

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE – PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -AGRONOMIA

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E BIOMÉTRICAS  
DE PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM  
FITORREGULADORES E BIOESTIMULADORES DE  
CRESCIMENTO**

**Autor: Ricardo Flávio Vitorino  
Orientador: DSc. Alan Carlos Costa**

RIO VERDE – GO  
Abril – 2014.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE – PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -AGRONOMIA

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E BIOMÉTRICAS  
DE PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM  
FITORREGULADORES E BIOESTIMULADORES DE  
CRESCIMENTO**

**Autor: Ricardo Flávio Vitorino  
Orientador: DSc. Alan Carlos Costa**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia – área  
de concentração em Produção Vegetal Sustentável no  
Cerrado, do Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio  
Verde – GO, como parte das exigências para a  
obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS - AGRONOMIA.

RIO VERDE - GO  
Abril – 2014.

633.34

V646c Vitorino, Ricardo Flávio, 1976 –

Características fisiológicas e biométricas de plantas de soja tratadas com fitorreguladores e bioestimuladores de crescimento / Ricardo Flávio Vitorino – 2014.

37 f.: grafs., tabs.

Orientador: Alan Carlos Costa.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

Bibliografia: f. 32-37.

1. Algas marinhas. 2. Cinetina. 3. Ácido giberélico. 4. *Gracilaria Birdiae*. 5. *Ascophyllum nodosum*. I. Costa, Alan carlos. II - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-GRONOMIA**

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS, BIOMÉTRICAS E  
RENDIMENTO DE PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM  
FITORREGULADORES E FONTES ALTERNATIVAS DE  
BIORREGULADORES DE CRESCIMENTO**

Autor: Ricardo Flávio Vitorino  
Orientador: Dr. Alan Carlos Costa

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 30 de abril de 2014.

Dr. Aurélio Rúbio Neto  
Avaliador externo  
(Bolsista PNPd) COMIGO

Prof. Dr. Adriano Jakelaitis  
Avaliador interno  
IF Goiano/RV

Dra. Julien da Silva Lima  
Avaliadora interna  
(Bolsista DCR) IF Goiano/RV

Prof. Dr. Alan Carlos Costa  
Presidente da banca  
IF Goiano/RV

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida concedida a mim, e por todas as graças recebidas.

Aos meus pais, João Vitorino Vieira† e Luzia Helena de Oliveira, pela dedicação à minha criação e educação e de meus irmãos.

A minha querida irmã Vécia de Fátima Vitorino, pelo seu grande amor e apoio.

A minha esposa e filhas, Flávia Assis Silva Vitorino, Maryane Araújo Vitorino e Vitória Assis Vitorino, pela motivação para seguir nesta caminhada.

Aos amigos, queridos irmãos, que escolhemos durante essa longa caminhada, neste grande processo de desenvolvimento pessoal e espiritual, que é a vida.

Ao Instituto Federal Goiano, *Campus* Rio Verde e, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade que tive de desenvolver essa atividade.

Ao meu orientador, Alan Carlos Costa, pela confiança, oportunidade, compromisso, paciência, de maneira a contribuir efetivamente para a conclusão de mais essa etapa em minha formação profissional.

Aos meus coorientadores, professores Edson Luiz Souchie e Clarice Aparecida Megguer, pela amizade, orientação, durante todo esse processo.

Aos membros da banca examinadora: DSc Adriano Jakelaitis, Aurélio Rúbio Neto, Julien Da Silva Lima, pela disponibilidade em participar na avaliação da conclusão do meu mestrado e deste documento.

À coordenação, docentes e a todos os funcionários do IFGoiano, pelos excelentes serviços prestados a todos os discentes.

À prof. DSc Eliane Marinho Soriano do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade de Federal do Rio Grande do Norte, pela atenção, empenho no preparo e doação das algas de *Gracilaria birdiae* utilizadas nesse trabalho.

Ao CNPq, FINEP, FAPEG e CAPES, pelo fomento ao Programa de Pós-Graduação e ao grupo de pesquisa em Ecofisiologia e Produtividade Vegetal, tornando

possível a melhoria das instalações e equipamentos, como também, recursos financeiros tão necessários à execução de projetos.

