATERIAL E MÉTODOS	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DO FEIJOEIRO COMUM SUBMETIDO A TRATAMENTO DE SEMENTES COM 6-BENZILADENINA	40
1 INTRODUÇÃO.....	41
2 MATERIAL E MÉTODOS	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
REFERÊNCIAS.....	60
CAPÍTULO 4: MORFOFISIOLOGIA E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE FEIJOEIRO COMUM SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE 6-BENZILADENINA EM CULTIVO DE VERÃO E INVERNO ..	63
1 INTRODUÇÃO.....	64
2 MATERIAL E MÉTODOS	66
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
4 CONCLUSÃO.....	94
REFERÊNCIAS.....	95

CAPITULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a principal fonte proteica vegetal da alimentação humana em diversos países da América e África, representando 50% dos grãos consumidos no mundo (RIBEIRO, DOMINGUES e ZEMOLIN, 2014). O Brasil, é o maior produtor e consumidor mundial de feijão comum, com produção de 3 milhões de toneladas, em uma área de 3,3 milhões de hectares (CONAB, 2017).

Apesar do volume de produção de feijoeiro, a produtividade média brasileira é considerada baixa (AMARO e outros, 2015), demandando ampliação de conhecimentos práticos e básicos. A baixa resiliência associada à rusticidade dos sistemas de produção e a diversidade edafoclimática das diversas regiões de cultivo no Brasil, determinam o cenário de incipientes avanços das fronteiras da maximização de produção do feijão comum. Assim, a adoção de técnicas de manejo que elevem a produtividade, como o uso de regulador vegetal devem ser avaliadas.

Durante a revolução verde, foi definido o conceito de que a aplicação de regulador vegetal, estaria condicionada a sistemas caracterizados por uma maior complexidade tecnológica. Era postulado que, somente neste cenário, o impacto na relação entre custo benefício visando a maximização da produção seria viável. Entretanto, atualmente, a concepção do manejo de reguladores vegetais, tem sido revisitada, ampliando horizontes. A necessidade de sistematização de manejo agrícola visando mitigar os efeitos negativos das alterações ambientais relativas ao clima foi o principal fator que direcionou este avanço.

Conceitos de sustentabilidade de cultivos (low external input and sustainable agriculture, LEISA) associados ao emprego de reguladores vegetais, como indutores de homeostase do sistema redox das plantas, têm sido proposto por Srivastavae outros (2016). Integrando esta nova perspectiva,

o estudo de culturas que mantêm íntima associação com bactérias fixadoras de nitrogênio, que interagem com o metabolismo do regulador vegetal, tem um papel decisivo neste contexto (AHEMAD e KIBET, 2014).

As citocininas são reguladores vegetais que desempenham um papel essencial em vários processos de desenvolvimento vegetal, tais como diferenciação celular, dominância apical, senescência foliar, sinalização de nutrientes e diferenciação do cloroplasto (YEH e outros, 2015). Esta classe de reguladores vegetais está associada à manutenção da integridade dos tecidos, retardo da senescência foliar, mobilização de nutrientes, divisão celular, cicatrização de tecidos, dominância apical, formação e atividade dos meristemas apicais, desenvolvimento floral, fixação biológica de nitrogênio e assimilação de nitrogênio (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Para a cultura do feijão, os estudos sobre citocininas sintéticas concentram-se na aplicação de 6-benzilaminopurina (BAP), cinetina e 6-benziladenina (6-BA). Dentre essas, a cinetina é a mais estudada em compostos biorreguladores, porém a 6-BA é mais eficiente que a cinetina na promoção do florescimento, pegamento de flores, produção de frutos e rendimento de sementes (FU e outros, 2014). A eficiência dos tipos de citocininas está condicionada ao estágio de desenvolvimento e dose aplicada.

Face ao exposto, este estudo foi definido a partir da hipótese de que as citocininas podem promover a fixação biológica e a modulação da fisiologia da planta, elevando os indicadores de qualidade agronômica e produtividade da cultura do feijão. O conhecimento do manejo do estágio fenológico, e dose de aplicação de 6-BA mais favoráveis à expressão das características descritas anteriormente fomentará maior adaptabilidade das plantas às condições do ambiente.

Assim, a partir deste estudo objetivou-se avaliar a eficiência de épocas de aplicação e doses de citocininas sobre a nodulação, morfofisiologia e componentes de produção na cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). Para relatar a temática proposta no objetivo, foram realizados três ensaios,

sendo dois realizados em casa de vegetação e um a campo. Desta forma, este estudo, apresentado na forma de tese, foi organizado em quatro capítulos:

1. Introdução geral
2. Épocas de aplicação de 6-benziladenina e cinetina em na cultura do feijoeiro comum;
3. Características morfológicas e agronômicas do feijoeiro comum submetido a tratamento de sementes com 6-benziladenina;
4. Morfofisiologia e componentes de produção de feijão comum submetido à aplicação de 6-benziladenina em cultivo de verão e inverno.

REFERÊNCIAS

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King Saud University- Science**, Riyadh, v. 26, p. 1-20, 2014.

AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. de S.; CARVALHO, A. J. de; ASPIAZÚ, I.; SILVA NETA, I. C.; SANTOS, M. G. P. dos. Physiological potential of bean seeds as a function of population densities on winter crop season, in northern Minas Gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 415-424, 2015.

Compania Nacional de Abastecimento de Grãos – CONAB.
Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2016/17–Décimo primeiro levantamento, Brasília, v. 4, n. 11, p. 1-171, 2017.

FU, Q.; NIU, L.; ZHANG, K.; PAN, Q.; HE, H.; XU, Z. Benzyladenine treatment promotes floral feminization and fruiting in a promising oilseed crop *Plukenetia volubilis*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 59, n. 1, p. 295–298, 2014.

RIBEIRO, N. D.; DOMINGUES, L. S.; ZEMOLIN, A. E. M. Avaliação dos componentes da produtividade de grãos em feijão de grãos especiais. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n.2, p. 178-186, 2014.

SRIVASTAVA, A. K.; PASALA, R.; MINHAS, P. S.; SUPRASANNA, P. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating redox signaling as a possible unifying mechanism. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 137, n. 1, p. 237-278, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 5ª ed, Trad, de E, R, Santarém, Porto Alegre: Artmed, 2013.

YEH, S.; CHEN, H.; NG, C.; LIN, C.; TSENG, T.; LI, W.; KU, M.S.B. Down-regulation of cytokinin oxidase2 expression increases tiller number and improves rice yield. **Rice**, Richmond, v. 8, n. 36, p. 1-13, 2015.

CAPÍTULO 2
ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE 6-BENZILADENINA E CINETINA
NA CULTURA DO FEIJOEIRO COMUM

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de feijão ocorre em todas as regiões do Brasil, sendo praticado em diferentes épocas de semeadura, em sistemas produtivos dos mais variados níveis tecnológicos (PEGORARO e outros, 2014). Entretanto, o feijoeiro é uma cultura que apresenta elevada sensibilidade às variações térmicas e hídricas, devido ao ciclo curto e sistema radicular pouco desenvolvido. Assim, tecnologias como a aplicação de reguladores vegetais podem ser inseridas no manejo da cultura visando a elevação da capacidade de tolerância às condições de estresse e consequente aumento de rendimento na cultura.

As citocininas são um grupo de reguladores vegetais que estimulam ou inibem processos morfológicos, resultando em alterações na altura, diâmetro do caule, área foliar, massa seca de parte aérea e altura do primeiro nó de plantas (CATO e outros, 2013). Alterações fisiológicas também são observadas como divisão celular, formação de órgãos, dominância apical, retardamento da degradação da clorofila (ABU-ROMMAN, AL-HADID e ARABIYYAT, 2015).

Os principais argumentos para utilização das citocininas no manejo de culturas em campo estão associados à alteração das relações fonte-dreno, diretamente relacionadas ao equilíbrio entre citocininas e auxinas. Estudos relacionam a participação de um transportador (purina permease¹⁴) na determinação dos padrões temporais e espaciais de drenos de citocininas (ZURCHER e outros, 2016).

As citocininas estão intimamente relacionadas ao processo de nodulação de plantas leguminosas por bactérias do gênero *Rhizobium*, fixadoras de nitrogênio. Citocininas biossintetizadas pelas plantas leguminosas e pelas bactérias, são estímulos iniciais para o estabelecimento da simbiose entre planta e bactéria, (XU, LI e LUO, 2012) e também para

iniciação e desenvolvimento dos nódulos nas células corticais das raízes (REID e outros, 2017).

O manejo de culturas agrícolas com citocininas sintéticas, tem sido praticado como forma de aumentar a produtividade, sendo a benzilaminopurina (BAP), cinetina e 6-benziladenina (6-BA), as mais comuns. A cinetina e 6-BA, têm sido associadas às culturas leguminosas, como a soja e o feijoeiro comum, promovendo alterações morfológicas e fisiológicas que resultam em elevação da produtividade (FIOREZE e outros, 2013; BORGES e outros, 2014).

A persistência nos tecidos, é uma das características determinantes para a escolha da citocinina a ser empregada, principalmente em cultivo *in vitro*. Citocininas com base purínica são caracterizadas por serem menos persistentes nos tecidos vegetais em relação à citocininas não purínicas, como o thiadizuron (MAKARA, RUBAIHAYO e MAGAMBO, 2010). Para as citocininas adenílicas, a citocinina artificial, cinetina, é mais persistente em relação à citocinina biossintetizada pela planta, como a transzeatina (NAKHOODA, WATT e MYCOCK, 2012).

Em condição de campo as duas formas de aplicação de citocininas mais comuns são o tratamento de sementes e aplicação via foliar. Quando a citocinina é aplicada via tratamento das sementes, o efeito “priming” (relacionado ao vigor na germinação, emergência e desenvolvimento inicial) é evidenciado (SIADAT, MOOSAVI e SHARAFIZADEH, 2015).

Para a aplicação via foliar, o estágio de desenvolvimento em que é realizada, pode definir a eficácia desta prática. Em estudo realizado com a aplicação de 6-BA na cultura da soja, Borges e outros (2014) relatam que o direcionamento do dreno para as sementes é intensificado quando citocinina é aplicada na fase reprodutiva da cultura (R3 a R5).

Destarte, objetivou-se com este trabalho avaliar épocas de aplicação de 6-benziladenina e cinetina sobre a morfologia, nodução e componentes de produção na cultura do feijão comum.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em casa de vegetação, campus de Vitória da Conquista, (14° 51' 58'' Sul e 40° 50' 22'' Oeste), com altitude média de 923 m.

O solo utilizado foi retirado da camada arável (0 – 20 cm) da área experimental da UESB, classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), cuja análise química foi devidamente caracterizada a seguir (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Caracterização química do solo utilizado para a condução do experimento, anterior a implantação do experimento. Vitória da Conquista, Bahia, 2015.

pH	P ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B. ¹	t ²	T ³	V ⁴	m ⁵
(H ₂ O)	mg dm ⁻³		-----cmol ₃ dm ⁻³ -----							%	
5,1	14	0.15	1,7	0,8	0,3	3,1	2,7	3,0	6.1	44	10

1 – soma de bases; 2 - Capacidade de troca catiônica efetiva; 3 - Capacidade de troca catiônica a pH 7.0; 4 - Saturação por bases e; 5 – Saturação por alumínio.

O solo foi submetido à peneira de 5 mm e corrigido com a aplicação de 1,0 Mg ha⁻¹ de calcário, sendo posteriormente homogeneizado e acondicionados em vasos (20/09/2015). Os vasos foram irrigados, diariamente, por 30 dias para completa reação do calcário.

Por ocasião da semeadura foi realizada adubação constituída por 16 kg ha⁻¹ de N, 56 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 32 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados manualmente. O fertilizante foi colocado à profundidade de cinco cm abaixo da semente. As adubações de cobertura foram realizadas aos 15 e 30 DAE (9 kg ha⁻¹ de N e 18 kg ha⁻¹ de K₂O), com aplicação manual, a uma distância de cinco centímetros do caule da planta.

Foi utilizado o cultivar do grupo comercial Carioca, cv. Carioquinha de ciclo médio/curto (75-90 dias), hábito de crescimento determinado, altura

média de 43cm, porte semiprostrado, folhas verde-claras, flores brancas, vagens de cor creme ou palha e sementes de tamanho médio. Os biorreguladores utilizados para tratamento foram a cinetina PA (6-furfurilaminopurina, Sigma, lot 28H41I8) e a 6-benziladenina (6-BA), com concentração de 20 g kg⁻¹, densidade de 1,2 g cm³, formulação líquida, 100% solúvel.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 2 x 3, com seis repetições. As parcelas foram compostas por quatro vasos de polietileno (26,0 cm x 23,5 cm x 16,0 cm), contendo duas plantas de feijoeiro em cada vaso. Os tratamentos empregados no ensaio foram constituídos de dois produtos (cinetina e 6-BA, ambos na concentração de 20,0 g kg⁻¹), e três épocas de aplicação (tratamento de sementes; estágio fenológico vegetativo V3, quando o segundo trifólio estava completamente expandido no terceiro nó da planta e estágio fenológico reprodutivo R6, fase de prefloração, quando aparece o primeiro botão floral e o primeiro ráculo). A dose utilizada no tratamento de sementes foi de 0,0375 g kg⁻¹ de semente, correspondendo a 3g ha⁻¹, baseado no consumo de 80 kg ha⁻¹ de semente.

As sementes foram previamente tratadas com imidacloprido + tiodicarbe (8,5 mL kg⁻¹ de sementes), fluquinconazol (2 mL kg⁻¹ de semente), cobalto + molibdênio (2,5 mL kg⁻¹ de semente) e inoculante composto por *Rhizobium tropici* SEMIA 4080 e SEMIA 4088, concentração de 3,0 x 10⁹ células viáveis por mL g⁻¹ (1,5mL kg⁻¹ de semente).

O tratamento de sementes com os reguladores, foi realizada manualmente, 30 minutos antes da semeadura. As sementes foram colocadas em saco de polietileno transparente, juntamente com os produtos, foi vedado e realizada uma agitação manual durante dois minutos. Após secagem da calda do tratamento de sementes aplicou-se o inoculante.

A semeadura do experimento foi realizada no dia 22/12/2015, sendo semeadas seis sementes por vaso, a uma profundidade de 1,5 cm. A emergência total ocorreu cinco dias após a semeadura. Aos cinco dias após a emergência (DAE) das plântulas foi realizado o primeiro desbaste, deixando

três plantas por vaso, um novo desbaste foi realizado aos 10 DAE, sendo mantidas duas plantas por vaso; por ocasião dos desbastes foram também retiradas as plantas daninhas.

As aplicações foliares foram realizadas nos dias 10/01/2016 e 24/01/2016 para V3 e R6, respectivamente, com a utilização de um pulverizador costal pressurizado a CO₂ (2 kgf cm⁻²), acoplado a uma barra, contendo dois bicos de jato plano XR 110.02, com vazão de 200 L ha⁻¹ de calda. A aplicação ocorreu no período matutino, com temperatura de 22 e 26°C para V3 e R6, respectivamente, e umidade relativa do ar superior a 60%, em ambas as aplicações.

A avaliação para a nodulação e desenvolvimento das plantas foi realizada aos 45 DAE, utilizando dois vasos de cada parcela, onde foram determinados:

- a) Altura da planta: expressa em centímetros, compreendendo a distância entre o nível do solo até a gema apical da planta;
- b) Número de folhas: foi contado o número de folhas completamente expandidas na planta, sendo desprezadas as de comprimento da nervura central inferiores a 2,5 cm;
- c) Índice SPAD: foi determinado pelo medidor portátil de clorofila (SPAD 502, MINOLTA, Japão). As leituras foram realizadas em três trifólios, localizados no terço médio da planta.
- d) Comprimento da raiz: o sistema radicular foi retirado dos vasos, lavado em água corrente, seco em papel toalha, posicionado em bancada de mármore e as leituras foram realizadas com régua milimetrada, a partir do meristema basal do sistema radicular até a base de inserção junto ao solo;
- e) Número de nódulos: foi retirado o sistema radicular com os nódulos dos vasos, e em seguida esses foram destacados, contados e determinados o número de nódulos por planta (HUNGRIA e outros, 1997);

- f) Matéria seca dos nódulos: os nódulos foram destacados das raízes e acondicionados em sacos de papel, levados à estufa com circulação de ar forçado, mantida à temperatura de 65°C por 72 horas. Após esfriar em dessecador, as amostras foram pesadas em balança de precisão e determinada a massa seca dos nódulos, sendo os dados expressos em gramas por planta (HUNGRIA e outros, 1997);
- g) Massa seca da raiz e parte aérea: o material vegetal fresco foi seco em estufa de circulação de ar forçado, à temperatura de 60°C, por 72 horas. Decorrido este período o material foi pesado para a obtenção da biomassa das diferentes partes da planta (raízes e parte aérea);
- h) Relação MSPA/MSR: determinada pela divisão da massa seca da parte aérea, pela massa seca da raiz.
- i) Altura de inserção da primeira vagem: obtida ao final do ciclo da cultura, sendo medida a distância a partir do nível do solo até a inserção da primeira vagem, com o uso de régua graduada em milímetros;
- j) Número de vagem por planta: por ocasião da colheita, as vagens foram separadas da planta e contadas;
- k) Comprimento de vagem: obtida por meio da medição do comprimento total de todas as vagens, com o uso de régua graduada. Os resultados foram expressos em comprimento médio de vagem, em cm;
- l) Número de grãos por vagem: foi determinado mediante a relação entre o número total de grãos e o número total de vagens;
- m) Massa de 100 sementes: foi avaliada por meio da pesagem de amostras de 100 grãos de cada parcela. Os dados obtidos foram corrigidos para teor de umidade de 130 g kg⁻¹;
- n) Produtividade: foram retiradas as vagens das plantas e debulhadas manualmente. Os grãos foram pesados e então calculada a produtividade em g pl⁻¹, corrigida para teor de água de 130 g kg⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise geral de variância e análise de variância da regressão. As médias dos tratamentos e suas interações foram

contrastadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do programa Sisvar 5.5.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A única característica afetada pelo tipo de citocinina aplicada foi o índice SPAD, não sendo verificado efeito para os parâmetros de crescimento (altura de plantas, ALT, número de folhas, NF, massa seca de raiz, MSR, massa seca de parte aérea, MSPA, relação MSPA/MSR, número de nódulos, NNOD, massa seca de nódulos, MSNOD) e de produção (altura de inserção da primeira vagem, INS, número de vagens, NVAG, comprimento de vagens, CPVAG, massa de cem sementes, M100 e produtividade, PROD)(Tabela 2.2).

Entretanto, a época de aplicação foi fator de impacto para todas as características de crescimento, com exceção de ALT, não sendo observado efeito deste fator também para o índice SPAD (Tabela 2.2).

Para fins de caracterização das variáveis, que não foram afetadas pelos fatores de variação estudados, foram apresentadas as médias destas na Tabela 2.3.