Aos amigos e companheiros do Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal – em especial ao Gabriel, Priscila, Sueisla, pela atenção dedicada e colaboração, indispensável a esse trabalho. A Vanessa, Fábila, Roberto, Danilo, Gabriel, Luciana, Ailton, Marília, Viviane, Raiane, Jônatas, Natália, Rodolfo, Gabriela, Márcio, Karen, Gilberto – pela amizade, colaboração, e os bons momentos que passamos juntos.

“O homem com Deus em seu coração produz frutos grandiosos, até nas  
pequenas tarefas.”

Ricardo F. Vitorino

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Ricardo Flávio Vitorino, filho dos produtores rurais João Vitorino Vieira† e Luzia Helena de Oliveira, nascido aos 12 de outubro de 1976 em Itumbiara – GO.

Em 1996 ingressou no curso de Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias de Itumbiara (FCAI/ILES-ULBRA), concluindo em agosto de 2000. Durante esse período exerceu atividades em iniciação científica, feiras de dias de campo, como assistente, promovidos pela instituição.

Em novembro de 1999, ingressou no programa de estágio pela empresa Agrevo, prestando serviço de estagiário em agronomia, nas fazendas Canadá e Tupi, Grupo Maeda, em culturas de milho, soja e algodão totalizando a área de 10.000 hectares.

Trabalhou nas empresas Aventis CropScience, Pioneer Seeds Corn, Adubos Moema. Nestas empresas desenvolveu atividades nas áreas de pesquisa, desenvolvimento de produtos, campo de produção de sementes e comercialização de insumos.

No ano de 2004 fundou a empresa Ercom Agrícola LTDA, como sede em Itumbiara-GO. No ano 2012 abriu a filial em Jataí-GO, com atividade de consultoria agrônômica e venda de insumos agrícolas.

Em fevereiro de 2012, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, no Instituto Federal Goiano – *Campus* de Rio Verde, sob a orientação do professor Alan Carlos Costa.

## ÍNDICE

	Página
AGRADECIMENTOS .....	ii
BIOGRAFIA DO AUTOR .....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABELAS.....	ix
LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS ABREVIACES E UNIDADES.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT: .....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1 Condições experimentais .....	3
2.2 Experimento I.....	4
2.2.1 Tratamentos .....	4
2.2.2 Imposição dos tratamentos e tratos culturais .....	5
2.2.3 Avaliações .....	5
2.2.4 Desenho experimental e análise estatística.....	6
2.3 Experimento II .....	6
2.3.1 Tratamentos .....	6
2.3.2 Obtenção dos bioestimuladores .....	6
a) Extrato de <i>Gracilaria birdae</i> Palastino & E. C. Oliveira .....	6
b) Produto comercial 01 (extrato de alga fresca de <i>Ascophyllum nodosum</i> ) .....	7
c) Produto comercial 2 (0,005% de GA <sub>3</sub> ; 0,009% cinetina; 0,005% de AIB)....	7
2.3.3 Imposição dos tratamentos e tratos culturais .....	7
2.3.4 Avaliações .....	8
2.3.5 Desenho experimental e análises estatísticas .....	8
2.4 Detalhamento das avaliações .....	9
2.4.1 Avaliações Fisiológicas .....	9
d) Avaliações das trocas gasosas .....	9



e) Avaliações do teor de clorofilas .....	9
2.4.2 Avaliações biométricas.....	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	10
3.1 EXPERIMENTO I .....	10
3.1.1 Efeito de fitorreguladores no crescimento e desenvolvimento de plantas de soja. 10	
3.1.2 Análises fisiológicas .....	10
3.1.3 Análises Biométricas .....	13
3.2 EXPERIMENTO II.....	21
3.2.1 Análises fisiológicas de plantas de soja submetidas aos diferentes bioestimuladores de crescimento de plantas.....	21
3.2.2 Análises biométricas de plantas de soja submetidas à diferentes bioestimuladores como fonte de citocininas.....	25
4 CONCLUSÃO.....	32
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1 – Taxa fotossintética (A) [A], Condutância estomática (gs) [B] de plantas de soja submetidas a diferentes doses de CIN e GA3 (g ha-1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ....	11
Figura 2 – Área foliar total (A), número de folhas (B), massa seca de folhas (C), em condições de diferentes doses de CIN e GA3 (g ha-1) em plantas de soja. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ....	14
Figura 3 – Altura de planta (A), número de nós (B), comprimento de entrenó (C) de plantas de soja submetidas a diferentes doses de CIN e GA3 (g ha-1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ....	15
Figura 4 – Número de galhos (A), massa seca de caule (MSC) [B], massa seca de parte aérea (MSPA) [C] de plantas de soja submetidas a diferentes doses de CIN e GA3 (g ha-1). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ....	16
Figura 5- Taxa fotossintética (A), condutância estomática (B), taxa transpiratória (C), relação Ci/Ca (D) de plantas de soja exposta a diferentes fontes de citocininas doses (g ou L ha-1). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g ha-1).....	23
Figura 6– Área foliar total (A), número de folhas (B), massa seca de folhas (g), de plantas de soja tratadas com diferentes fontes de citocininas doses (g ou L ha-1). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g ha-1)...	27