Tabela 2.2 - Resumo do quadro de análise de variância para altura das plantas (ALT), número de folhas (NF), massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), relação MSPA/MSR, número de nódulos (NNOD), massa seca de nódulos (MSNOD), SPAD, altura de inserção da primeira vagem (INS), número de vagens (NVAG), comprimento de vagens (CPVAG), massa de cem sementes (M100) e produtividade (PROD) de plantas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas a épocas de aplicação de 6-benziladenina e cinetina. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

F. V.	G. L.	Quadrados médios						
		ALT	NF	MSR	MSPA	MSPA/MSR	NNOD	MSNOD
Citocinina (C)	1	186,78 ^{ns}	11,11 ^{ns}	0,59 ^{ns}	223,05 ^{ns}	0,28 ^{ns}	60,84 ^{ns}	28,02 ^{ns}
Época (E)	2	424,36 ^{ns}	35,11 [*]	62,08 ^{**}	2021,30 ^{**}	344,72 ^{**}	3345,50 ^{**}	1715,49 ^{**}
C x E	2	7,69 ^{ns}	19,11 ^{ns}	3,27 ^{ns}	260,31 ^{ns}	5,24 ^{ns}	472,32 ^{ns}	82,26 ^{ns}
Bloco	5	89,84 ^{ns}	23,78 [*]	0,64 [*]	0,04 ^{ns}	6,74 ^{ns}	231,59 ^{ns}	175,97 ^{ns}
Erro	25	88,35	8,04	3,27	203,67	10,82	151,67	118,59
CV (%)		14,34	10,96	17,99	10,87	23,16	65,16	51,63
F. V.	G. L.	SPAD	INS	NVAG	CPVAG	NGRVAG	M100	PROD
Citocinina (C)	1	121,01 ^{**}	40,11 ^{ns}	3,36 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,00 ^{ns}	6,25 ^{ns}	100,00 ^{ns}
Época (E)	2	8,36 ^{ns}	16,75 ^{ns}	2,58 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,86 ^{ns}	8,58 ^{ns}	47,44 ^{ns}
C x E	2	25,08 ^{ns}	30,52 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,75 ^{ns}	13,08 ^{**}	12,33 ^{ns}
Bloco	5	32,11 ^{ns}	8,933 ^{ns}	15,78 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,44 ^{ns}	6,92 ^{ns}	96,76 ^{ns}
Erro	25	15,97	9,54	25,9	0,54	0,64	2,82	24,26
CV (%)		10,92	10,92	19,77	6,84	14,19	13,53	14,51

** - significativo a 1 % ($p > 0,01$), * - significativo a 5 % ($p > 0,05$) e ns - não significativo, pelo teste de F.

Tabela 2.3 - Médias da altura da plantas (ALT), número de folhas (NF), massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA), relação MSPA/MSR, número de nódulos (NNOD), massa seca de nódulos (MSNOD), SPAD, altura de inserção da primeira vagem (INS), número de vagens (NVAG), comprimento de vagens (CPVAG) e produtividade (PROD) de plantas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, submetidas a épocas de aplicação de 6-benziladenina e cinetina. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

F.V.	ALT	NF	MSR	MSPA	MSPA/MSR	NNOD	MSNOD
	-- cm --			g pl ⁻¹			
Épocas de aplicação							
TS	58,75 A	---	---	---	---	---	---
V3	68,13 A	---	---	---	---	---	---
R6	69,75 A	---	---	---	---	---	---
Citocinina							
Cinetina	63,27 A	26,44 A	9,92 A	133,73 A	14,31 A	25,16 A	17,59 A
6-benziladenina	67,83 A	25,33 A	10,17 A	128,75 A	14,31 A	22,56 A	15,83 A
F.V.	SPAD	INS	NVAG	CPVAG	NGRVAG	PROD	
		-- cm --		- cm --		--- g pl ⁻¹ ---	
Épocas de aplicação							
TS	36,50 A	19,25 A	25,25 A	11,00 A	5,08 A	32,33 A	
V3	37,41 A	18,75 A	26,16 A	10,66 A	5,50 A	33,33 A	
R6	35,75 A	21,00 A	25,83 A	10,50 A	5,58 A	36,16 A	
Citocinina							
Cinetina	---	18,61 A	25,44 A	10,61 A	5,22 A	32,27 A	
6-benziladenina	---	20,72 A	26,05 A	10,83 A	5,55 A	35,61 A	

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O NF das plantas submetidas à aplicação de citocinina em V3 foi superior, quando comparado às plantas que receberam a aplicação no TS (Figura 2.1A). A maior efetividade da aplicação de citocininas em V3 foi relacionada ao efeito mais pronunciado das citocininas a partir da fase de morfogênese das folhas. Quando as citocininas são aplicadas durante a fase vegetativa da cultura, o efeito da maior relação entre citocininas e auxinas proporciona a elevação no NF (SALISBURY e ROSS, 2012).

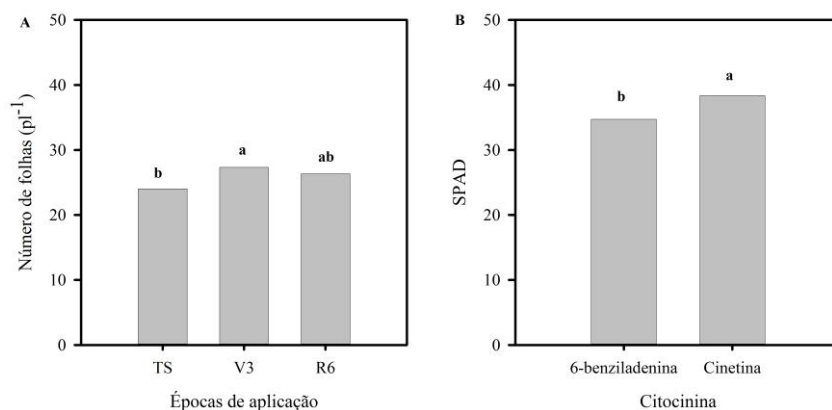


Figura 2.1 - Número de folhas (A) e índice SPAD (B) de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas a aplicação de citocinina no tratamento de sementes (TS), estágio vegetativo R3 e estágio reprodutivo R6 submetidas a aplicação de 6-benziladenina e cinetina. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O índice SPAD manteve-se 10% maior para as plantas submetidas à aplicação de cinetina, quando comparado às plantas tratadas com 6-BA (Figura 2.1B). Sabovljevi, Sabovljevi e Vukojevi (2010), afirmam que na mesma dose e concentração, o efeito da cinetina na manutenção da clorofila é maior quando comparado a outras citocininas (6-benzilaminopurina e o tidiazuron), devido a sua maior afinidade com os receptores protéicos que determinam a manutenção e elevação dos teores de clorofila nos tecidos vegetais.

Para a MSR verificou-se que as plantas submetidas à aplicação das citocininas em V3 acumularam 52% menos massa que as plantas que receberam a aplicação no TS e em R6 (Figura 2.2A). Para a MSPA, a aplicação em V3 resultou em 15% mais massa que as aplicações no TS e em R6 (Figura 2.2B). A aplicação de citocinina em V3 resultou em estímulo ao desenvolvimento da parte aérea, tornando-a um dreno maior quando comparada ao sistema radicular, isso pode ser verificado na relação MSPA/MSR, quando a aplicação em V3 foi 80% superior à observada em TS e R6 (Figura 2.2C).

Quando a aplicação da citocinina foi realizada no TS, o efeito foi intensificado devido ao sistema radicular ainda estar em formação. Na aplicação em R6, devido a morfogênese do sistema radicular ter sido definida, o efeito da aplicação das citocininas foi menos efetivo (Figura 2.2A e B).

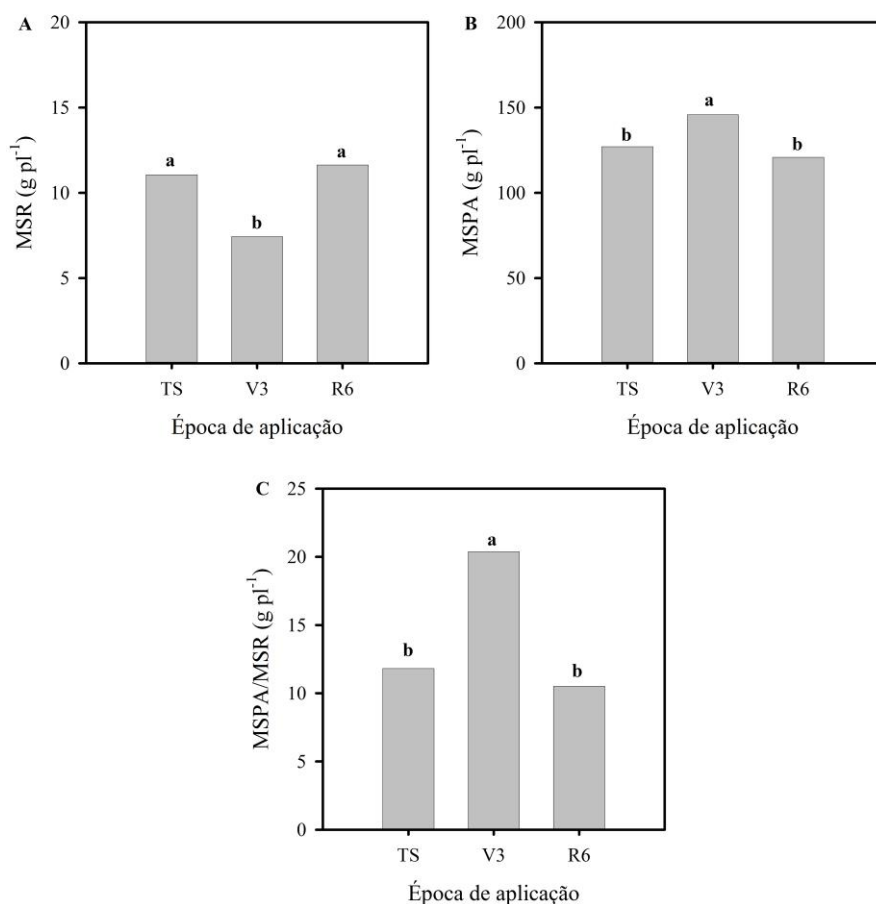


Figura 2.2 - Massa seca de raiz (MSR) (A), massa seca de parte aérea (MSPA) (B) e relação MSPA/MSR (C) para plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) submetidas a aplicação de citocinina no tratamento de sementes (TS), estágio vegetativo R3 e estágio reprodutivo R6. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A MSPA e MSRA, segundo Antunes e outros (2011), é um bom indicativo do estado nutricional das plantas, o que permite avaliar o potencial produtivo da cultura. Todavia, a relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes é uma característica que avalia o vigor da planta, porém é muito mais utilizada em experimentos na área florestal.

Klahold e outros (2006), ao aplicarem um biorregulador contendo 0,0035 g L⁻¹ de cinetina, no tratamento de sementes, via foliar e em

combinação, verificaram efeito, tanto na MSR quanto na MSPA. Os autores explicam que o fato da aplicação, tanto no TS, quanto foliar, alterar a massa das plantas ocorre devido aos reguladores vegetais alterarem a relação fonte-dreno em função da concentração aplicada. Fagan e outros (2015) afirmam que o reguladores alteram o balanço entre citocininas e auxinas e dessa forma podem estimular, tanto o desenvolvimento do sistema radicular, quanto da parte aérea, sendo a parte aérea estimulada quando o gradiente de citocinina for superior ao de auxina.

O número de nódulos e a MSN foram menores quando a aplicação de citocinina ocorreu no TS em relação às aplicações em V3 e R6 (Figura 2.3). Desta forma, a aplicação de citocinina em TS na dose 0,0375 g de 6-BA kg⁻¹ de sementes inibe a nodulação, devido essa concentração ser superior à produzida pelas bactérias, reduzindo assim a atratividade do sistema radicular de feijoeiro pelas bactérias. A inibição da nodulação devido à elevação dos níveis de citocininas foi relatada por Nagata e Suzuki (2014). Os autores afirmaram que a partir da concentração de citocininas de $2,5 \times 10^8$ M ocorre inibição da nodulação, resultando em total ausência de nódulos.

Apesar de ser amplamente difundido o papel da citocinina na nodulação, o início do processo ainda representa mecanismo desconhecido, sabe-se, apenas, que há um fator de percepção de aminoácido lisina que estimula a biossíntese de compostos semelhantes às citocininas pelas bactérias diazotróficas. Estes compostos citocinínicos são absorvidos pelas plantas e transportados para as zonas de formação de nódulos (FAGAN e outros, 2015).

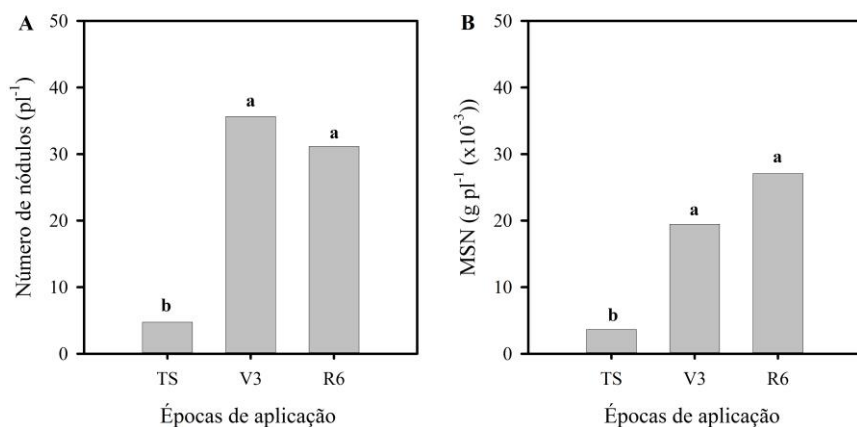


Figura 2.3 - Número de nódulos (A) e massa seca de nódulos (MSN) (B) para plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas a aplicação de citocinina no tratamento de sementes (TS), estágio vegetativo R3 e estágio reprodutivo R6. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A expressão de genes e fatores de transcrição dependentes de citocininas, estão envolvidos no processo de infecção do sistema radicular por bactérias bem como na formação dos nódulos (XU, LI e LUO, 2012; REID et al., 2017). Em células corticais da epiderme de raízes de *Lotus japonicum*, Reid e outros (2017), verificaram que somente quando ocorreu a superexpressão dos genes associados à síntese de citocininas (LjIpt2 e LjLog4) foi observado aumento do tamanho dos nódulos.

No desdobramento da interação verificou-se que entre as aplicações no TS e R6 não houve diferença entre os tipos de citocininas. Entretanto, para a aplicação em V3, maior M100 ocorreu em plantas que receberam a aplicação de cinetina quando comparada à aplicação de 6-benziladenina (Figura 2.4A).

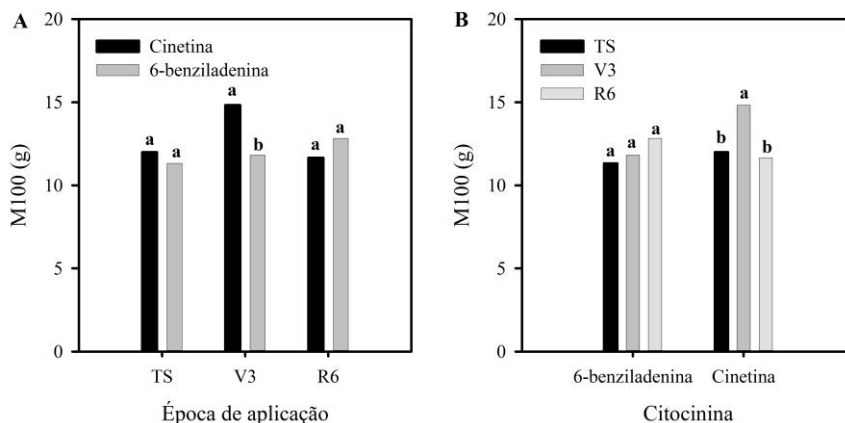


Figura 2.4 - Massa seca de 100 sementes (M100) em função dos tipos de citocinina dentro de cada época de aplicação (A) e épocas de aplicação dentro de cada tipo de citocinina (B) em plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha. Vitória da Conquista, Bahia, 2016. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Menor M100 foi verificada, quando a cinetina foi aplicada em TS e em R6, quando comparadas à aplicação realizada em V3. Para a 6-benziladenina não foram verificadas diferenças para a M100 entre as épocas de aplicações (Figura 2.4B).

O efeito da aplicação de cinetina em V3 pode ter sido associado à intensificação de direcionamento de massa para as sementes em formação. Em estudo realizado sobre aplicação de cinetina em soja, Passos e outros (2008), verificaram maiores valores de M100, somente quando o regulador foi aplicado em estádios reprodutivos de desenvolvimento desta cultura (entre os estádios R3 e R5). Tais divergências, são decorrentes do fato de que o efeito das citocininas está fortemente condicionado pela interação entre o tipo de citocinina, estágio fenológico, no momento da aplicação, e a concentração aplicada.

4 CONCLUSÃO

O crescimento e os componentes de produção do feijoeiro comum são afetados de modo semelhante pelas citocininas cinetina e 6-benziladenina, quando aplicadas nos estádios de semente, V3 e R6.

A aplicação de citocininas (três g ha⁻¹) no estágio V3 induz a maior vigor da parte aérea da planta em relação às raízes e maior massa de 100 sementes que as aplicações no tratamento de sementes e no estágio R6.

REFERÊNCIAS

ABU-ROMMAN, S.M.; AL-HADID, K.A.; ARABIYYAT, A.R. Kinetin is the most effective cytokinin on shoot multiplication from cucumber. **Journal of Agricultural Science**, North York, v. 7, n. 10, p. 159-165, 2015.

ANTUNES, J. E. L.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A.; ARAÚJO, A. S. F.; LYRA, M. C. C. P.; FIGUEIREDO, M. V. B. Eficiência simbiótica de isolados de rizóbio noduladores de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 751-757, 2011.

BORGES, L. P.; TORRES JUNIOR, H. D.; NEVES, T. G.; CRUVINEL, C. K. L.; SANTOS, P. G. F.; MATOS, F. S. Does bezyladenine application increase soybean productivity? **African Journal of Agricultural Research**. [S.l.], v. 9, n. 37, p. 2799-2804, 2014.

CATO, S.C.; MACEDO, W.R.; PERES, L.E.P.; CASTRO, P.R.C. Sinergism among auxins, gibberellins and cytokinins in tomato cv. Micro-Tom. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 31, n. 4, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006, 306 p.

FAGAN, E.B.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; CHAUFUN JÚNIOR, A.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia vegetal: reguladores vegetais**. 1ª Edição, Andrei Editora, 2015, 300 p.

FIOREZE, S.L.; RODRIGUES, D.D.; CARNEIRO, J.P.C.; SILVA, A.A.; LIMA, M.B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p.1432-1439, 2013.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J.A **inoculação da soja**. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 1997, 28 p. (EMBRAPA – CNPSo. Circular Técnica, 17).

KLAHOLD, C.A.; GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M.; KLAHOLD, A.; CONTIEIRO, R.L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

MAKARA, A. M.; RUBAIHAYO, P. R.; MAGAMBO, M. J. S. Carry-over effect of Thidiazuron on banana in vitro proliferation at different culture cycles and light incubation conditions. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 9, n. 21, p. 3079-3085, 2010.

NAGATA, M.; SUZUKI, A. **Effects of phytohormones on nodulation and nitrogen fixation in leguminous plants**. In: Ohyama, T. Advances in biology and ecology of nitrogen fixation. [S.l.]: InTech, 2014. Cap.5, p.111-128.