- Figura 7 – Altura de planta (A), número de nós (B), comprimento de entrenó – C.E (C), de plantas de soja tratadas com diferentes fontes de citocininas doses (g ou L ha-1). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g ha-1)..... 28
- Figura 8 – Número de ramos (A), massa seca de caule - MSC em g (B), massa seca de parte aérea – MSPA g (C), de plantas de soja tratadas com diferentes fontes de citocininas doses (g ou L ha-1). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g ha-1)..... 29
- Figura 9 – Número de flores (A), número de flores e vagens em desenvolvimento (C), de plantas de soja tratadas com diferentes fontes de citocininas doses (g ou L ha-1). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g ha-1)..... 30

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página.
Tabela 1: Transpiração (E), Concentrações de CO <sub>2</sub> (CiCa), Teores de clorofila a, b e Total (índice Clorofilog). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....	12
Tabela 2: Características biométricas: diâmetro do coleto (DC), massa seca de flor (MSFl), Número de flores (N <sup>o</sup> de Flores), sob diferentes doses de CIN e GA <sub>3</sub> (g ha <sup>-1</sup> ). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ....	18
Tabela 3: Características biométricas: diâmetro do coleto (DC), massa seca de flor (MSFl), Número de flores (N <sup>o</sup> de Flores), sob diferentes doses de CIN e GA <sub>3</sub> (g ha <sup>-1</sup> ). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ....	24

## LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS ABREVIACÖES E UNIDADES.

<i>A</i>	Taxa fotossintética	( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
<i>A. nodosum</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i> (L.) Le jolius	
C.E	Comprimento de entrenó	(cm)
<i>Ci/Ca</i>	Relaçãõ entre a concentraçãõ interna e externa de CO <sub>2</sub>	
CK	Citocinina	
D.A.P	Dias apó s plantio	
D.C	Diâmetro de coletõ	(cm)
<i>E</i>	Taxa Transpiratória	( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
<i>G. birdiae</i>	<i>Gracilaria birdiae</i> Palastino & E. C. Oliveira	
GA <sub>3</sub>	Ácido giberélico	
GAs	Giberelinas	
<i>g<sub>s</sub></i>	Condutância estomática	( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
CIN	Cinetina	
MSC	Massa seca de caule	(g)
MSER	Massa seca de estruturas reprodutivas totais	(g)
MSF	Massa seca de folhas	(g)
MSFl	Massa seca de flores	(g)
MSPA	Massa seca de parte aérea	(g)
MSV	Massa seca de vagens	(g)
PC01	Produto comercial 01	
PC02	Produto comercial 02	

## RESUMO

VITORINO, Ricardo F. MSc., Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, junho de 2014. **Características fisiológicas e biométricas de plantas de soja tratadas com fitorreguladores e bioestimuladores de crescimento.** Orientador: DSc. Alan Carlos Costa. Coorientadores: DSc<sup>a</sup>. Clarice Aparecida Megguer e DSc. Edson Luiz Souchie.

O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, porém a produção de grãos por unidade de área é baixa. Uma ferramenta para melhorar a produtividade em culturas agrícolas é a utilização de fitorreguladores. A utilização de extrato de algas, como fonte natural de fitohormônios é considerada de baixo custo e de grande relevância. Dessa maneira, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de bioestimuladores nas características fisiológicas, biométricas de plantas de *Glycine max* (L.) Merrill. O experimento foi realizado em casa de vegetação do Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal Goiano – *Campus* - Rio Verde, GO. Foram obtidas plantas de soja da cultivar Anta 82, semiprecoce, hábito de crescimento indeterminado, cultivadas em vasos de 15 kg. Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente, em que: No experimento I, foi utilizado um delineamento de blocos ao acaso, sendo: dois fitorreguladores, cinetina (CIN) e ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) nas doses de 0; 0,5; 1,0 e 1,5 g ha<sup>-1</sup> e a combinação das doses de CIN e GA<sub>3</sub>, tendo por finalidade a seleção de um controle positivo para avaliação do experimento II. No segundo experimento o delineamento foi em blocos ao acaso, e foram utilizados dois controles: controle absoluto e controle positivo; três fontes alternativas de bioestimuladores 1) extrato de *Gracilaria birdae*; 2) Produto comercial (PC01); 3)

Produto comercial (PC02), nas doses de 0,3 e 0,6 L ha<sup>-1</sup>. Para ambos experimentos as aplicações foram realizadas durante o estágio V4 das plantas de soja, uma única vez. Foram avaliadas as trocas gasosas, o teor de clorofila, bem como, as características biométricas e componentes de produção. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de médias Scott-knott no experimento I, e Dunett no experimento II, a 5% probabilidade. Mediante os resultados obtidos pode se concluir que: no experimento I o fitorregulador que proporcionou maior número de resultados positivos no crescimento e desenvolvimento de plantas de soja foi CIN a 0,5 L ha<sup>-1</sup> que se tornou controle positivo para avaliação do experimento II. No segundo experimento se observou que o extrato de alga marinha *G. birdiae*, e PC01 estimulam o crescimento de plantas de *Glycine max* (L.) Merrill. Assim como o PC01 é utilizado comercialmente como bioestimulador, o extrato de alga marinha *G. birdiae*, possui potencial de uso como bioestimulador de crescimento de plantas de *Glycine max* (L.) Merrill.

**Palavras chaves:** algas marinhas, cinetina, ácido giberélico, *Gracilaria Birdiae*, *Glycine max*, *Ascophyllum nodosum*.

## ABSTRACT:

VITORINO, Ricardo F. MSc., Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, June, 2014. **Physiology and biometric characteristic of the soybean plant with phyto and bio regulators.** Advisor: DSc. Alan Carlos Costa. Co-advisors: DSc<sup>a</sup>. Clarice Aparecida Megguer and DSc. Edson Luiz Souchie.

Brasil is the second largest producer of soybean in the world, however the production of grain per unit of area is low. A tool to improve the productivity in crops is the use of phyto regulators. The use of seaweed as natural source of phytohormones is considered of low cost and high relevance. Thus, the objective of this study was to evaluate the use of biostimulators and biometrics characteristics of soybean crop (*Glycine max* (L.) Merrill). The experiment was carried out in Greenhouse of the Ecophysiology and plant productivity laboratory of the Goiano Federal Institute – Campus - Rio Verde, GO. Soybean cultivar Anta 82, semi early, indeterminate growth habit, were obtained and grown in pots of 15 Kg. Two experiments were carried out simultaneously, where: in the experiment I, was used the randomized block design, being: two phyto regulators, kinetin (KIN) and gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) in doses of 0; 0.5; 1.0 e 1.5 g ha<sup>-1</sup> and the combination of doses de KIN and GA<sub>3</sub>, aiming at the selection of a positive control for the experiment I. In the second experiment the design was a randomized block, where two controls were used: absolute and positive control, and more three alternative sources of phyto regulators: 1) extract of *Gracilaria birdae*; 2) Commercial product 01 (PC01); 3) Commercial product 02 (PC02), in the doses of 0,3 and 0,6 L ha<sup>-1</sup>. For both experiments the application were accomplished during the stadium V4 of the plants, only once. Gas exchange, chlorophyll content, as well as



biometric characteristic and yield components were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and mean test of Scott-knott, in experiment I, and Dunett in experiment II, at 5% probability. Considering the results obtained it can be concluded that: in the first experiment the phytohormone that provided larger number of positive results in the growth and development of soybeans plants was KIN 0,5 L ha<sup>-1</sup>, which became a positive control in the experiment II. In the second experiment it was observed that the extract of seaweed *G. birdiae*, and PC01 stimulate the growth of plants *Glycine max* (L.) Merrill. As PC01 is used commercially as bioestimulator, the extract of seaweed has potential for use as biostimulator of growth plants of the *Glycine max* (L.) Merrill.