NAKHOODA, M.; WATT, M. P.; MYCOCK, D. The properties and interaction of auxins and cytokinins influence rooting of shoot cultures of Eucalyptus. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 11, n. 100, p. 16568-16578, 2012.

PEGORARO, R.F.; OLIVEIRA, D.; MOREIRA, C.G.; KONDO, M.K.; PORTUGAL, A.F. Partição de biomassa e absorção de nutrientes pelo feijoeiro comum. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 41, 2014.

REID, D.; NADZIEJAA, M.; NOVÁKB, O.; HECKMANN, A. B.; SANDALA, N.; STOUGAARD, J. Cytokinin biosynthesis promotes cortical cell responses during nodule development. **Plant Physiology**, Rockville, v. 175, n.1, p. 361-375, 2017.

SABOVLJEVI, A.; SABOVLJEVI, M.; VUKOJEVI, V. Effects of different cytokinins on chlorophyll retention in the moss *Bryu margenteum* (Bryaceae). **Periodicum Biologorum**, Zagreb, v. 12, n. 112, p. 301-305, 2010.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia das plantas**. 4ª Edição, Cengage Learning, 2012, 858 p.

SIADAT, S.A.; MOOSAVI, S.A.; SHARAFIZADEH, M. Alleviate seed ageing effects in *Silybum marianum* by application of hormone seed riming. **Noctulae Scientia Biologicae**, Cluj-Napoca, v. 7, n. 2, p. 316-321, 2015.

XU, J.; LI, X.; LUO, L. Effects of engineered *Sinorhizobium meliloti* on cytokinin synthesis and tolerance of alfalfa to extreme drought stress. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 78, n. 22, p. 8056–8061, 2012.

ZURCHER, E.; LIU, J.; DONATO, M.; GEISLER, M., MULLER, B. Plant development regulated by cytokinin sinks. **Science**, [S.l.], v. 353, n. 6303, p. 1027-1030, 2016.

CAPÍTULO 3
CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS
DO FEJJOEIRO COMUM SUBMETIDO A TRATAMENTO DE
SEMENTES COM 6-BENZILADENINA

1 INTRODUÇÃO

O feijão é um importante alimento componente da dieta básica do cotidiano dos habitantes do Brasil, constituindo-se em uma fonte protéica importante, principalmente para a região Nordeste. Porém, nesta região, a produtividade da cultura é considerada baixa, em função da rusticidade de manejo tecnológico, utilizado nos sistemas de produção do feijoeiro e das características ambientais desfavoráveis, relacionadas à temperatura e disponibilidade hídrica.

Neste cenário, o uso de reguladores vegetais tem sido proposto como uma forma de sistematização e adequação de técnicas de manejo, visando atenuar os efeitos negativos destas adversidades (WONG et al., 2016). As citocininas são um grupo de regulador vegetal que desempenha papel essencial em vários processos do desenvolvimento das plantas, tais como diferenciação celular, dominância apical, senescência foliar, sinalização de nutrientes e relação fonte-dreno (YEH e outros, 2015).

Quando associada à auxina, a citocinina tem sido objeto de estudo nos mais diversos temas relacionados à propagação de plantas, como no cultivo de explantes *in vitro* e germinação de sementes (NAKHOODA, WATT e MYCOCK, 2012). A abordagem principal está relacionada à concentração, estabilidade, persistência e características metabólicas dos tecidos em que esses reguladores atuam.

O priming de sementes tem sido proposto como eficiente método de indução da tolerância nas plantas a diversos tipos de estresses. O priming é conceituado como a indução de um estado fisiológico no qual ocorre máxima sensibilização a fatores que desencadeiam respostas de defesa (JISHA, VIJAYAKUMARI e PUTHUR, 2013). Este estado, denominado “primed”, pode ser induzido no início do processo de germinação até o desenvolvimento inicial, por meio de compostos sintéticos ou naturais.

Embora vários reguladores vegetais sejam utilizados no priming de sementes, com comprovado efeito no processo de germinação e, posteriormente no crescimento e metabolismo das plantas, a base de conhecimentos sobre o uso de citocininas ainda é incipiente (ASHRAF e FOOLAD, 2005; JISHA, VIJAYAKUMARI e PUTHUR, 2013). Metivier e Paulilo (1980) observaram aumento na massa seca do eixo embrionário, liberação de maltose e tirosina e produção de aminoácidos, quando foi realizado o priming com 6-BA em sementes de feijoeiro.

De acordo com Miri et al. (2015), a citocinina seria o principal fator sinalizador para a ocorrência de eventos que promovem a colonização bacteriana nas células do córtex das raízes e limitam a extensão da infecção posterior a nível das células da epiderme. Portanto, a homeostase desta interação simbiótica seria mantida por meio da citocinina.

A colonização das raízes por *Rhizobium*, por sua vez, também interfere nos níveis de citocininas da parte aérea das plantas. Em feijão guandu (*Cajanus cajan*), a infecção por bactérias fixadoras de nitrogênio, elevou a concentração de citocininas no xilema, resultando em maior acúmulo de massa na parte aérea da planta e elevação nos teores de clorofila e nitrogênio (YONG e outros, 2014).

Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do priming de sementes de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) com 6-benziladenina na nodulação, morfofisiologia e produtividade da cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), campus de Vitória da Conquista, em casa de vegetação, situado a 14° 51' 58'' latitude Sul e 40° 50' 22'' longitude Oeste, com altitude média de 923 m.

O solo utilizado é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Para preenchimento dos vasos foi retirado o solo da camada arável (0 – 20 cm) da área experimental da UESB, peneirado (malha de 5 mm) e levado para análise química (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Caracterização química do solo utilizado para a condução do experimento, anterior a implantação do experimento. Vitória da Conquista – BA, 2015.

pH	P ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B. ¹	t ²	T ³	V ⁴	m ⁵
(H ₂ O)	mg dm ⁻³		-----cmol ₃ dm ⁻³ -----							%	
5,1	14	0,15	1,7	0,8	0,3	3,1	2,7	3,0	6,1	44	10

1 – soma de bases; 2 - Capacidade de troca catiônica efetiva; 3 - Capacidade de troca catiônica a pH 7.0; 4 - Saturação por bases e; 5 – Saturação por alumínio.

O preparo do solo (20/09/2015) consistiu em calagem, com a aplicação de 1,0 Mg ha⁻¹ de calcário, após essa operação, foi revolvido até a distribuição do calcário ser homogênea sobre o volume de solo. Os vasos foram preenchidos e molhados, até a capacidade de campo, diariamente por 30 dias para reação do calcário.

Por ocasião da semeadura foi realizada uma adubação de base, com o formulado 4-14-8 (400 kg ha⁻¹), fonte mais comum utilizada na região, aplicado manualmente. O fertilizante foi distribuído a uma profundidade média de 5 cm abaixo da semente.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada parcela composta por três vasos de 5 L,

dois destinados às análises de crescimento e um para avaliação da produtividade. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de 6-benziladenina (0, 0,0375, 0,075, 0,1125 e 0,15 g kg⁻¹ semente, o que corresponde a 0, 3, 6, 9 e 12 g ha⁻¹, respectivamente, baseado em consumo de 80 kg ha⁻¹ de semente) aplicados no tratamento de sementes.

As sementes foram tratadas com imidacloprido + tiodicarbe (8,5 mL kg⁻¹ de sementes), fluquinconazol (2 mL kg⁻¹ de semente), cobalto + molibdênio (2,5 mL kg⁻¹ de semente). A aplicação destes produtos foi realizada manualmente, 30 minutos antes da semeadura. As sementes foram colocadas em saco plástico, juntamente com os produtos, o saco foi vedado e agitado manualmente por dois minutos até homogeneização da calda sobre as sementes. Foi utilizada a semente da cultivar Carioquinha pertence ao grupo comercial carioca, de ciclo médio/curto (75-90 dias), hábito de crescimento determinado, altura média de 43cm, porte semiprostrado, folhas verde-claras, flores brancas, vagens de cor creme ou palha e sementes de tamanho médio.

Após o tratamento, as sementes foram expostas ao ar livre, por 10 minutos, para secagem da calda, em seguida foi realizada a inoculação, seguindo a mesma metodologia do tratamento de sementes, utilizando inoculante composto por *Rhizobium tropici* SEMIA 4080 e SEMIA 4088, vitaminas, sais minerais, fonte de carbono e água, espessante, conservante e estabilizante PVP e com concentração de 3,0 x 10⁹ células viáveis por mL g⁻¹ (1,5 mL kg⁻¹ de semente).

A semeadura ocorreu no dia 22/12/2015, sendo colocadas seis sementes por vaso, a uma profundidade de 1,5 cm. A emergência total ocorreu cinco dias após a semeadura. Aos cinco dias após a emergência (DAE) das plântulas, foi realizado o primeiro desbaste, mantendo três plantas por vaso; um novo desbaste foi realizado aos 10 DAE, sendo conduzidas duas plantas por vaso.

As plantas daninhas foram controladas mediante capina manual em intervalos de 10 dias, a partir dos sete DAE, até a colheita. Não foi realizado nenhum manejo para controle de praga e doenças. A irrigação foi realizada

uma vez ao dia, às 8h, em todos os vasos, manualmente com um regador. A reposição da água foi de 100% da consumida pela cultura, seguindo metodologia proposta por Pereira et al. (2005).

Para mensurar o impacto dos tratamentos sobre a nodulação, morfofisiologia e componentes de produção foram avaliadas as seguintes variáveis:

- a) Trocas gasosas (fotossíntese, transpiração, concentração interna de dióxido de carbono, condutância estomática, eficiência de carboxilação e eficiência de uso da água): foram medidas aos 30 DAE, no terceiro trifólio, no sentido basípeta, usando um analisador de gases no infravermelho, em sistema aberto, LC-Pro ADC, UK. Foi utilizada uma fonte de luz dicróica, com fluxo de 1000 $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$.
- b) Índice SPAD: aos 30 e 45 DAE, foi determinado pelo medidor portátil de clorofila (SPAD 502, MINOLTA, Japão). As leituras foram realizadas em um trifólio do terço médio da planta.
- c) Extravasamento de eletrólitos: aos 30 e 45 DAE, com perfurador de cobre foram retirados, por parcela, dez discos foliares de área 25 mm² cada, os quais foram lavados e acondicionados em béquer, contendo 20 mL de água deionizada. Após vedados com papel alumínio, os béqueres foram acondicionadas à temperatura de 25°C, por 90 minutos sendo, em seguida, aferida a condutividade inicial do meio (Xi), usando condutivímetro de bancada (MB11, MS Techonopon®, Piracicaba). Posteriormente, os béqueres foram submetidos à temperatura de 80 °C, por 90 minutos, em estufa de secagem (SL100/336, SOLAB, Piracicaba) e, após resfriamento, foi aferida a condutividade final (Xf) da solução. O extravasamento de eletrólitos foi expresso em porcentagem, seguindo equação proposta por Campos e Thi (1997) $[(X_i/X_f) \times 100]$;
- d) Número de nódulos: aos 30 e 45 DAE, foi retirado o sistema radicular com os nódulos, em seguida foram destacados, contados e

determinado o número de nódulos por planta (HUNGRIA e outros, 1997);

- e) Área foliar total da planta: determinada, aos 30 DAE, após a coleta de todas as folhas das plantas avaliadas, a área foi determinada por um integralizador de área, modelo LI-3100, LI-COR, USA.
- f) Área foliar específica: determinada, aos 30 DAE, pela razão da área foliar total e o número de folhas da planta.
- g) Massa seca da raiz e massa seca de parte aérea: aos 30 e 45 DAE, o material vegetal fresco foi seco em estufa de circulação de ar forçado, à temperatura de 60°C, por 72 horas, decorrido este período as plantas foram pesadas para obter a biomassa das diferentes partes (raízes e parte aérea).
- h) Conteúdo de nitrogênio foliar: para análise de nitrogênio foliar, aos 45 dias, foram utilizadas todas as folhas das plantas e a determinação do nitrogênio foi realizada pelo processo de digestão Kjeldahl conforme metodologia descrita por Nogueira e Souza (2005).
- i) Número de vagem por planta: por ocasião da colheita, foi determinado o número de vagens por planta;
- j) Produtividade da cultura: foram retiradas as vagens das plantas e debulhadas manualmente. Os grãos foram pesados, e então, calculada a produtividade em g pl^{-1} , corrigida para teor de água de 130 g kg^{-1} .

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F), e quando significativa, foi aplicada a regressão polinomial por meio do programa Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito das doses de 6-BA para todas as variáveis estudadas, exceto para massa seca de raiz e massa seca de parte aérea, aos 30 DAE (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Resumo do quadro de análise de variância para condutância estomática (Gs), fotossíntese (A), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência da carboxilação (A/Ci), eficiência do uso da água (A/E), área foliar da planta (AFOL) e aérea foliar específica (ARFOLE), aos 30 DAE, extravasamento de eletrólitos (EXT), SPAD, número de nódulos (NNOD), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de nitrogênio foliar (N) aos 30 e 45 DAE aos 30 DAE e número de vagens (NVAG) e produtividade (PROD), aos 70 DAE, da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetido a aplicação de 6-benziladenina no tratamento de sementes. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

FV	G. L.	Quadrados médios										
		----- 30 DAE -----						----- 45 DAE -----				
		Gs	A	E	Ci	A/Ci	A/E	EXT	SPAD	EXT	SPAD	
Dose	4	0,1990**	46,82**	0,75**	1155,82**	0,00083**	2,13**	69,05**	86,32**	178,88**	56,64*	
Erro	15	0,0223	1,41	0,05	55,55	0,00003	0,30	5,60	5,30	15,59	14,17	
CV (%)		20,51	8,29	9,94	2,52	10,63	8,30	10,91	6,00	15,09	11,44	
FV	G. L.	----- 30 DAE -----					----- 45 DAE -----			----- 70 DAE -----		
		NNOD	AFOL	ARFOLE	MSR	MSPA	NNOD	MSR	MSPA	N	NVAG	PROD
Dose	4	35356,92**	37973,109**	1292,837**	1,20 ^{ns}	4,12 ^{ns}	57308,17**	9,78*	92,24*	29,78**	40,49**	64,41**
Erro	15	2278,21	28273,028 ^{ns}	446,768 ^{ns}	1,83	4,61	3186,55	3,00	30,00	0,61	4,33	10,13
CV (%)		60,38	10,40	12,23	19,25	14,57	75,72	17,12	17,27	4,48	21,12	26,20

** - significativo a 1% (p > 0.01), * - significativo a 5% (p > 0.05) e ns - não significativo pelo teste de F

A fotossíntese líquida potencial, transpiração, eficiência da carboxilação, eficiência de uso da água e condutância estomática, foram alteradas de forma similar, em função do aumento das doses de 6-BA, apresentando modelos polinomiais quadráticos (Figura 3.1A, B, D, E e F). Para a concentração interna de CO₂ foi ajustado modelo linear em resposta ao aumento das doses de 6-BA (Figura 3.1C).

A aplicação de 6-BA reduziu a fotossíntese líquida potencial, transpiração e eficiência de carboxilação, até as doses de 3,0, 3,7 e 2,3 g ha⁻¹, com reduções de 7,4, 10,6 e 20,5% em relação ao tratamento controle, respectivamente, porém, a partir desses pontos, ocorre aumento nas médias estimadas nas variáveis, alcançando incrementos máximos de 58,9, 43,2 e 89,2% para a fotossíntese, transpiração e eficiência da carboxilação, respectivamente, até a dose de 12 g ha⁻¹ em relação ao tratamento controle. Para a eficiência da carboxilação houve redução de 13,0% entre o tratamento controle e a dose de 12 g ha⁻¹.

Para a eficiência de uso da água e condutância estomática a aplicação de 6-BA reduziu as medidas até as doses de 5,4 e 5,1 g ha⁻¹, reduções na ordem de 16,0 e 26,0% em relação ao tratamento controle, respectivamente, porém, a partir desses pontos, ocorreu aumento nas médias estimadas nas variáveis (Figura 3.1E e F).

Quando A e C_i decrescem simultaneamente e G_s é limitada, o declínio da A pode ser atribuído a fatores estomáticos (FARQUHAR e SHARKEY, 1982). Para o presente estudo, o fator estomático prevaleceu até aproximadamente 3,0 a 3,7 g ha⁻¹ sendo a elevação posterior de A, relacionada à fatores mesofílicas. A elevação da capacidade de carboxilação, (A/C_i) que ocorreu a partir de doses de 2,4 g ha⁻¹ de 6-BA, seria um indício de que estas alterações mesofílicas está associada à impactos bioquímicos.

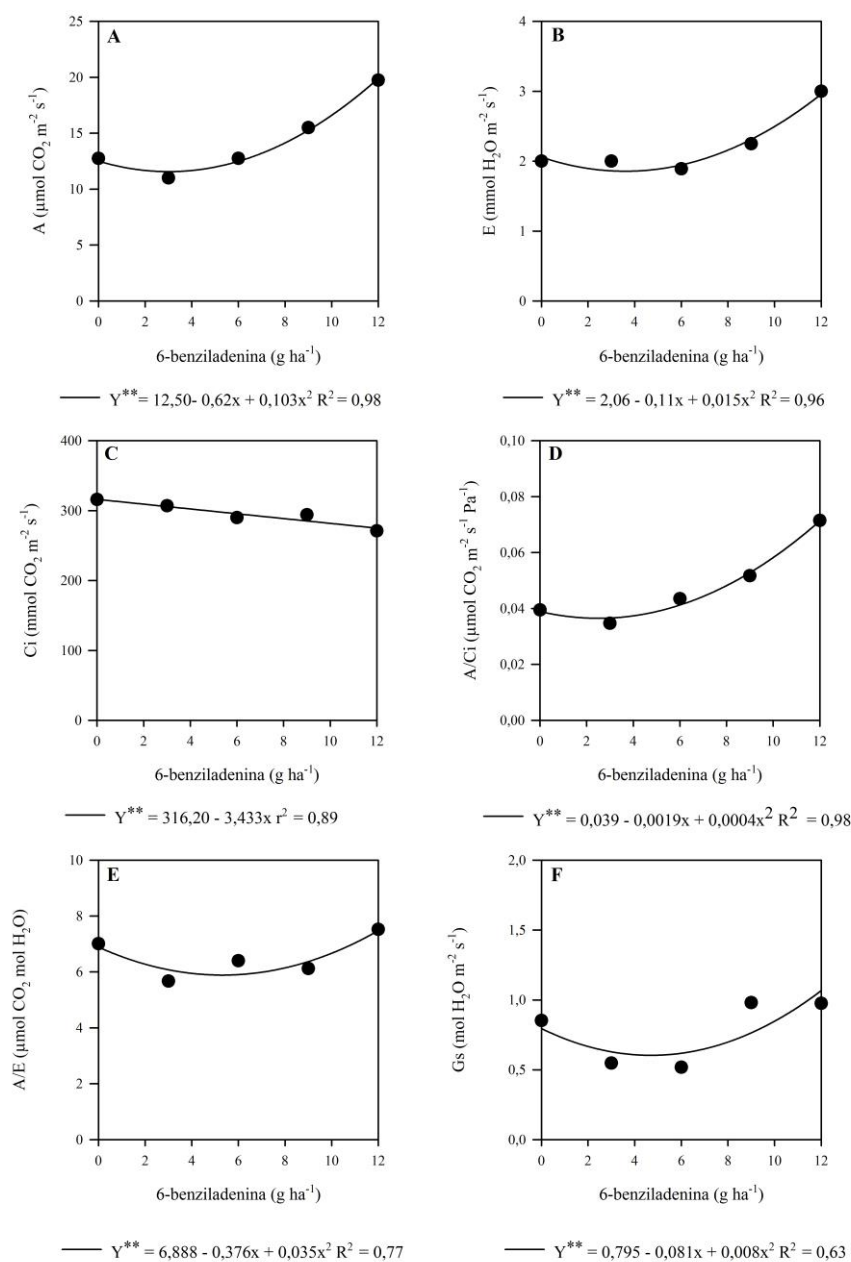


Figura 3.1 - Fotossíntese líquida potencial - A (A), transpiração - E (B), concentração interna de CO_2 - C_i (C), eficiência da carboxilação - A/C_i (D), eficiência de uso da água - A/E (E) e condutância estomática - G_s (F) da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, aos 30 DAE, submetido a aplicação de doses de 6-benziladenina no tratamento de sementes. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

** Significativo a 1%, pela análise de variância da regressão

Ao estudarem a aplicação de diferentes fontes de citocinina *in vitro* em folhas de maçã Dobránszki e Mendler-Drienyovszki (2014) observaram maior rendimento do aparato fotossintético em função do tipo e concentração de citocinina aplicada. Os autores atribuem este efeito ao aumento do teor de clorofila nas folhas e funcionalidade do fotossistema II. De acordo com Xiaotao e outros (2013) 6-BA, reduz a atividade das enzimas antioxidantes, aumenta os teores de clorofila foliares e a atividade fotossintética. Estes resultados corroboram com os observados neste estudo, onde a aplicação de 6-BA elevou os parâmetros de trocas gasosas.