**Key words:** seaweed, cytokinin, kinetin, gibberellic acid, *Gracilaria birdiae*, *Ascophyllum nodosum*.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em 2013, foi de 267,5 milhões de toneladas, contra a demanda de 96,7% desta oleaginosa, que limitou o volume dos estoques a menores patamares registrados nos últimos anos. Previsões em 2014 mostram excedente de 5,8% previsto da produção mundial, ao término do ano, o que é insuficiente para composição dos estoques (CONAB, 2014). Além disso, caso ocorra condições climáticas desfavoráveis à cultura da soja, o quadro se agravará.

O Brasil contribui com 85,4 milhões de toneladas, 29,9% da produção mundial, em área de 29,8 milhões de hectares. Que lhe conferiu o título de segundo maior produtor mundial de soja. Mesmo com esses resultados de produção, a produtividade média nacional ainda é baixa, em média 2.867 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014), quando comparado as maiores produtividades obtidas em experimentos. As maiores produtividades já obtidas em experimentos se situam em torno de 6000 a 7000 kg ha<sup>-1</sup> (Informações Agronômicas, 2003).

As maiores produtividades são obtida mediante ao conjunto de práticas culturais que visam adequar a cultura da soja ao ambiente. Uma das práticas culturais que poderia ser utilizada para melhorar o desempenho da cultura da soja é a aplicação de fitohormônios. Dentre estes, alguns estudos indicam como promissores as auxinas, as citocininas (CKs) e as giberelinas (GAs) (CAMPOS et al., 2010; SOUSA et al., 2010; ZALABÁK et al., 2013).

As GAs se caracterizam por promover o crescimento longitudinal do caule de diversas espécies, atuando tanto no alongamento, como na divisão celular, com conseqüente crescimento das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013). Além de outros efeitos, as GAs também promovem desenvolvimento de flores e frutos (VICHATO et al., 2007). Entre as giberelinas, a mais utilizada comercialmente, na manipulação das

características de caule e flores das plantas, é o ácido giberélico ( $GA_3$ ) (ORI, 2007; SOUSA et al., 2010; TAIZ e ZEIGER, 2013;).

Outro fitohormônio também utilizado via foliar, associado ou não, a nutrientes são as CKs, visando o aumento da produtividade da soja (BERTOLIN et al., 2010; PASSOS et al., 2008). Nesta leguminosa, elevado número de flores e de vagens jovens é abortado naturalmente, que contribui negativamente na produtividade (NONOKAWA et al., 2007). Níveis de CKs mais elevados podem diminuir o abortamento de flores e vagens posicionadas na porção mediana ou distal do racemo (NONOKAWA et al., 2012).

O aumento no teor de CKs, antes do início da senescência, também está associado à longevidade da folha e ao aumento da capacidade fotossintética, mesmo sob condições de estresse hídrico (NISHIYAMA et al., 2012). A aplicação de CKs modifica a dominância apical e promove o crescimento das gemas laterais (CAMPO et al., 2009), mantendo por mais tempo o teor de clorofila em plantas de soja (RODRIGUES et al., 2008). Além disso, citocininas exógenas podem amenizar os efeitos do déficit hídrico em plantas, contribuindo na regulação da abertura estomática, taxa fotossintética e taxa transpiratória, com efeito antagônico ao ácido abscísico (POSPISILOVA et al., 2005). Os níveis de citocininas em plantas podem ser aumentados mediante a aplicação de fitorreguladores, ou ainda, de bioestimuladores que sejam fontes naturais destes fitohormônios. O uso de bioestimuladores em soja pode promover incrementos de produtividade desde que não ocorra desequilíbrio endógeno dos fitohormônios (ALBRECHT et al. 2012).

As algas marinhas são consideradas bioestimuladores e podem constituir em alternativa como fonte natural de citocininas e outras substâncias para as culturas como auxina e nutrientes. Além disso, a utilização de algas na agricultura pode ser considerada prática de baixo impacto ambiental, em função dos compostos serem biodegradáveis, não tóxicos, não poluentes, sem riscos para humanos e fauna silvestre (DHARGALKAR e PEREIRA, 2005). Outro aspecto relevante, é que o uso de fontes naturais como bioestimuladores é economicamente viável ao contrário da utilização comercial, em larga escala, de fitorreguladores.

As algas marinhas podem ter diversas aplicações, desde a indústria alimentícia à farmacêutica (PELLIZARI e REIS, 2011). Isto contribui para demanda crescente de matéria-prima. O cultivo de algas marinhas em sistemas apropriados é alternativa para garantir o fornecimento desta matéria prima para o mercado nacional e

consequentemente melhorar a situação socioeconômica da comunidade local litorânea (PELLIZARI e REIS, 2011).

O Brasil tem litoral com vários locais adequados para produção de algas. Apesar da relevância econômica e social, o país não tem tradição de utilizar algas como matéria-prima para a indústria. Consequentemente, a exploração de algas é ainda incipiente, e possui um alto potencial de expansão (PELLIZARI e REIS, 2011).

A exploração industrial de algas como fonte de matéria-prima está relacionada à capacidade desses organismos de sintetizarem compostos biologicamente ativos. As algas vivem em ambientes com várias interações biológicas e condições abióticas extremas para sua sobrevivência. Portanto, desenvolveram estratégias de defesa resultando na produção de grande número de compostos químicos (YOKOYA, 2010). Estudos da análise do perfil de hormônios em algas vermelhas, incluindo espécies dos gêneros *Chondracanthus*, *Hypnea*, *Gelidium*, *Gracilaria*, *Porphyra*, evidenciaram que as CKs, auxinas e ácido abscísico são constituintes comuns em todas as espécies analisadas (YOKOYA, 2010).

O aumento da produtividade em culturas agrícolas, pela aplicação de extrato de algas, foi atribuído à presença de CKs nestas (ZODAPE et al., 2011). Logo, existem produtos à base de extratos de macroalgas, principalmente de algas pardas, que são utilizados comercialmente como bioestimulante para aumentar a produção agrícola (STIRK et al., 2003).

No presente estudo, investigou-se a hipótese de que fontes alternativas de biorreguladores, como os extratos de algas marinhas e produtos comerciais, podem contribuir para o aumento das estruturas vegetativas e reprodutivas de plantas de soja, com o consequente aumento dos componentes de produção. Portanto, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de bioestimuladores nas características fisiológicas, biométricas e componentes de produção de plantas de *Glycine max* (L.) Merrill.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Condições experimentais**

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação climatizada, do Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal, do Instituto Federal Goiano –

*Campus* Rio Verde, GO. A cidade de Rio Verde está situada na região Centro-Oeste, em altitude média de 750 m, latitude 17°48'20.9"S e longitude 050°54'17.7"W.

Plantas de *Glycine max* (L.) Merrill (soja), cultivar Anta 82RR, semiprecoce, hábito de crescimento indeterminado, foram cultivadas em vasos contendo 15 kg de substrato. O substrato foi preparado com duas partes de solo Latossolo distroférrico, e uma parte de areia. Com base na análise química, o substrato utilizado possuía as seguintes características: pH H<sub>2</sub>O – 6,3; P – 0,7 mg dm<sup>-3</sup>; K – 8 mg dm<sup>-3</sup>; Ca 1,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al – 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al – 0,66 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB – 1,42 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTCe – 1,42 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC – 2,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V – 68%; M.O. 1,1 %; Zn – 1,3 mg dm<sup>-3</sup>; Fe – 54,9 mg dm<sup>-3</sup>; Mn – 12,8 mg dm<sup>-3</sup>; Cu – 0,7 mg dm<sup>-3</sup>.

A correção do solo foi de acordo com Souza e Lobato (2004). A cada vaso de 15 kg de substrato foram adicionados: calcário dolomítico 5,35 g (38% CaO e 12 % MgO); sulfato de magnésio 3,64 g (9 % Mg e 12 % S); super fosfato simples 15,42 g (18 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 20 % Ca e 12 % S); cloreto de potássio 3,0 g (60% K<sub>2</sub>O); sulfato de cobre 50 mg (13 % Cu e 16 % S); sulfato de zinco 75 mg (20 % Zn e 16 % S); ácido bórico 75 mg (17 % B).

A semeadura ocorreu na data de 01 de outubro de 2013, com sementes de soja tratadas com Standak top<sup>®</sup> (BASF S.A., São Paulo, SP, Brasil) na dose de 100 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes e inoculante *Bradyrhizobium japonicum* na concentração 5.10<sup>9</sup> ufc mL<sup>-1</sup>, nas doses de 240 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes e cobalto 1,0 g mais molibdênio 0,1 g 100 kg<sup>-1</sup> de sementes. Em cada vaso foram mantidas, após germinação, três plantas de soja.