O índice SPAD é uma medida indireta do teor de clorofila na folha (ERTANI e outros, 2013), diretamente relacionada com a integridade das membranas celulares; quanto menor for o extravasamento de eletrólitos, maior será a manutenção da clorofila. Aos 30 DAE, foi verificada elevação lénea do índice SPAD (35,9% maior na dose de 12 g ha⁻¹ em relação ao tratamento controle). Aos 45 DAE, houve resposta quadrática do índice SPAD quando relacionado ao aumento das doses de 6-BA; na dose de 7,0 g ha⁻¹ o SPAD foi 26,2% superior ao observado na testemunha e, a partir deste ponto a média decresceu a medida que a dose de 6-BA foi elevada (Figura 3.2A).

Soares e outros (2017), relataram que as citocininas estão relacionadas ao aumento da atividade invertase ácida, enzima responsável por catalisar a clivagem da sacarose em hexoses. Quando houve o direcionamento da sacarose para as folhas, a presença de citocininas induziu a elevação de hexoses, substrato para a biossíntese de clorofilas. Para o atual estudo a elevação da dose de 6-BA foi relacionada à elevação das clorofilas, tornando as folhas mais verdes, elevando o índice SPAD (Figura 3.2A).

As estimativas calculadas a partir das equações de segundo grau, definidas para a relação entre extravasamento de eletrólitos e doses de 6-BA geraram pontos de mínimo nas doses de 7,6 e 5,8 g ha⁻¹ de 6-BA, com aos 30 e 45 DAE, respectivamente (Figura 3.2B). A partir dessas doses, o extravasamento de eletrólitos foi elevado. Apenas aos 45 DAE a aplicação de 6-BA resultou em maior extravasamento de eletrólitos em relação ao

tratamento sem aplicação (9,3% superior àquela verificada para a dose de 12 g ha⁻¹).

A redução média foi de 35,9%, verificada nos pontos de mínima para o extravasamento de eletrólitos, nas avaliações aos 30 e 45 DAE. Este efeito, segundo Fioreze e outros (2013), ocorreu devido as citocininas manterem a integridade da membrana celular, por meio do balanço entre citocinina e ácido abscísico, essa ação segundo Soares e outros (2017), impede o transporte de proteases do vacúolo para o citoplasma, hidrolizando proteínas solúveis de membranas plasmáticas, cloroplastos e mitocôndrias, bloqueando a oxidação de ácidos graxos e inibindo a formação e degradação de radicais livres.

A área foliar da planta e área foliar específica apresentaram efeito inversamente proporcionais, enquanto para a área foliar da planta reduziu 11,5% na dose de 5,9 g ha⁻¹, a área foliar específica elevou-se em 3,0% na dose de 3,3 g ha⁻¹ em relação ao tratamento controle, porém, a partir desses pontos, ocorreu aumento na área foliar da planta e declínio na área foliar específica nas médias estimadas (Figura 3.2C e D).

O produto da área foliar da planta e o número de folhas, gera a área foliar específica, que para esse estudo foi elevada quando a área foliar da planta tendia à redução, ou seja, plantas com área foliar menor, possuíam número superior de folhas. Esse resultado corrobora com Burke (2011), que verificou redução na área foliar da cultura do algodão em doses semelhantes às utilizadas nesse estudo.

A relação entre número de nódulos e as doses de 6-BA foi caracterizada pelo modelo cúbico, com redução acentuada até a dose de 5 g ha⁻¹ (89,7% aos 30 DAE e 95,5% aos 45 DAE). A partir deste ponto foi verificou-se aumento no número de nódulos, seguido de queda até a dose de 12 g ha⁻¹ de 6-BA (redução de média de 95,0% na nodulação, Figura 3.2E).

O início do processo de simbiose entre planta e bactéria nitrificante é dependente da citocinina produzida pelas bactérias (XU e outros, 2012). De acordo com Nagata e Suzuki (2014), concentrações inferiores a 2,5 x 10⁻⁸ M

induzem ao estímulo à nodulação e concentrações superiores a 5×10^{-8} M inibem esse processo em plantas de soja.

Consoante com este fato, Miri e outros (2015) verificaram que as citocininas atuam de modo antagônico nas células do córtex e na epiderme da raiz. As citocininas promovem a colonização das células do córtex da raiz pelas bactérias e limitam a extensão de sua subsequente infecção nas células da epiderme. Esse processo manteria a homeostase equilibrada, evitando a ocorrência de aberrações fenotípicas semelhantes à mutantes, que não apresentam receptores de citocininas atuantes nas células do córtex.

Desta forma, a exposição à elevadas concentrações de 6-BA, durante a organogênese das raízes, poderia resultar na alteração destes mecanismos, gerando a incapacidade de estabelecimento de uma relação simbiote entre as raízes do feijoeiro e as bactérias.

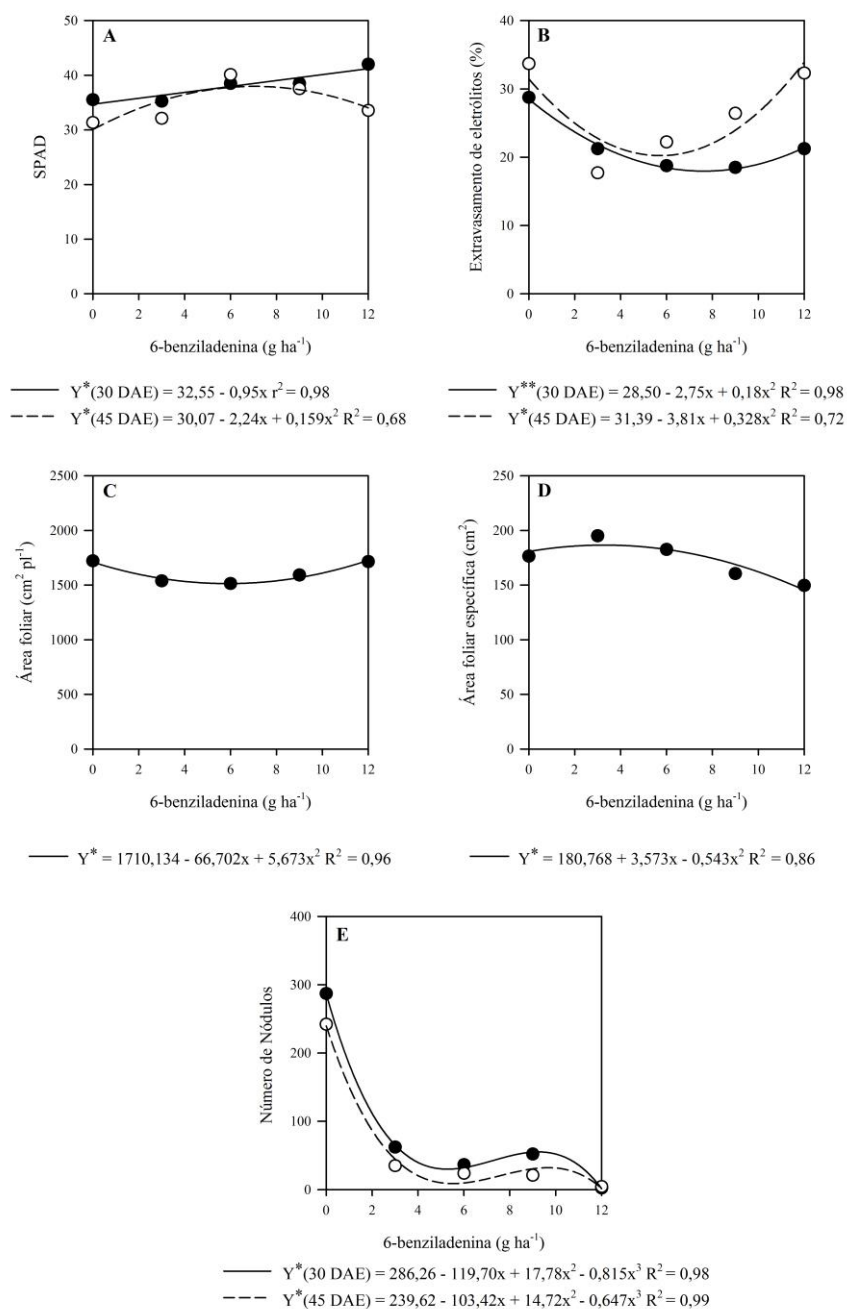


Figura 3.2 - índice SPAD (A), extravasamento de eletrólitos aos 30 e 45 DAE (B), área foliar da planta (C), área foliar específica aos 30 DAE (D) e número de nódulos (E) na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cv. Cariquinha, submetido a aplicação de doses de 6-benziladenina no tratamento de sementes. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.
 *, ** Significativo a 5 e 1%, pela análise de variância da regressão

A relação entre massa seca de parte aérea e raiz com as doses de 6-BA foram semelhantes, sendo definido o modelo quadrático aos 45 DAE, não sendo possível definir modelos para as avaliações realizadas aos 30 DAE. A redução das massas, em relação ao tratamento sem aplicação de 6-BA, atingiu 22,5 e 27,5% nos pontos de mínimos, verificado nas doses de 5,5 e 6,9 g ha⁻¹, para massa seca de raiz e massa seca de parte aérea, respectivamente (Figura 3.3A e B). Porém, apenas para a massa seca da raiz, aos 45 DAE, os valores estimados atingiram valores superiores ao tratamento controle (cerca de 9,0% na dose de 12 g ha⁻¹).

A redução da massa seca de raiz e da parte aérea verificada para as menores doses em estudo pode ser relacionada ao menor acúmulo de nitrogênio e ao metabolismo resultante da capacidade de assimilação de fotossimilados. Segundo Evans (1989), o acúmulo de massa seca pelas culturas está diretamente ligado à disponibilidade de nitrogênio e sua capacidade de assimilar CO₂ por meio da fotossíntese.

Para a redução do teor de N foliar e doses de 6-BA, foi ajustado o modelo quadrático, com redução do conteúdo de N entre o tratamento controle e o ponto de mínimo (7,5 g ha⁻¹ de 6-BA), na ordem de 28,7% (Figura 3.3D). O N é componente estrutural de aminoácidos, proteínas, molécula de clorofila e compostos fundamentais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas (FAGAN e outros, 2007).

Sob baixa disponibilidade de nitrogênio, a fotossíntese é reduzida devido a disponibilização deste elemento, a partir do catabolismo da ribulose, 1,5 bisfosfato carboxilase (Rubisco). Como consequência, os processos da fase bioquímica da fotossíntese são reduzidos, os teores relativos de glutamina/oxoglutarato se elevam, reestabelecendo o equilíbrio da relação carbono:nitrogênio. Quando a disponibilidade de nitrogênio se eleva, as taxas fotossintéticas também se elevam, devido ao fato do acúmulo de glutamina estimular a ativação das enzimas de carboxilação da fotossíntese.

No presente estudo esta associação entre teores de nitrogênio e fotossíntese foi verificada a partir da similaridade de modelos para a relação

entre fotossíntese, capacidade de carboxilação, condutância estomática e teores de nitrogênio foliar, anteriormente discutida (Figura 3.1A, Figura 3.1C, 3.1F e Figura 3.3D)

As elevadas doses de 6-BA intensificaram a coloração verde das folhas, porém, não induziram a elevação de nitrogênio na folha (Figura 3.3D). A causa aleatória desta associação de efeitos entre nitrogênio e clorofila foi descrita por Yong e outros (2014). O aumento da espessura foliar, promovido pelas citocininas, foi um dos fatos relacionados à esta desconexão de eventos. Devido ao índice SPAD ter a expressão da medida de coloração verde como base na área, e os teores de nitrogênio serem quantificadas em função de massa do tecido, as alterações da espessura foliar devem ser consideradas. O teor de nitrogênio expresso em massa de uma certa unidade de área em que é quantificado o teor de clorofila pode apresentar grande variação em função da espessura da folha.

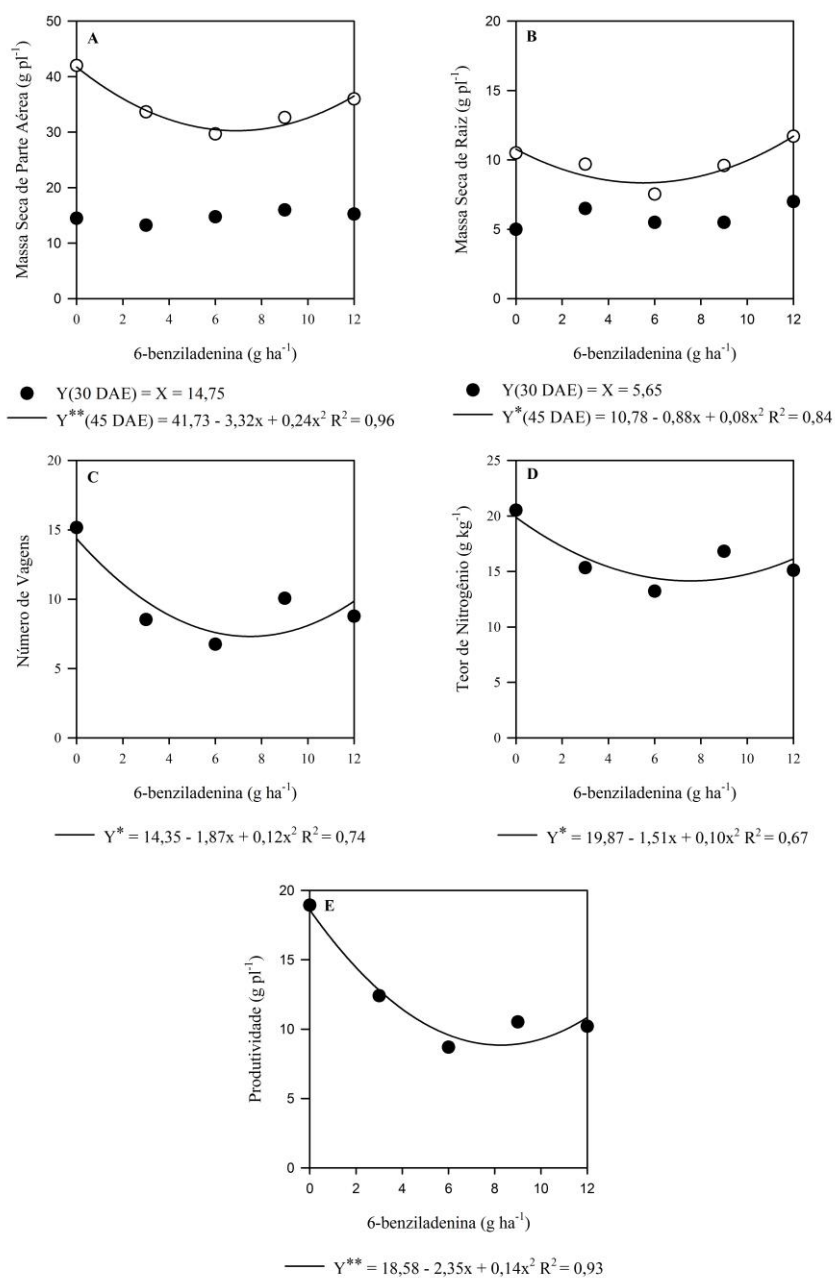


Figura 3.3 - Massa seca da raiz (A) e massa seca da parte aérea (B) aos 30 e 45 DAE, nitrogênio foliar aos 45 DAE (D), número de vagens (C), e produtividade (E) da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Cariquinha, submetido a aplicação de 6-benziladenina, no tratamento de sementes. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

*, ** Significativo a 5 e 1%, pela análise de variância da regressão

O número de vagens e a produtividade do feijão apresentaram resposta quadrática em função das doses de 6-BA aplicadas. A aplicação de 6-BA, reduziu em 50,8 e 53,1% o número de vagens e a produtividade, nas doses de 7,8 e 8,4 g ha⁻¹, respectivamente (Figura 3.3C e E).

O período de florescimento e formação das vagens é um dos períodos de maior fixação de N via FBN (FAGAN e outros, 2007), assim, a redução no número de nódulos e no conteúdo de nitrogênio foliar, foram os principais fatores da limitação do número de vagens e da produtividade. O desbalanço hormonal, também, pode ter contribuído para este resultado, tendo em vista que houve incremento nas variáveis fisiológicas de combate a estresses.

Klahold e outros (2006) e Albrecht e outros (2012), ao aplicarem um biorregulador, contendo 0,009% de citocinina no tratamento de sementes de soja, verificaram redução na produtividade da cultura para doses superiores a 6 mL kg⁻¹ de semente. Logo, pode-se inferir que ao aplicar citocinina no tratamento de sementes em plantas simbiotes com bactérias diazotróficas, embora aumente o vigor e a tolerância da planta a estresses abióticos, a capacidade de fixar N é diminuída, resultando em redução da produtividade.

4 CONCLUSÕES

A aplicação de 6-benziladenina em sementes eleva os indicadores de tolerância ao estresse (manutenção da integridade dos tecidos) e a capacidade fotossintética do feijoeiro.