## 2.2 Experimento I

Neste experimento o objetivo foi avaliar o efeito dos fitorreguladores CIN e GA<sub>3</sub> nas características fisiológicas crescimento e desenvolvimento de plantas de soja, de modo a obter controle positivo, como forma de referência para avaliação dos efeitos promovidos pelos bioestimuladores em plantas de soja no experimento II. Elegendo como controle positivo o tratamento que obteve maior número de resultados positivos para o crescimento e desenvolvimento de plantas de soja.

### 2.2.1 Tratamentos

Os tratamentos foram os fitorreguladores CIN e GA<sub>3</sub> nas doses isoladas 0; 0,5; 1,0 e 1,5 g ha<sup>-1</sup> e em mistura de CIN + GA<sub>3</sub> nas doses 0,5 + 0,5; 0,5 + 1,0; 0,5+1,5; 1,0+0,5; 1,0+1,0; 1,0+1,5; 1,5+0,5; 1,5+1,0; 1,5+1,5 g ha<sup>-1</sup> totalizando 16 tratamentos.

### 2.2.2 Imposição dos tratamentos e tratos culturais

A aplicação dos fitorreguladores (FR) foi realizada uma única vez nas plantas de soja, no estágio de desenvolvimento V4. Para a pulverização das plantas foi utilizado recipiente dotado com sistema de pressão manual do tipo spray de bico cônico com capacidade de volume de 10 mL. Uma alíquota de 1,35 mL, para cada uma das concentrações dos FR, foi aplicada em cada unidade experimental (vaso com três plantas e soja). Objetivando evitar contaminações das unidades experimentais por meio da deriva, as aplicações ocorreram em ambiente protegido por meio de um cilindro construído com estrutura metálica e lona, com diâmetro de 50 cm e altura de 100 cm.

Durante a condução do experimento foram realizados os tratos culturais e o manejo fitossanitário da cultura. O controle de plantas daninhas ocorreu pelo método manual. Já no controle de pragas foi adotado o método manual e químico. Como método químico, foi realizada a aplicação aos 45 dias, do inseticida Nuprid 700 WG® (Nufarm indústria química e farmacêutica, Maracanaú, CE, Brasil), na dose de 100 g ha<sup>-1</sup>; do fungicida Approach prima® (Dupont do Brasil S.A., Barueri, SP, Brasil) na dose de 300 mL ha<sup>-1</sup>; e do acaricida Abamex® (Nufarm indústria química e farmacêutica, Maracanaú, CE, Brasil) na dose de 500 mL ha<sup>-1</sup>. Aos 55 dias foi aplicado 1,0 Kg ha<sup>-1</sup> de Cercobim® (Iharabrás S.A. indústrias químicas, Sorocaba, SP, Brasil) para o controle de Oídio *Microsphaera diffusa* Cke. & Pk.

### 2.2.3 Avaliações

Durante o período experimental, foram realizadas as avaliações das trocas gasosas e da concentração de clorofilas, aos 46, 53 e 60 dias após o plantio (DAP). Aos 60 DAP, foram realizadas as avaliações biométricas mediante determinação do número de galhos, folhas, flores, vagens, nós, e ainda, da área foliar, do comprimento de entrenós, altura das plantas, massa seca do caule, folhas, flores e vagens e massa seca total da parte aérea. O detalhamento da metodologia utilizada nas avaliações está apresentado no item 2.5.

## 2.2.4 Desenho experimental e análise estatística

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de análise de variância e ao teste de médias Scott-Knott, a 5% de probabilidade, por meio do Sistema de Análises Estatísticas Gerais (SAEG versão 9.0).

## 2.3 Experimento II

Objetivou-se avaliar o efeito dos bioestimuladores nas mesmas características do experimento anterior.

### 2.3.1 Tratamentos

Os tratamentos foram T1 - controle absoluto (Spray de água natural), T2 - controle positivo (FR do experimento I) e três biorreguladores, sendo: T3 e T4 - extrato de *Gracilaria birdae* Palastino & E. C. Oliveira; nas doses 0,3 e 0,6 L ha<sup>-1</sup>; T5 e T6 - Produto comercial 1 (extrato de alga fresca de *Ascophyllum nodosum*) nas doses 0,3 e 0,6 L ha<sup>-1</sup>; E por último T7 e T8 - Produto comercial 2 (0,005% de GA<sub>3</sub>; 0,009% cinetina; 0,005% de AIB), nas doses de 0,3 e 0,6 L ha<sup>-1</sup>. **Obtenção dos bioestimuladores**