A fixação biológica e o teor de nitrogênio são reduzidos quando é realizada a aplicação de 6-benziladenina em tratamento de sementes, ocasionando menor número de vagens e produtividade da cultura do feijão,

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.4, p.774-782, 2012.
- ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Pre-sowing seed treatment—a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 88, n. 1, p. 223-271, 2005.
- BURKE, J. J. 6-Benzyladenine Enhancement of Cotton. **The Journal of Cotton Science**, Memphis, v. 15, n. 1, p. 206–214, 2011.
- CAMPOS, P. S.; THI, A. T. P. Effects of an abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subjected to osmotic stress. **Plant Science**, Shannon, v.130, n.1, p.11-18, 1997.
- DOBRÁNSZKI, J.; MENDLER-DRIENYOVSZKI, N. Cytokinin-induced changes in the chlorophyll content and fluorescence of in vitro apple leaves. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.171, n.1, p.1472-1478, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006, 306 p.
- ERTANI, A.; SCHIAVON, M.; MUSCOLO, A.; NARDI, S. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. **Plant and Soil**, Cham, v.364, n.1, p.45-158, 2013.
- EVANS, J. R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C₃ plants. **Oecologia**, Berlin, v.78, n.9, p.9-19, 1989.
- FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; DOURADO NETO, D.; LIER, Q. J.; SANTOS, O. S.; MÜLLER, L. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja. **Revista da FZVA**, Porto Alegre, v.14, n.1, p.89-106, 2007.

- FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, Bethesda, v. 33, p. 317-345, 1982.
- FIOREZE, S. L.; RODRIGUES, D. D.; CARNEIRO, J. P. C.; SILVA, A. A.; LIMA, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob deficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.11, p.1432-1439, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO. R.J.A **inoculação da soja**. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 1997, 28 p. (EMBRAPA – CNPSo. Circular Técnica, 17).
- JISHA, K; C.; VIJAYAKUMARI, K., PUTHUR, J. T. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. **Acta Physiologiae Plantarum**, Varsóvia, v. 35, p. 1385-1396, 2013.
- KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIEIRO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.2, p.179-185, 2006.
- METIVIER, J.; PAULILO, M. T. The utilization of cotyledonary reserves in *Phaseolus vulgaris* L. cv. carioca. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.31, n.124, p.1271-1282, 1980.
- MIRI, M.; JANAKIRAMA, P.; HELD, M.; ROSS, L.; SZCZYGLOWSKI, K. Into the root: how cytokinin controls rhizobial infection. **Trends in Plant Science**, Amsterdam, v. 21, p. 178-186, 2015.
- NAGATA, M.; SUZUKI. A. **Effects of phytohormones on nodulation and nitrogen fixation in leguminous plants**. In: Ohyama, T. Advances in biology and ecology of nitrogen fixation. [S.l.]: InTech, 2014. Cap.5, p.111-128.
- NAKHOODA, M.; WATT, M. P.; MYCOCK, D. The properties and interaction of auxins and cytokinins influence rooting of shoot cultures of Eucalyptus. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 11, n. 100, p. 16568-16578, 2012.

- NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005, 313p.
- PEREIRA, J. R. D.; CARVALHO, J. A.; MIGUEL, D. S.; SANTANA, M. J. Consumo de água pela cultura do crisântemo cultivada em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.651-659, 2005.
- SOARES, L. H.; DOURADO NETO, D.; FAGAN, E. B.; TEIXEIRA, V. F.; PEREIRA, I. S. Physiological, phenometric and productive changes in soybean crop due to the use of kinetin. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.47, n.1, p.80-86, 2017.
- XIAOTAO, D.; YUPING, J.; HONG, W.; HAIJUN, J.; HONGMEI, Z.; CHUNHONG, C.; JIZHU, Y. Effects of cytokinin on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence parameters, antioxidative system and carbohydrate accumulation in cucumber (*Cucumis sativus* L.) under low light. **Acta Physiology Plantarum**, Kraków, v.35, n.1, p.1224-1438, 2013.
- XU, J.; LI, X.; LUO, L. Effects of engineered *Sinorhizobium meliloti* on cytokinin synthesis and tolerance of alfalfa to extreme drought stress. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.78, n.22, p.8056-8061, 2012.
- WONG, W. S.; TAN, S. N.; GE, L.; CHEN, X.; LETHAM, D. S.; YONG, J. W. H. The importance of phytohormones and microbes in biostimulants: mass spectrometric evidence and their positive effects on plant growth. **Acta Horticulturae**, Belgium, v. 1149, p. 49-60, 2016.
- YEH, S.; CHEN, H.; NG, C.; LIN, C.; TSENG, T.; LI, W.; KU, M. S. B. Down-regulation of cytokinin oxidase 2 expression increases tiller number and improves rice yield. **Rice**, Richmond, v.8, n.36, p.1-13, 2015.
- YONG, J. W. H.; LETHAM, D. S.; WONG, S. C.; FARQUHAR, G. D. Rhizobium-induced elevation in xylem cytokinin delivery in pigeonpea induces changes in shoot development and leaf physiology. **Functional Plant Biology**, Melbourn, v. 41, n.12, p. 1323-1335, 2014.

CAPÍTULO 4
MORFOFISIOLOGIA E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE
FELJOEIRO COMUM SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE 6-
BENZILADENINA EM CULTIVO DE VERÃO E INVERNO

1 INTRODUÇÃO

A área cultivada com feijão no estado da Bahia - Brasil, na safra 2016/17, corresponde a 14% do cultivo total do país, considerando a soma das primeira, segunda e terceira safra. O estado da Bahia tem produção que alcança 284,2 milhões de toneladas de feijão (8% da produção nacional). entretanto, o rendimento médio no estado é considerado baixo (aproximadamente 630 kg ha⁻¹), quando comparado ao estado de Goiás (média de 2473 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

As condições adversas de clima e técnicas de cultivo inadequadas são as principais causas das baixas produtividades da cultura do feijoeiro na Bahia. Assim, a fim de proporcionar solução imediata para os agricultores, adotando o conceito de agricultura de baixo impacto e sustentável, pesquisadores têm estudado opções ecologicamente corretas, economicamente viáveis e culturalmente aceitáveis, sendo introduzida a aplicação de regulador vegetal (SRIVASTAVA e outros, 2016), como a citocinina.

As citocininas são reguladores vegetais essenciais em vários processos de desenvolvimento vegetal, tais como diferenciação celular, dominância apical, senescência foliar, sinalização de nutrientes, e diferenciação do cloroplasto (YEH e outros, 2015). Dentre as citocininas mais estudadas para a promoção de incremento na qualidade e produtividades de plantas estão: cinetina, 2-isopentenil adenina e 6-benziladenina (6-BA).

Os estudos com aplicação de 6-BA em cultivos geralmente são realizados nos estádios de desenvolvimento tratamento de sementes, fase vegetativa e fase reprodutiva. Metivier e Paulilo (1980) ao avaliarem o tempo de embebição de 6-BA (2×10^{-4} M) em sementes de feijão, observaram aumento na massa seca do eixo embrionário, liberação de maltose e tirosina e produção de aminoácidos, Burke (2011), ao aplicar 25 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de 6-BA, na cultura do algodão, no início da fase vegetativa, observou aumento no

diâmetro do caule, volume do sistema radicular, número e massa de maçãs e Borges e outros (2014) na cultura da soja, ao aplicarem 6-BA no início do florescimento, verificaram aumento na quantidade de estômatos na folha, área foliar e produtividade da cultura.

A aplicação de citocininas sintéticas tem se tornado tendência em culturas anuais, seja isolada ou em compostos (PASSOS e outros, 2008). Contudo, o estudo de épocas de aplicação e doses é essencial para elevação da produção da cultura do feijoeiro, devido a seu cultivo ocorrer em três épocas: feijão das águas, semeado entre os meses de agosto a dezembro; feijão das secas, semeado entre os meses de janeiro a março e feijão de inverno, semeado entre os meses de abril a julho (KLUTHCOUSKI, STONE e AIDAR, 2009).

Desta feita, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de épocas de aplicação e doses de 6-benziladenina sobre o desenvolvimento, fisiologia, assimilação de nutrientes e componentes de produção da cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) em cultivo de verão e inverno.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), campus de Vitória da Conquista, em campo, situado a 14° 51' 58'' latitude Sul e 40° 50' 22'' longitude Oeste, com altitude média de 923 m.

O solo da área experimental da UESB foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (EMBRAPA, 2006), com textura média e boa drenagem. A caracterização química foi realizada, antes da semeadura, seguindo a metodologia proposta por Raij e outros (2001) (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Caracterização química do solo da área experimental, anterior a implantação do experimento. Vitória da Conquista – BA, 2015.

pH	P ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B. ¹	t ²	T ³	V ⁴	m ⁵
(H ₂ O)	mg dm ⁻³		-----cmol ₃ dm ⁻³ -----								%
5,1	14	0.15	1,7	0,8	0.3	3,1	2,7	3,0	6.1	44	10

1 – soma de bases; 2 - Capacidade de troca catiônica efetiva; 3 - Capacidade de troca catiônica a pH 7.0; 4 - Saturação por bases e; 5 – Saturação por alumínio.

O preparo do solo, para primeira safra, ocorreu no dia 20/10/2015, esse consistiu de uma aração a 25 cm de profundidade seguida de calagem, com a aplicação de 1,0 Mg ha⁻¹ de calcário (PRNT 90 %), após essas operações, o solo foi gradeado para incorporação do calcário. Aos 60 dias após a incorporação do calcário o solo foi sulcado a 0,5 m de espaçamento entre sulco. Na segunda safra, o preparo do solo consistiu das operações mecânicas citadas, sendo a aração realizada no dia 27/03/2016 e a gradagem e sulcagem no dia 01/04/2016.

Por ocasião da semeadura, foi realizada uma adubação de base com o formulado 4-14-8 (400 kg ha⁻¹), aplicado manualmente. O fertilizante foi distribuído no sulco de semeadura a uma profundidade média de 5cm abaixo da semente.

Foram registradas temperatura máxima e mínima e a pluviometria registrada durante a condução dos experimentos na safra de verão e inverno (Figura 4.1).

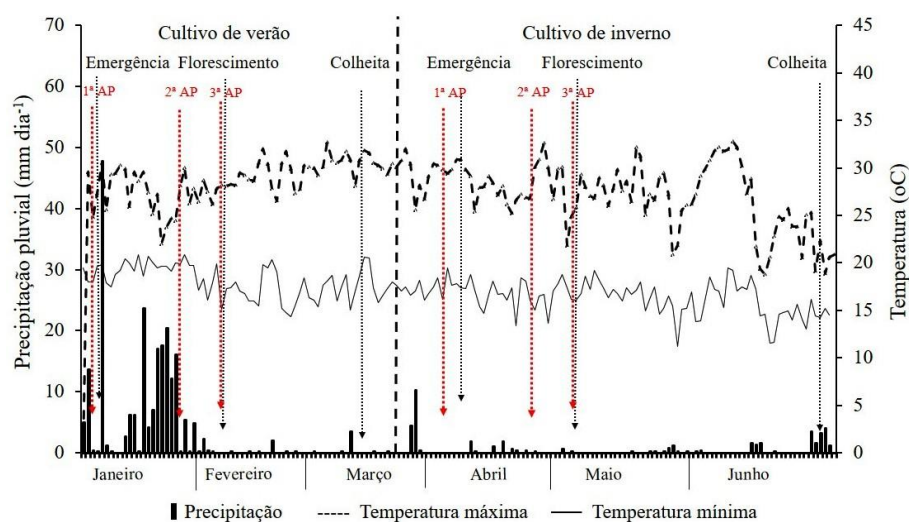


Figura 4.1- Temperatura máxima e mínima e pluviometria registradas durante a condução dos experimentos na safra de verão e inverno. Vitória da Conquista – Bahia, safra 2015/2016.

O cultivar utilizado foi do grupo comercial Carioca,cv. Carioquinha. Cultivar de ciclo médio/curto (75-90 dias), hábito de crescimento determinado, altura média de 43cm, porte semiprostrado, folhas verde-claras, flores brancas, vagens de cor creme ou palha e sementes de tamanho médio.

O regulador vegetal estudado é composto por 6-benziladenina, na concentração de 24 g L⁻¹, densidade de 1,2 g cm³, formulação líquida, 100 % solúvel.

O delineamento utilizado nos dois experimentos foi o de blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial 3 x 5, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por cinco linhas de quatro metros de comprimento, em espaçamento de 0,50 m entre linhas, assim, a área total da parcela foi de 10 m², sendo descartadas as duas linhas laterais e 0,5 m em cada extremidade.

Os tratamentos empregados no ensaio foram constituídos de três épocas de aplicação: (tratamento de sementes (TS), estágio fenológico vegetativo V3, estágio fenológico reprodutivo R6) e cinco doses de 6-benziladenina (0, 3, 6, 9 e 12g ha⁻¹).

As sementes foram tratadas com o fungicida imidacloprido + tiodicarbe (8,5 mL kg⁻¹ de sementes), fluquinconazol (2 mL kg⁻¹ de sementes), CoMo (2,5 mL kg⁻¹ de sementes) e inoculante composto por *Rhizobium tropici* SEMIA 4080 e SEMIA 4088, vitaminas, sais minerais, fonte de carbono e água, espessante, conservante e estabilizante PVP (1,5 mL kg⁻¹ de semente).

A aplicação dos produtos para tratamento de sementes, bem como o biorregulador, foi realizada manualmente, 30 minutos antes da semeadura. As sementes foram colocadas em saco plástico, juntamente com os produtos, o saco foi vedado e agitado manualmente por 2 minutos. Após a aplicação do tratamento de sementes foi realizada a inoculação, utilizando a mesma metodologia do tratamento de sementes.

As semeaduras ocorreram nos dias 04/01/2016 (Figura 4.2A) e 04/04/2016, para a primeira e segunda safra, respectivamente, sendo semeadas, manualmente, 15 sementes por metro, a uma profundidade de 2,0 cm. A emergência ocorreu em média aos oito dias após a semeadura em ambos os experimentos.

As aplicações foliares do regulador vegetal na primeira safra ocorreram nos dias 25/01/2016 e 11/02/2016 para V3 e R6 (Figura 4.2B), respectivamente, realizadas com pulverizador costal pressurizado a CO₂ (2 kgf cm⁻²), acoplado a uma barra, contendo quatro bicos de jato plano XR 110.02. As aplicações ocorreram na parte da manhã, com temperatura de 22 e 26 °C para V3 e R6, respectivamente, e umidade relativa do ar superior a 70%, em ambas as aplicações.

As aplicações foliares de 6-BA, na segunda safra, foram realizadas nos dias 25/04/2016 e 17/05/2016 para V3 e R6, respectivamente, utilizando a mesma metodologia do cultivo anterior. As aplicações ocorreram na parte

da manhã, com temperatura 25 e 23 °C para V3 e R6, respectivamente, e umidade relativa do ar superior a 60%, em ambas as aplicações.



Figura 4.2 – Semeadura da cultura (A), momento da terceira aplicação (B), capina manual (C), avaliação morfológica (D) e colheita (E) da cultura do feijão submetida a aplicação de 6-benziladenina. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

As plantas daninhas foram controladas mediante aplicação dos herbicidas setoxidim (800 g i.a. ha⁻¹) e bentazona (1,2 L ha⁻¹), aos 18 dias após

a emergência (DAE) e uma capina mecânica aos 30 DAE (Figura 4.2C), tanto no cultivo de verão quanto no de inverno.

O controle das pragas, foi realizado com uma aplicação de clorpirifós (1 L ha^{-1}) + flubendiamida ($0,125 \text{ L ha}^{-1}$), aos 25 DAE, para controle de lepidópteros e coleópteros e uma aplicação preventiva do fungicida tiofanato metílico ($500 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), aos 30 DAE, para controle de doenças, ambas as aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado a CO_2 .

As adubações de cobertura foram realizadas aos 15 e 30 DAE, em ambas as safras, com os fertilizantes uréia (30 kg ha^{-1}) e cloreto de potássio (30 kg ha^{-1}). A aplicação foi realizada manualmente, os fertilizantes foram distribuídos no centro da entrelinha e sementeira. As adubações foliares de cobertura foram realizadas em duas etapas, aos 18 e 33 DAE, aplicando-se $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ de um complexo nutricional contendo cobre (1,0%), ferro (2,0%), boro (3,0%) e zinco (0,5%) e $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ de manganês (8,5%).

O sistema de irrigação foi por aspersão, do tipo convencional para suplementar as necessidades de água da cultura, sempre que necessário, no cultivo de verão, atendendo ao sistema solo-planta, principalmente na fase de enchimento de grãos, na primeira safra. No cultivo de inverno, foi utilizado o mesmo sistema de irrigação.

O sistema de irrigação operou em pressão de trabalho de 15 mca, com aspersores espaçados a 12 metros e lâmina de 20 mm h^{-1} , sendo preconizada a aplicação de uma lâmina de 10 mm de água em turnos de rega de dois dias. A água utilizada foi classificada como C2S1, apresentando pH: 5,6; dureza (CaCO_3): 15 meq L^{-1} ; condutividade elétrica $300 \text{ micromhos cm}^{-1}$; Ca^{2+} : $0,1 \text{ meq L}^{-1}$; Mg^{2+} : $0,2 \text{ meq L}^{-1}$; K^+ : $0,01 \text{ meq L}^{-1}$; Na^+ : $2,8 \text{ meq L}^{-1}$; razão de adsorção de Na^+ : 7,2.

A avaliação para caracterização do desenvolvimento das plantas foi realizada aos 15 dias após a última aplicação, no estágio reprodutivo R6 (Figura 4.2D e 4.2E). As variáveis relacionadas aos componentes de produção foram avaliadas por ocasião da colheita, 19/03/2016, para o cultivo de verão e 29/06/2016, para o cultivo de inverno, sendo determinadas:

- a) Comprimento da haste principal (COMP): medida em centímetros, do nível do solo até a gema apical do ramo ortotrópico das plantas, em dez plantas por parcela;
- b) Massa seca da parte aérea (MSPA): a parte aérea de quatro plantas por parcela foi seca em estufa de circulação de ar forçado, à temperatura de 60°C, por 72 horas, decorrido este período as plantas foram pesadas para obtenção da massa;
- c) Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas: Para avaliação do teor de macro e micronutrientes nas folhas, foram coletadas amostras de tecido foliar no estágio R7, retirando-se o terceiro e quarto trifólios, as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C, até atingirem massa constante. Em seguida, foram moídas e analisadas quimicamente, seguindo a metodologia desenvolvida por Malavolta e outros (1997);
- d) Índice SPAD: a coleta de dados ocorreu aos 45 DAE, foi determinado pelo medidor portátil de clorofila (SPAD 502, Minolta, Japão). As leituras foram realizadas em cinco plantas em três trifólios localizados no terço médio da planta;
- e) Extravasamento de eletrólitos (EXT): a coleta de dados ocorreu aos 45 DAE, foi utilizado um perfurador de cobre, a fim de se obter, por unidade experimental, dez discos foliares de área 25 mm² cada, os quais foram lavados e acondicionados em erlenmeyers contendo 20 mL de água deionizada. Após vedados com papel alumínio, os erlenmeyers foram acondicionadas à temperatura de 25°, por 90 minutos sendo, em seguida, aferida a condutividade inicial do meio (Xi), usando condutímetro de bancada (MB11, MS Techonopon, Piracicaba). Posteriormente os erlenmeyers foram submetidos à temperatura de 80°C, por 90 minutos, em estufa de secagem (SL100/336, Solab, Piracicaba) e, após resfriamento do conteúdo, foi aferida a condutividade final (Xf). O extravasamento de eletrólitos foi expresso como a porcentagem de condutividade em relação à

condutividade total após o tratamento por 90 minutos a 80° C:
[(Xi/Xf) x 100] (CAMPOS e THI, 1997);

- f) Comprimento de vagem (COMVAG): obtida por meio da medição do comprimento total de todas as vagens, com o uso de régua graduada, os resultados expressos em comprimento médio de vagem em cm;
- g) Número de vagem por planta (NVAG): por ocasião da colheita, foi realizada a coleta de 10 plantas por unidade experimental, nas quais será determinado o número de vagens por planta, mediante a relação entre número total de vagens e o número total de plantas;
- h) Número de grãos por vagem (NGVAG): foi determinado mediante a relação entre número total de grãos e o número total de vagens, avaliados nas 10 plantas coletadas para determinação do número de vagens por planta.
- i) Massa de 100 sementes (M100): foi avaliada através da pesagem, em cada unidade experimental, de quatro amostras de 100 grãos cada uma. As massas obtidas foram corrigidas para teor de umidade de 13%;
- j) Produtividade: foram colhidas, manualmente, duas fileiras de três metros de comprimento na área útil de cada parcela (Figura 4.2E). As plantas, após serem arrancadas, foram secas ao sol e, posteriormente trilhadas. Os grãos, após abanação, foram pesados e então calculada a produtividade em kg ha⁻¹, corrigida para 13% de umidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias do fator épocas. Para o fator doses, foi aplicada a análise de regressão polinomial, por meio do software Sisvar 5.5 (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de 6-BA apresentou interação para épocas e doses, no cultivo de verão, nas variáveis comprimento da haste principal, SPAD, extravasamento de eletrólitos, teores de N e K foliar, número de grãos por vagens e produtividade da cultura do feijoeiro. Entretanto, no cultivo de inverno, foi verificada a interação entre a época de aplicação e a dose de 6-BA apenas, para SPAD, extravasamento de eletrólitos, teor de N foliar (Tabela 4.2).

Isoladamente, as épocas de aplicação de 6-BA, influenciaram o teor de P, no cultivo de verão, e no comprimento da haste principal e número de vagens, no cultivo de inverno. Para o efeito das doses, verificou-se que o teor de P, no cultivo de verão, e a massa seca de parte aérea (MSPA), comprimento da haste principal, número de grãos por vagem e produtividade da cultura do feijoeiro, no cultivo de inverno, foram influenciados pelas doses de 6-BA aplicadas (Tabela 4.2).

MSPA, número de vagens por planta, comprimento médio de vagens e M100, no cultivo de verão, e teores de P e K, número de vagens por planta, comprimento médio de vagens e M100, não foram influenciadas por nenhum fator de variação (Tabela 4.2)

Tabela 4.2 - Resumo do quadro de análise de variância para comprimento da haste principal (COMP), massa seca de parte aérea (MSPA), SPAD e extravasamento de eletrólitos (EXT), teores de N, P e K foliares, número de vagens (NVAG), comprimento de vagens (COMVAG), número de grãos por vagens (NGVAG), M100 e produtividade para épocas de aplicação e doses de 6-benziladenina, no cultivo de verão e inverno de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

F. V.	G.L	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
		Quadrados médios							
		COMP	MSPA		SPAD		EXT		
Época (E)	2	70,48*	250,13**	85,68 ^{ns}	41,25 ^{ns}	8,07 ^{ns}	2,68 ^{ns}	42,52**	5,11 ^{ns}
Dose (D)	4	275,32**	352,44**	18,58 ^{ns}	86,70**	111,79**	98,47**	275,62**	470,50**
E x D	8	242,21**	42,97 ^{ns}	64,60 ^{ns}	13,38 ^{ns}	21,31*	19,09*	17,02*	43,68**
Bloco	3	10,86 ^{ns}	16,62 ^{ns}	234,17**	13,18 ^{ns}	12,87 ^{ns}	11,25 ^{ns}	19,79*	9,05 ^{ns}
Erro	42	21,78	26	36,25	17,73	8,22	7,08	6,05	11,26
CV (%)		23.24	23.51	2.40	1.93	17.49	21.58	20.05	15.00
F. V.	G.L	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		NVAG	
Época (E)	2	7,332**	0,816 ^{ns}	0,481**	0,116 ^{ns}	4,724**	2,150 ^{ns}	1,358 ^{ns}	3,397 ^{ns}
Dose (D)	4	27,064**	27,058**	0,130*	0,100 ^{ns}	15,413**	1,641 ^{ns}	20,342 ^{ns}	4,734 ^{ns}
E x D	8	5,478**	8,170**	0,089 ^{ns}	0,137 ^{ns}	4,410**	2,879 ^{ns}	10,725 ^{ns}	7,637 ^{ns}
Bloco	3	1,438 ^{ns}	9,444 ^{ns}	0,0119 ^{ns}	0,088 ^{ns}	1,414 ^{ns}	11,444**	93,725**	10,265 ^{ns}
Erro	42	1,085	2,456	0,048	0,088	0,854	1,646	10,06	4,622
CV (%)		23.24	3.24	7.02	7.33	5.86	8.07	26.57	20.48
F. V.	G.L	COMVAG		NGVAG		M100		Produtividade	
Época(E)	2	1,006 ^{ns}	0,213 ^{ns}	1,633**	2,578**	3,625 ^{ns}	2,336 ^{ns}	509364,99*	119412,015 ^{ns}
Dose (D)	4	0,649 ^{ns}	0,322 ^{ns}	0,916**	1,915**	5,500 ^{ns}	1,317 ^{ns}	354085,26 ^{ns}	1037050,283**
E x D	8	0,794 ^{ns}	0,153 ^{ns}	1,049**	0,128 ^{ns}	5,262 ^{ns}	2,206 ^{ns}	629364,50**	152508,095 ^{ns}
Bloco	3	0,686 ^{ns}	0,600 ^{ns}	0,429 ^{ns}	0,206 ^{ns}	3,338 ^{ns}	4,259 ^{ns}	91020,85 ^{ns}	93328,325 ^{ns}
Erro	42	0,387	0,417	4,702	0,154	2,429	4,827	143361,1	125962,54
CV (%)		5,86	5,37	9,22	7,61	6,2	10,73	14,05	15,71

** - significativo a 1 % (p > 0,01), * - significativo a 5 % (p > 0,05) e ns - não significativo pelo teste de F.

Ao desdobrar a interação de época de aplicação, dentro de cada dose de 6-BA, no cultivo de verão, verificou-se, de maneira geral, que quando se aplicou a o regulador nas fases iniciais de desenvolvimento ou na semente, as doses mais baixas (3 e 6 g ha⁻¹) propiciaram maior desenvolvimento das plantas. Quando a aplicação ocorreu nos estádios finais do desenvolvimento, as doses mais elevadas (9 e 12 g ha⁻¹) foram mais eficientes na promoção do comprimento da haste (Tabela 4.3). Fato semelhante foi observado por Werner e outros (2001) que afirmaram que a superexpressão da citocinina proporcionou o desenvolvimento dos meristemas e elevou o vigor da parte aérea, reduzindo, simultaneamente, o desenvolvimento do sistema radicular.

Tabela 4.3 - Comprimento da haste de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA) e épocas de aplicação no cultivo de verão. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

Época de aplicação	6-benziladenina (g ha ⁻¹)				
	0	3	6	9	12
Comprimento da haste principal (cm)					
Cultivo de verão					
TS	64,18A	74,16AB	75,91A	52,50B	52,50B
V3	57,41A	75,47A	74,83A	67,11A	61,83B
R6	63,00A	66,15B	66,65B	73,22A	76,59 A

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Nas aplicações em TS e V3, no cultivo de verão, ajustaram-se modelos quadráticos, sendo observada elevação no comprimento da haste principal até a dose de 4,5 e 6,0 g ha⁻¹ de 6-BA, respectivamente (com comprimentos de 73,8 e 75,0 cm, representando elevação de 13,0 e 26,0% em relação à testemunha). A partir do ponto de máximo houve tendência de redução no comprimento da haste principal. Apenas na aplicação no TS o comprimento se torna inferior ao tratamento controle (29,6% na máxima dose estudada). Na aplicação em R6, o comprimento da haste principal das plantas elevou-se até a máxima dose de 6-BA (12 g ha⁻¹), com acréscimo de 22,0% em relação ao tratamento sem aplicação (Figura 4.3A).

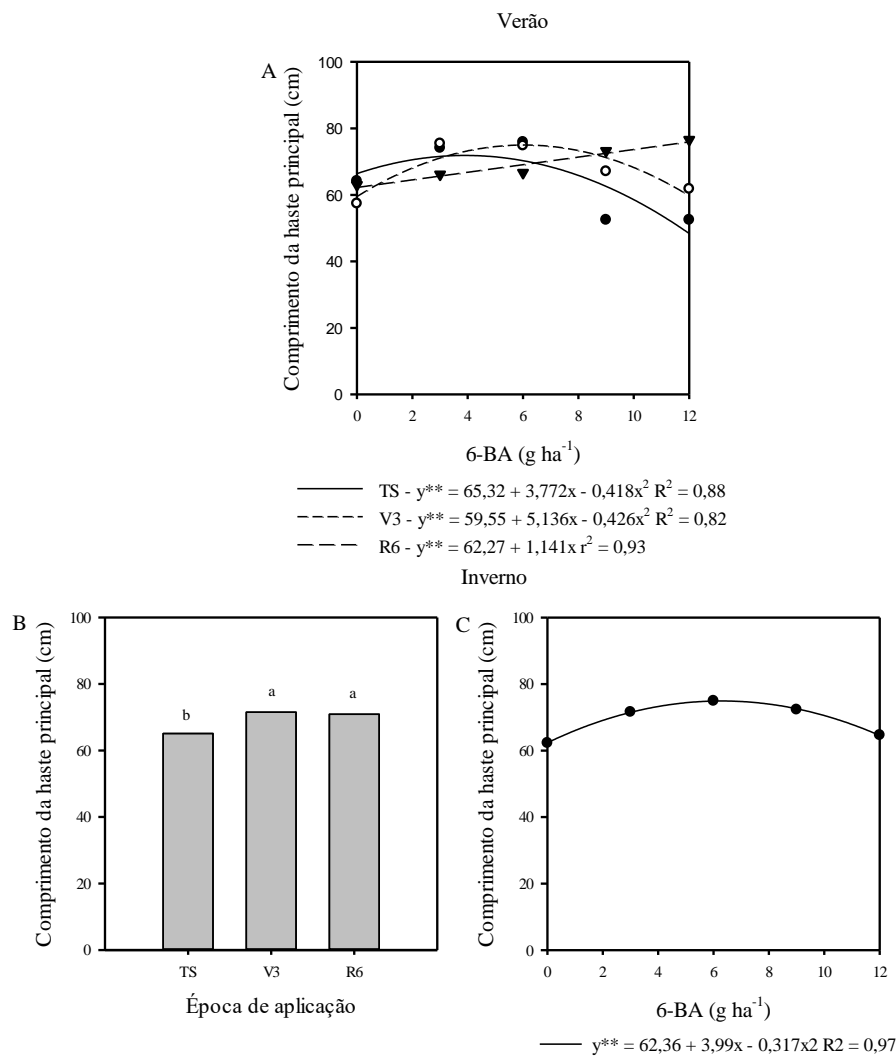


Figura 4.3 – Comprimento da haste principal de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA) e épocas de aplicação, no cultivo de verão (A) e inverno (épocas de aplicação (B) e doses (C)). Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

** Significativo a 1%, pela análise de variância da regressão

No cultivo de inverno, quando se aplicou a 6-BA em TS, o comprimento da haste principal foi inferior ao observado em V3 e R6 (Figura 4.3B). O aumento no comprimento da haste quando a aplicação da citocinina ocorreu a partir no estágio vegetativo ocorreu devido à promoção do

crescimento apical e controle do ciclo celular por meio desse regulador (SOARES e outros, 2017).

Para o efeito das doses de 6-BA sobre o comprimento da haste principal, no cultivo de inverno, foi definido modelo quadrático, com máximo comprimento observado na dose de 6,3 g ha⁻¹ (média de 75,38 cm, 21,2%, superior ao verificado no tratamento sem aplicação). A partir do ponto de máximo da curva, houve um decréscimo no comprimento da haste principal (Figura 4.3C).

Para a massa seca de parte aérea, não foi verificada diferença entre épocas de aplicação no cultivo de verão e de inverno (24,50 e 17,41 g pl⁻¹, figuras 4.4A e C, respectivamente). No cultivo de verão, a média da massa seca de parte aérea de plantas de feijão, em função das doses de 6-BA, foi de 24,56 g pl⁻¹ (Figura 4.4B).

A maior massa seca de parte aérea observada no cultivo de verão (média de 24,52 g pl⁻¹), em relação ao cultivo de inverno (média de 17,38 g pl⁻¹), foi relacionada à condição climática, sendo a temperatura inferior ao conforto da cultura em diversas fases fenológicas, no cultivo de inverno. Temperaturas baixas são um fator limitante ao crescimento, assimilação de CO₂ e diferenciação morfológica (SIEBENEICHLER e outros, 2000). Possivelmente, esta condição adversa, impossibilitou a ação da citocinina em promover o crescimento da parte aérea.

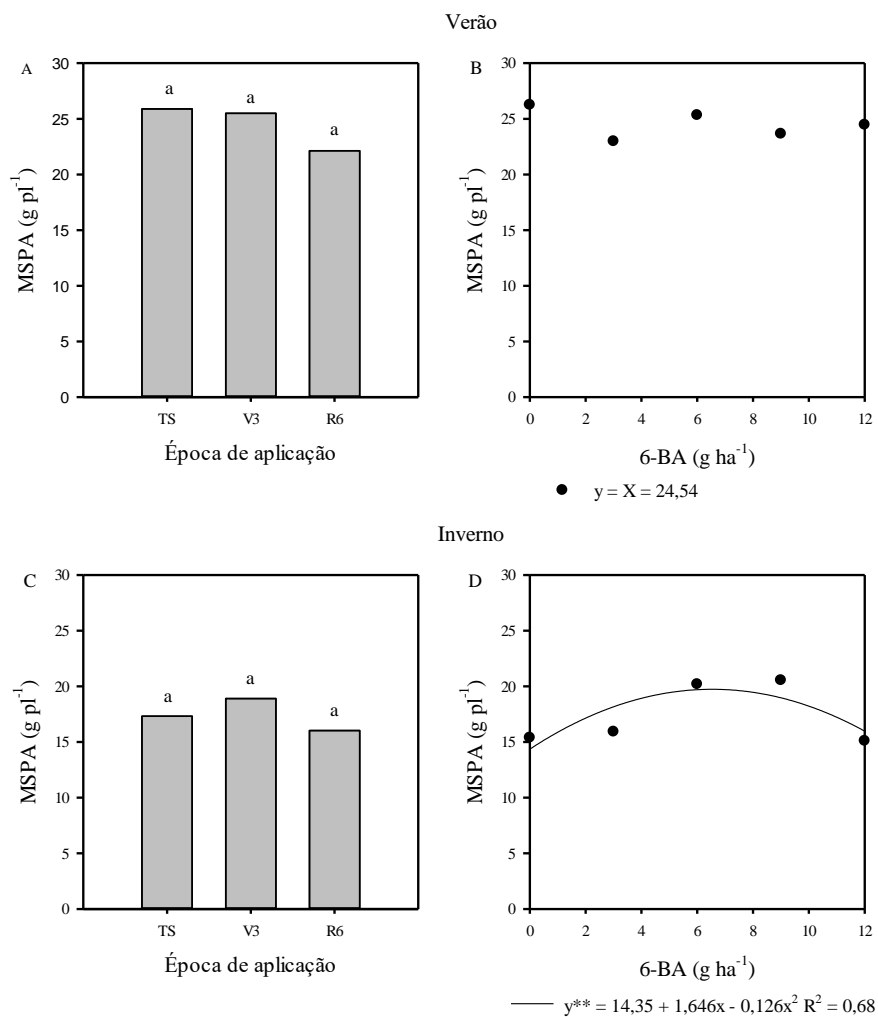


Figura 4.4 – Massa seca de parte aérea (MSPA) de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha no cultivo de verão (A e B) e inverno (C e D) em função dos estádios de desenvolvimento de aplicação e doses de 6-benziladenina (6-BA). Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

** Significativo a 1%, pela análise de variância da regressão

Para as doses de 6-BA, no cultivo de inverno, foi definido modelo quadrático, caracterizado por aumento de massa seca de parte aérea em função do aumento da dose de 6-BA. O ponto de máximo valor ocorreu para a dose de 6,02 g ha⁻¹, com massa de 21,05 g pl⁻¹. Nesse ponto, a massa foi 36,8% superior à verificada no tratamento sem aplicação (Figura 4.4D).

As alterações na massa seca de parte aérea no cultivo de inverno, em função das doses do regulador, foram relacionadas à capacidade da citocinina reduzir os impactos dos estresses abióticos por meio da ativação de enzimas do complexo antioxidante (RADEMACHER, 2015).

Para o índice SPAD, ao desdobrar-se as épocas de aplicação dentro de cada dose de 6-BA, verificou-se, no cultivo de verão, que nas doses de 6 e 12 g ha⁻¹ a aplicação de 6-BA em R6 elevou em 11,0 e 15,0% em relação V3 e TS, respectivamente. Ao realizar esta análise, no cultivo de inverno foi observado que para a dose de 3 g ha⁻¹ o índice SPAD foi em média 14% superior quando aplicado em R6 em relação a aplicação em V3. Para a dose de 12 g ha⁻¹ aplicada em R6 foi verificado um aumento de 6% no índice SPAD em relação a V3 (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Índice SPAD de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA) e estádios de aplicação, no cultivo de verão e inverno Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

Época de aplicação	6-BA (g ha ⁻¹)				
	0	3	6	9	12
SPAD					
----- Cultivo de verão -----					
TS	39,37A	45,27A	48,62AB	40,92A	37,17B
V3	40,27A	44,17A	43,87B	45,72A	39,55AB
R6	41,15A	43,97A	49,07A	43,15A	42,80 A
----- Cultivo de inverno -----					
TS	35,05A	39,22B	41,80A	42,10A	39,90 A
V3	35,57A	38,62B	42,35A	39,12A	37,41B
R6	33,95A	44,57A	43,20A	37,72A	39,26AB

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p > 0,05).

No desdobramento da interação das doses dentro de épocas de aplicação de 6-BA para o índice SPAD, em ambos os cultivos, foram ajustados modelos quadráticos. No cultivo de verão, os maiores índices SPAD ocorreram nas doses de 5,4, 7,2 e 6,1 g ha⁻¹, correspondendo à 17,6, 11,7 e 17,4% nas aplicações no TS, V3 e R6, respectivamente (Figura 4.5A).

No cultivo de inverno, os maiores índices, ocorreram nas doses de 7,7, 7,1 e 6,3 g ha⁻¹ gerando aumento de 20,5, 15,5 e 21,3% nas aplicações no TS,

V3 e R6, respectivamente. A partir dos pontos de máximo, a aplicação de 6-BA proporcionou redução no índice SPAD até a dose de 12 g ha⁻¹ (Figura 4.5B).

O índice SPAD, indiretamente, representa o teor de clorofila e permite estimar o teor de nitrogênio em folhas (LEONARDO e outros, 2013). Para Soares e outros (2017), a citocinina controla a atividade de enzimas como invertase ácida, que são responsáveis por tornar as folhas das plantas mais verdes.

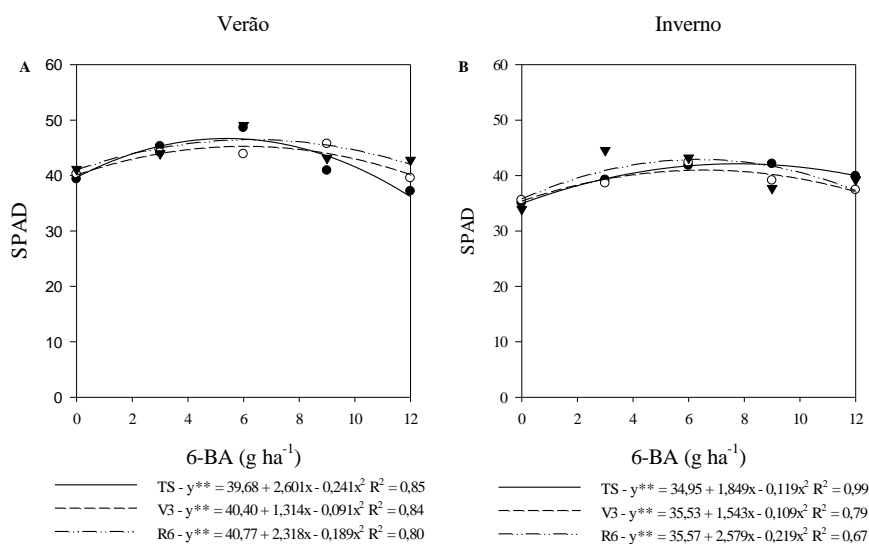


Figura 4.5 – Índice SPAD de plantas de (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha cultivadas no verão (A) e inverno (B) e submetidas à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA), aplicados em estádios de desenvolvimento diferenciados. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

** Significativo a 1%, pela análise de variância da regressão

Para a porcentagem de extravasamento de eletrólitos, ao se desdobrar as épocas de aplicação dentro de cada dose de 6-BA verifica-se, no cultivo de verão, que na dose de 3 g ha⁻¹ o extravasamento foi, em média 35% menor quando a aplicação ocorreu no TS. No cultivo de inverno, na dose de 3 g ha⁻¹, o extravasamento foi 43% maior em V3 em relação a aplicação em TS. Para

a dose de 12 g ha⁻¹, quando a aplicação ocorreu em TS, o extravasamento foi 18% maior quando comparado à aplicações de 6-BA em V3 e R6 (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Extravasamento de eletrólitos de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, submetidos à diferentes doses de 6-benziladenina (6-BA) em estádios de desenvolvimento diferenciados, no cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

Época de aplicação	6-benziladenina (g ha ⁻¹)				
	0	3	6	9	12
Extravasamento de eletrólitos (%)					
----- Cultivo de verão -----					
TS	36,61A	22,21B	27,23A	31,42A	36,32A
V3	39,89A	30,07A	30,52A	31,52A	35,76A
R6	39,29A	30,20A	27,35A	31,82A	35,70A
----- Cultivo de inverno -----					
TS	34,83A	22,50B	25,58A	28,17A	44,26A
V3	33,62A	32,22A	23,51A	33,18A	37,41B
R6	34,23A	26,66AB	23,66A	32,05A	39,26AB

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Para o desdobramento da interação doses dentro de épocas de aplicação do regulador vegetal para o extravasamento de eletrólitos, no cultivo de verão e inverno, foram ajustados modelos quadráticos. No cultivo de verão, os pontos de mínima ocorreram nas doses de 5,5, 6,5 e 6,3 g ha⁻¹ gerando redução de 27,0, 25,0 e 30,0%, no extravasamento de eletrólitos, nas aplicações no TS, V3 e R6, respectivamente (Figura 4.6A).

No cultivo de inverno os pontos de mínimo ocorreram nas doses de 5,1, 5,4 e 5,2 g ha⁻¹ causando redução de 31,0, 20,0 e 26,0%, no extravasamento de eletrólitos nas aplicações no TS, V3 e R6, respectivamente. A partir dos pontos de mínimo as maiores doses de 6-BA resultaram em elevação no extravasamento de eletrólitos até a dose de 12 g ha⁻¹ (Figura 4.6B).

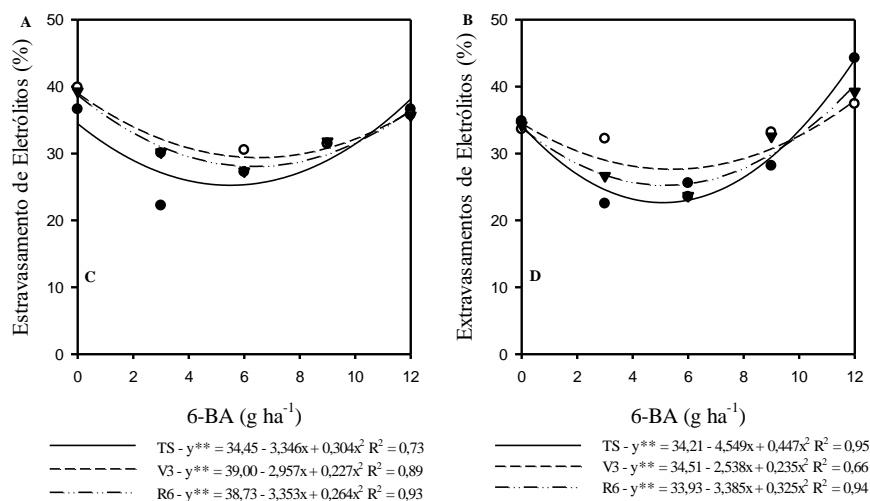


Figura 4.6 - Extravasamento de eletrólitos em plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetido à diferentes dose de 6-BA e épocas de aplicação no cultivo de verão. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

** Significativo a 1%, pela análise de variância da regressão.

O balanço entre citocinina e ácido abscísico é reponsável pela ativação do sistema de defesa da planta, agindo principalmente na manutenção da integridade das células (FIOREZE e outros, 2013), impedindo o transporte de enzimas, capazes de hidrolizar proteínas solúveis, do vacúolo para o citoplasma, reduzindo a oxidação de ácidos graxos e a atividade de radicais livres (SOARES e outros, 2017). Esse efeito foi observado nas doses intermediárias estudadas (entre 5 e 7 g ha⁻¹ de 6-BA), quando foi possível observar maior redução no extravasamento de eletrólitos, associado ao maior índice SPAD, ou seja, maior capacidade de proteção das células contra estresses oxidativos.

Fagan e outros (2015), afirmam que a aplicação de citocininas promove a elevação da biossíntese de clorofilas nas folhas, e conseqüentemente maior índice SPAD, o que segundo Silva e outros (2016), ocorre devido a ativação de mecanismos que minimizam estresses em plantas como: expressão genética, ativação das enzimas superóxido dismutase e peroxidase de ascorbato, desenvolvimento de cloroplastos e redução das

espécies reativas de oxigênio, o que culmina em preservação da integridade das membranas e na redução do extravasamento de eletrólitos.

O teor de N foliar, no cultivo de verão e inverno, para o desdobramento das épocas de aplicação, dentro de cada dose estudada, apresentou diferença na dose de 3 g ha⁻¹ de 6-BA. No cultivo de verão, o teor de N é 13% superior na aplicação no TS em relação a V3 e R6 e no inverno a aplicação no TS apresenta teor de N 7% superior à aplicação realizada em R6 (Tabela 4.6).

Srivastava, Ormrod e Hale (1994), relatam que as citocininas estimulam as poliaminas e glutaminas das folhas a elevarem a capacidade de assimilação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. Batista Filho e outros (2013), observaram que aplicação de biorregulador, cuja composição é integrada pela citocinina em TS, aumentou o teor de N em folhas de soja. Este resultado se assemelha aos fatos verificados no presente estudo, no qual a aplicação no TS foi, na dose de 3 g ha⁻¹, mais eficiente para o acúmulo de N foliar.

Tabela 4.6 - Teor de nitrogênio foliar de plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à diferentes doses de 6-benziladeno (6-BA) aplicadas em estádios de desenvolvimento diferenciados no cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

Época de aplicação	6-benziladeno (g ha ⁻¹)				
	0	3	6	9	12
Teor de nitrogênio foliar (g kg ⁻¹)					
----- Cultivo de verão -----					
TS	29,86A	36,68A	32,94A	31,95A	32,90A
V3	29,65A	32,33B	32,97A	31,98A	32,11A
R6	29,72A	32,21B	33,00A	32,99A	31,57A
----- Cultivo de inverno -----					
TS	38,50A	43,75A	40,25A	41,75A	39,75A
V3	38,50A	42,75AB	42,5A	39,75A	38,75A
R6	38,00A	40,75B	40,25A	42,50A	40,75A

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Ao desdobrar os efeitos das doses de 6-BA dentro de cada época de aplicação para o teor de N, no cultivo de verão e inverno, ajustaram-se modelos cúbicos para as aplicações no TS e modelos quadráticos para aplicações em V3 e R6 (Figura 4.7). No cultivo de verão, as equações geraram pontos de máxima nas doses de 3,3, 7,5 e 7,3 g ha⁻¹ elevando 19,5, 10,0 e

11,6% os teores de N foliar, em relação ao tratamento controle, nas aplicações no TS, V3 e R6, respectivamente (Figura 4.7A).

No cultivo de inverno os pontos de máximo teor de N foliar ocorreram nas doses de 3,9, 5,6 e 8,5 g ha⁻¹ elevando em 10,0, 8,2 e 9,3%, em relação ao tratamento controle, nas aplicações no TS, V3 e R6, respectivamente (Figura 4.7B). A partir dos pontos de máximo, ocorre redução nos conteúdos de N foliar, e independentemente da época aplicaca, o teor de N em função das doses manteve-se superior ao tratamento controle (Figura 4.7).

A elevação da assimilação de nitrogênio em plantas tratadas com citocinina é amplamente estudada, Xu e outros (2012), auxiliam a atividade das enzimas responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio, Nagata e Suzuki (2014) afirmam que o tratamento de sementes com a aplicação de baixas concentrações de citocinina estimula o processo de nodulação. Em aplicações na parte aérea da planta a citocinina promove o aumento da área foliar específica, acúmulo de massa e atividade de genes responsáveis pela absorção de N (WANG e outros, 2012; YE e outros, 2015).

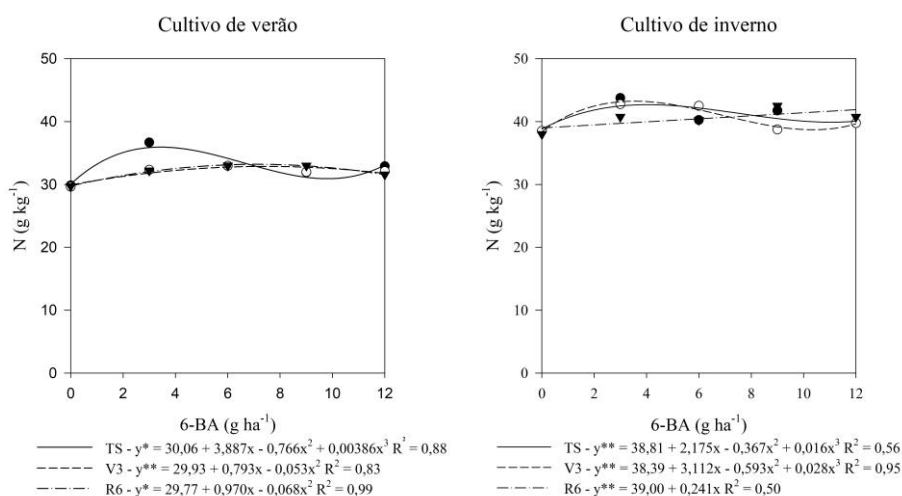


Figura 4.7 - Teor de nitrogênio foliar (N) em plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à doses de 6-benziladenina (6-BA) aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento, em cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.
 ** Significativo a 1%, pela análise de variância da regressão.

O teor de P foliar foi maior quando o regulador foi aplicado em V3 (Figura 4.8A). Para o teor de P foliar em função das doses de 6-BA, no cultivo de verão, foi verificada tendência linear decrescente, com redução de 6,5% no teor de P foliar na dose de 12 g ha⁻¹ de 6-BA. No cultivo de inverno, não foi verificada diferença entre épocas de aplicação e doses de 6-BA (Figura 4.8C e D).

A elevação dos teores nutricionais provocada pela aplicação de citocinina em culturas foi relatado por Ibrahim e outros. (2007), Ibrahim e outros (2010) e Batista Filho e outros. (2013). Estes autores associam este efeito à capacidade da citocinina regular a relação fonte-dreno, tornando a parte aérea um dreno mais forte e eficiente na assimilação de nutrientes.

Batista Filho e outros (2013), na cultura da soja, verificaram que a aplicação de bioestimulante contendo citocinina, não alterou o conteúdo de P foliar. O fato da 6-BA não ter alterado o teor de P no cultivo de inverno pode estar relacionado às temperaturas mais amenas da estação (Figura 4.8C e D). Zwack et al. (2016), afirmam que a citocinina atua na transcrição de genes

para reduzir o estresse, e enquanto a transcrição ocorre há a restrição na assimilação de nutrientes.

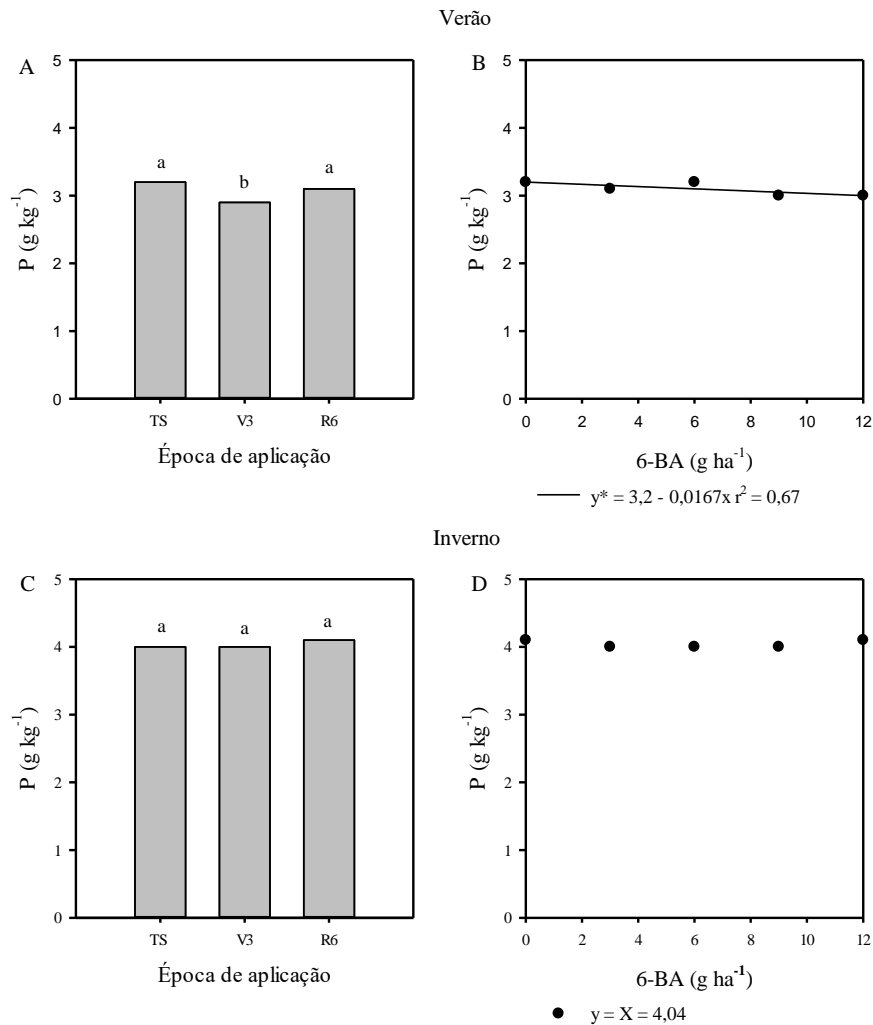


Figura 4.8 - Teor de fósforo foliar (P) em plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à doses de 6-benziladenina (6-BA) (B e D) aplicada em diferentes estádios de desenvolvimento (A e C), em cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

** Significativo a 1%, pela análise de variância da regressão

O teor de K foliar, ao desdobrar as épocas de aplicação dentro das doses de 6-BA, no cultivo de verão, foi observado maior teor de K quando a aplicação do regulador foi realizada em R6 para as doses de 3 e 6 g ha⁻¹. Na

dose de 9 g ha⁻¹ o maior conteúdo de K foi verificado nas aplicações em V3 e R6. Para a dose de 12 g ha⁻¹ o efeito foi inverso, com maior teor de K verificado quando a aplicação ocorreu em TS (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 - Teor de potássio foliar (K) em plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha, submetidos às doses de 6-benziladenina (6-BA) em diferentes estágios de desenvolvimento. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

Época de aplicação	6-benziladenina (g ha ⁻¹)				
	0	3	6	9	12
----- Cultivo de verão -----					
Teor de potássio foliar (g kg ⁻¹)					
TS	15,60A	16,30B	16,09B	14,94B	15,42 A
V3	14,69A	16,54B	15,36B	16,24A	13,45B
R6	14,82AB	18,22A	18,32A	16,62A	13,84AB

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p > 0,05).

Ao desdobrar as doses de 6-BA dentro de cada época de aplicação, para K foliar, no cultivo de verão, foi ajustado modelo cúbico para a aplicação no TS e quadrático para as aplicações em V3 e R6, respectivamente. Os pontos de máximo valor ocorreram para as doses de 3,0, 5,2 e 5,5 g ha⁻¹ gerando elevações de 5,3, 10,5 e 18,4% no conteúdo de K foliar, em relação ao tratamento controle, para as aplicações no TS, V3 e R6, respectivamente. Entretanto, para a aplicação no TS a partir da dose de 7 g ha⁻¹ ocorreu redução dos teores de K foliar (Figura 4.9A).

O aumento no teor de K, em função da aplicação dos tratamentos, foi semelhante ao descrito por Ibrahim e outros. (2010). Os referidos autores verificaram elevação dos teores do nutriente quando 6-BA foi aplicada à *Cordia alliodora*. No cultivo de inverno, não foi verificada influência da aplicação de 6-BA sobre o teor de K, tanto para épocas de aplicação quanto para as doses aplicadas (Figura 4.9B e C).

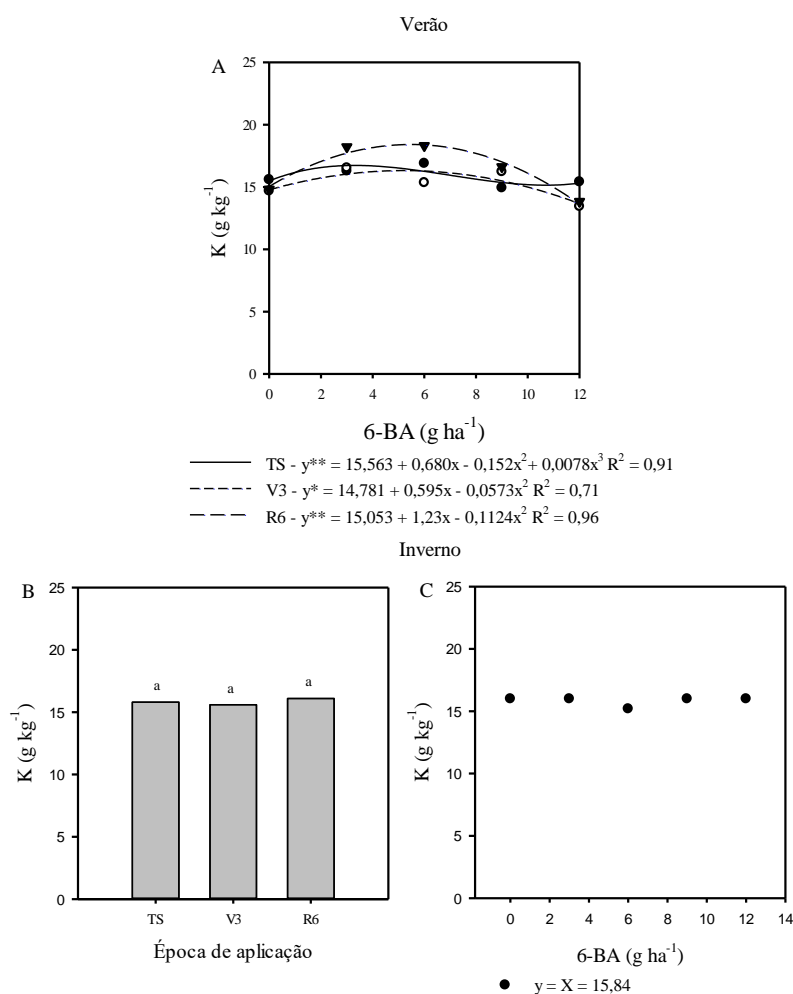


Figura 4.9 - Teor de potássio foliar (K) em plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas às doses de 6-benziladenina (6-BA) aplicada em diferentes estádios de desenvolvimento, no cultivo de verão (A) e inverno (B, para épocas de aplicação, e C, para doses). Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

** Significativo a 1%, pela análise de variância da regressão

As doses de 6-BA aplicadas em épocas distintas não influenciaram os componentes de produção do feijoeiro comum (Tabela 4.8). Este fato foi associado ao fato de que durante as épocas de aplicação nenhuma destas estruturas estavam em pleno desenvolvimento. Desta forma, a ação do regulador foi mais efetiva, elevando o vigor da planta.

Tabela 4.8 - Número de vagens (NVAG), comprimento de vagens (COMVAG) e massa de cem sementes (M100) de plantas feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetidas à doses de 6-brnziladenina (6-BA) e aplicação em diferentes estádios de desenvolvimento, no cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

FV	NVAG		COMVAG		M100 (g)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Doses de 6-benzyladenina						
0	11,75	10,67	10,32	11,97	25,78	20,76
3	12,36	10,88	10,78	12,05	25,97	20,16
6	10,02	9,49	10,73	12,12	24,57	20,07
9	11,89	10,34	10,80	11,79	24,58	20,76
12	13,64	11,10	10,40	12,22	24,82	20,61
Épocas de aplicação						
TS	11,74A	10,27A	10,55A	11,91A	24,69A	20,69 A
V3	11,83A	10,25A	10,59A	12,08A	25,53A	20,08 A
R6	12,23A	10,97A	10,40A	12,10A	25,22A	20,65 A

** - significativo a 1 % ($p > 0,01$), * - significativo a 5 % ($p > 0,05$) e ns - não significativo pelo teste de F.

No entanto, os fatores de produção número de grãos por vagem e produtividade, apresentaram interação entre doses e épocas de aplicação de 6-BA, no cultivo de verão (Tabela 4.9). Para o desdobramento das épocas de aplicação dentro de cada dose de 6-BA, de maneira geral, as plantas que receberam as menores doses 6-BA no TS e as maiores doses em V3 apresentaram maior número de grãos por vagens (Tabela 4.9).

Para a produtividade, foi observado que na dose de 3 g ha⁻¹ quando aplicada no TS o incremento médio de produtividade foi de 33,0 e 25,0% em relação às aplicações em V3 e R6, respectivamente. Para a dose de 12 g ha⁻¹ a maior produtividade foi observada quando a aplicação ocorreu em V3 e o incremento médio de produtividade foi de 57,8 e 33,3% em relação às aplicações em TS e R6, respectivamente (Tabela 4.9).

Fu et al. (2014), verificaram que a aplicação de 6-BA em *Plukentia volubtilis*, resultou em maior número de frutos na dose equivalente a 3 g ha⁻¹ de 6-BA. Os autores atribuem este efeito à capacidade de aumento na viabilidade dos óvulos provocado pelo regulador.

Tabela 4.9 - Número de grãos por vagem e produtividade da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha submetida à doses de 6-benziladenina (6-BA) aplicadas em diferentes estádios de desenvolvimento, no cultivo de verão e inverno. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

Época de aplicação	6-benziladenina (g ha ⁻¹)				
	0	3	6	9	12
----- Cultivo de verão -----					
TS	4,57A	5,36A	5,44A	4,40AB	4,06B
V3	3,99A	4,49B	4,40B	4,97A	5,55A
R6	4,31A	4,23B	5,11AB	4,09B	4,06B
----- Cultivo de inverno -----					
TS	2705,35 A	3457,65 A	2887,69 A	2269,00 A	2118,01 B
V3	2624,97 A	2598,40 B	2947,58 A	2863,42 A	3344,01 A
R6	2562,43 A	2746,05 B	2860,20 A	2357,70 A	2507,55 B

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O desdobramento do número de grãos por vagem, para doses dentro de cada época de aplicação, apresentou tendência quadrática para a aplicação no TS, linear em V3, e não foi possível ajustar um comportamento para as doses na aplicação em R6. Nas aplicações em TS, no cultivo de verão, verificou-se elevação no número de grão por vagem até a dose de 4,9 g ha⁻¹ de 6-BA, ou seja, elevação 13,2% no número de grãos por vagem, a partir desse ponto houve uma tendência de redução no número de grão por vagem. Na aplicação em V3, o incremento foi de 36,4% na dose de 12 g ha⁻¹, e na aplicação em R6 a média das doses foi de 4,4 grãos por vagem (Figura 4.10A).

O desdobramento da interação para a produtividade, no cultivo de verão, para doses dentro de cada época de aplicação, apresentou modelo cúbico para as aplicações realizadas em TS e R6, e linear, para a aplicação em V3 (Figura 4.10B). Os pontos de máxima produtividade ocorreram nas doses de 2,7 e 3,2 g ha⁻¹ de 6-BA, com produção de 3317,6 e 2850,3 kg ha⁻¹ de feijão. Estas médias representaram um aumento de 21,0 e 12,4% na produtividade da cultura para as aplicações no TS e em R6, respectivamente, a partir desses pontos houve um decréscimo acentuado na produtividade (Figura 4.10 B).

Para a aplicação em V3, no cultivo de verão, o aumento na produtividade foi crescente em função do aumento da dose de 6-BA, com produtividade máxima de 3216,2 kg ha⁻¹ de feijão na dose de 12 g ha⁻¹,

produção 27,0% superior ao observado no tratamento sem aplicação (Figura 4.10). Em termos gerais, as aplicações de 6 BA em TS e R6 devem ter maior rigor quanto à concentração, quando comparadas à aplicação em V3, pois nessas aplicações quando a dose superexcede o ideal ocorre um efeito fitotóxico à planta (Figura 4.10B) resultando em redução da produtividade.

Borges et al. (2014), verificaram que a aplicação de beziladenina elevou a produtividade da cultura da soja em resposta à maior fixação de vagens na planta e promoveu alterações morfo-anatômicas na área foliar e número de estômatos nas folhas. Para este estudo, a elevação da produtividade ocorreu em virtude do aumento na capacidade de a planta elevar o índice SPAD, reduzir o extravasamento de eletrólitos, aumentar o acúmulo de nutrientes (principalmente o nitrogênio) e elevar o número de grãos por vagem.

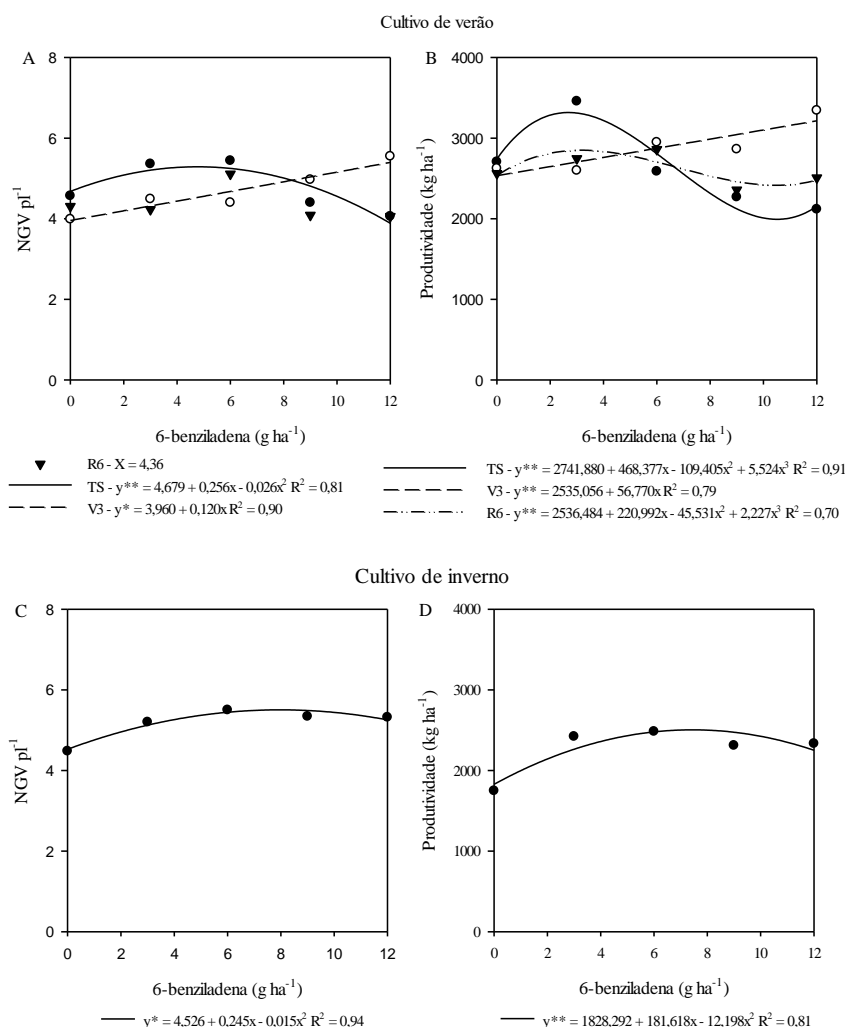


Figura 4.10 -Número de grãos por vagem (A e C, para cultivo de verão e inverno, respectivamente) e produtividade da cultura no cultivo de verão (B) e inverno (D) em plantas de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) cv.

Carioquinha em função de doses de 6-benziladenina (6-BA) aplicadas em diferentes estádios de desenvolvimento. Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

** Significativo a 1%, pela análise de variância da regressão

No cultivo de inverno, o número de grãos por vagem foi maior quando a aplicação foi realizada em R6, em comparação à aplicação em TS e V3. Quando foram avaliadas as épocas de aplicação, a produtividade a média de foi de 2259,3 $kg\ ha^{-1}$ de feijão. Para a relação entre o número de grãos por vagem, a produtividade da cultura do feijoeiro e as doses de 6-BA analisadas

foi definido o modelo quadrático, com pontos de máximo valor nas doses de 8,2 e 7,4 g ha⁻¹ de 6-BA, representando um aumento de 22,0 e 36,9% no número de grãos por vagem e na produtividade da cultura, respectivamente.

Estes resultados corroboraram com os descritos por Fu e outros (2014). Os autores citados verificaram que a 6-BA elevou a viabilidade dos óvulos e isso foi evidenciado para o presente estudo, visto que a elevação do número de grãos por vagem foi amplamente dependente da viabilidade dos óvulos. Fatos semelhantes foram verificados por Wu e Chang (2012), os quais observaram que os efeitos da aplicação de citocinina foi amplamente dependente da época de aplicação, dose e clima. O principal efeito da citocinina em condições de temperatura mais amena (inverno) foi o controle do florescimento e da relação fonte-dreno.

4 CONCLUSÃO

A aplicação de 6-benziladenina eleva os indicadores de tolerância ao estresse;

A 6-benziladenina aumenta o acúmulo de nitrogênio, o número de grãos por vagem e a produtividade da cultura do feijão;

A aplicação da dose de 3 g ha⁻¹ de 6-benziladenina no tratamento de semente e a dose de 6 g ha⁻¹ no estágio R3 condicionam maior vigor das plantas de feijoeiro comum.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Experimentação agrônômica e Agroestat: sistema para análise estatística de ensaios agrônômicos**. 1ª. Edição, Editora FUNEP, Jaboticabal, 2015, 396p.
- BATISTA FILHO, C. G.; MARCO, K.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; INOUE, M. H.; SILVA, E. S. Efeito do Stimulate® nas características agrônômicas da soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 76-86, 2013.
- BORGES, L. P.; TORRES JUNIOR, H. D.; NEVES, T. G.; CRUVINEL, C. K. L.; SANTOS, P. G. F.; MATOS, F. S. Does bezyladenine application increase soybean productivity? **African Journal of Agricultural of Research**. Grahamstown, v. 9, n. 37, p. 2799-2804, 2016.
- BURKE, J. J. 6-Benzyladenine enhancement of cotton. **The Journal of Cotton Science**, Memphis, v. 15, n. 1, p. 206–214, 2011.
- CAMPOS, P. S.; THI, A. T. P. Effects of an abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subjected to osmotic stress. **Plant Science**, Shannon, v.130, n.1, p.11-18, 1997.
- Compania Nacional de Abastecimento de Grãos – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2016/17–Décimo primeiro levantamento**, Brasília, v. 4, n. 11, p. 1-171, 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006, 306 p.
- FAGAN, E.B.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; CHAUFUN JÚNIOR, A.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia vegetal: reguladores vegetais**. 1ª Edição, Andrei Editora, 2015, 300 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FIOREZE, S.L.; RODRIGUES, D.D.; CARNEIRO, J.P.C.; SILVA, A.A.; LIMA, M.B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p.1432-1439, 2013.

- FU, Q.; NIU, L.; ZHANG, K.; PAN, Q.; HE, H.; XU, Z. Benzyladenine treatment promotes floral feminization and fruiting in a promising oil seed crop *Plukenetia volubilis*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 59, n. 1, p.295–298, 2014.
- IBRAHIM, M. E.; BEKHETA, M. A.; EL-MOURSI, A.; GAAFAR, N. A. Improvement of growth and seed yield quality of *Vicia faba* plants as affected by application of some bioregulators. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Faisalabad, v. 1, n. 3, p. 657-666, 2007.
- IBRAHIM, S. M. M.; TAHA, L. S.; FARAHAT, M. M. Vegetative growth and chemical constituents of cróton plants as affected by foliar application of benzyl adenine and gibberelic acid. **Journal of American Sciences**, East Lansing, v. 7, n. 2, p. 126-130, 2010.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009, 452 p.
- LEONARDO, F. DE A. P.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. DE M.; COSTA, J. P. da. Teor de clorofila e índice spad no abacaxizeiro cv. Vitória em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.377-383, 2013.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- METIVIER, J.; PAULILO, M. T. The utilization of cotyledonary reserves in *Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 31, n. 124, p. 1271-1282, 1980.
- NAGATA, M.; SUZUKI, A. **Effects of phytohormones on nodulation and nitrogen fixation in leguminous plants**. In: Ohyama, T. Advances in biology and ecology of nitrogen fixation. [S.l.]: InTech, 2014. Cap.5, p.111-128.
- PASSOS, A.M.A.; REZENDE, P.M.; CARVALHO, E.A.; SAVELLI, R.A.M. Cinetina e nitrato de potássio em características agronômicas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.7, p.925-928, 2008.
- RADEMACHER, W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulators**, New York, v. 34, n. 4, p. 845–872, 2015.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

SIEBENEICHLER, S. C.; SANT'ANNA, R.; MARTINEZ, C. A.; MOSQUIM, P. R.; CAMBRAIA, J.; CHAGAS, J. M. Efeitos da baixa temperatura no crescimento e nos teores de açúcares solúveis e de prolina em dois cultivares de feijão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 273, p. 495-509, 2000.

SILVA, K.S.; URBAN, L.J. K.; BALBINOT, A.; GNOCATO, F.S.; KRUSE, N.D.; MARCHESAN, E.; MACHADO, S.L.O. Electrolyte leakage and the protective effect of nitricoxide on leaves of flooded rice exposed to herbicides. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 34, n. 4, p. 777-785, 2016.

SOARES, L. H.; DOURADO NETO, D.; FAGAN, E. B.; TEIXEIRA, V. F.; PEREIRA, I. S. Physiological, phenometric and productive changes in soybean crop due to the use of kinetin. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.47, n.1, p.80-86, 2017.

SRIVASTAVA, H. S.; ORMROD, D. F.; HALE, B. A. Cytokinins affect the response of greening and green bean leaves to nitrogen dioxide and nutrients nitrate supply. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 144, n.2, p. 156-160, 1994.

SRIVASTAVA, A. K.; PASALA, R.; MINHAS, P. S.; SUPRASANNA, P. Plant bioregulators for sustainable agriculture:integrating redox signaling as a possible unifying mechanism. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 37, n. 1, 2016.

WANG, L.; YANG, T.; ZHU, D.; XU, J.; NIE, Z.; YANG, G. Changes in propagule formation and plant growth in *Potamogeton crispus* induced by exogenous application of gibberelic acid (GA₃) and 6-benzyladenine (6-BA). **Aquatic Biology**, Oldendorf, v. 15, p. 35-45, 2012.

WERNER, T.; MOTYKA, V.; STRNAD, M.; SCHMÜLLING, T. Regulation of plant growth by cytokinin. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 98, n. 18, p. 10487-10492, 2001.

WERNER, T.; HOLST, K.; PÖRS, Y.; GUIVARC'H, A.; CHRIQUI, A. M. D.; GRIMM, B.; SCHMÜLLING, T. Cytokinin deficiency causes distinct changes of sink and source parameters in tobacco shoots and roots. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 59, n. 10, p. 2659-2672, 2008.

XU, J.; LI, X.; LUO, L. Effects of engineered *Sinorhizobium meliloti* on cytokinin synthesis and tolerance of alfalfa to extreme drought stress. **Applied and Environmental Microbiology**, Newark, v. 78, n. 22, p. 8056–8061, 2012.

YEH, S.; CHEN, H.; NG, C.; LIN, C.; TSENG, T.; LI, W.; KU, M. S. B. Down-regulation of cytokinin oxidase2 expression increases tiller number and improves rice yield. **Rice**, Richmond, v. 8, n. 36, p. 2-13, 2015.

ZWACK, P. J.; CLERCQ, I. D.; HOWTON, T. C. H.; HALLMARK, T.; HURNY, A.; KESHISHIAN, E. A.; PARISH, A. M.; BENKOVA, E.; MUKHTAR, M. S.; BREUSEGEM, F. V.; RASHOTTE, A. M. Cytokinin response factor 6 represses cytokinin-associated genes during oxidative stress^[OPEN]. **Plant Physiology**, Scotland, v. 172, n. 1, p. 1249-1258, 2016.