#### a) Extrato de *Gracilaria birdae* Palastino & E. C. Oliveira

Amostras frescas e desidratadas de *G. birdae* foram doadas pelo Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade de Federal do Rio Grande do Norte. A obtenção do extrato, a partir destas amostras, foi realizado mediante a adaptação da metodologia proposta por Eswaran et al. (2005). As amostras desidratadas foram trituradas em moinho de faca tipo Wyllie (Modelo TE – 650, Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil) em peneira 20 e 10 mesh, até que atingisse caráter de pó. Na sequência, amostras do material foram reidratadas obtendo a solução aquosa 12,5% (pv). O material hidratado foi mantido em repouso na temperatura de 10 °C por 24 horas. Na sequência o material foi filtrado sobre pressão manual em tecido feltro. O filtrado foi

reservado e considerado como extrato de *G. birdae* concentrado. O resíduo retido no filtro foi descartado.

**b) Produto comercial 01 (extrato de alga fresca de *Ascophyllum nodosum* )**

O produto comercial 01 (PC 01) extrato de alga fresca de *Ascophyllum nodosum* foi obtido no comércio nacional em embalagem de 5 L. A composição do produto é a mistura heterogênea de óxido de potássio ( $61,48 \text{ g L}^{-1}$ ), agente complexante ácido cítrico (0,5%) e alga fresca *A. nodosum*, com carbono orgânico total em  $69,60 \text{ g L}^{-1}$ ; pH 8,0; densidade  $1,16 \text{ g mL}^{-1}$ . Segundo Silva (2011), a alga fresca de *A. nodosum* possui aminoácidos como alanina, ácido aspartático e glutâmico, glicina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, triptofano e valina; carboidratos e concentrações importantes de nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Zn. Também possuem os fitohormônios auxina, giberelina, citocinina, ácido abscísico.

**c) Produto comercial 2 (0,005% de  $\text{GA}_3$ ; 0,009% cinetina; 0,005% de AIB)**

O produto comercial 2 [PC 02] (0,005% de  $\text{GA}_3$ ; 0,009% cinetina; 0,005% de AIB) foi adquirido em comércio local. É composto por três reguladores vegetais nas seguintes concentrações: 0,005% do ácido indolbutírico (análogo de auxina), 0,009% de cinetina (CKs) e 0,005% de ácido giberélico -  $\text{GA}_3$  (GA).

### **2.3.3 Imposição dos tratamentos e tratos culturais**

A aplicação dos tratamentos foi realizada uma única vez nas plantas de soja, no estádio de desenvolvimento V4. Para a pulverização das plantas foi utilizado um recipiente dotado com sistema de pressão manual do tipo spray de bico cônico com capacidade de volume de 10 mL. Uma alíquota de 1,35 mL, para cada uma das concentrações dos FR, foi aplicada em cada unidade experimental (vaso com três plantas e soja). Objetivando evitar contaminações das unidades experimentais por meio da deriva, as aplicações ocorreram em ambiente protegido por meio de um cilindro construído com estrutura metálica e lona, com diâmetro de 50 cm e altura de 100 cm.

Durante a condução do experimento foram realizados os tratos culturais e o manejo fitossanitário da cultura. O controle de plantas daninhas ocorreu pelo método



manual. Já no controle de pragas foi adotado o método manual quanto o químico. Como método químico, foi realizada a aplicação aos 45 dias, do inseticida Nuprid 700 WG® (Nufarm indústria química e farmacêutica, Maracanaú, CE, Brasil), na dose de  $100 \text{ g ha}^{-1}$ ; do fungicida Aproach prima® (Dupont do Brasil S.A., Barueri, SP, Brasil) na dose de  $300 \text{ mL ha}^{-1}$ ; e do acaricida Abamex® (Nufarm indústria química e farmacêutica, Maracanaú, CE, Brasil) na dose de  $500 \text{ mL ha}^{-1}$ . Aos 55 dias foi aplicado  $1,0 \text{ Kg ha}^{-1}$  de Cercobim® (Iharabrás S.A. indústrias químicas, Sorocaba, SP, Brasil) para o controle de Oídio *Microsphaera diffusa* Cke. & Pk.

#### **2.3.4 Avaliações**

Durante o período experimental, foram realizadas as avaliações das trocas gasosas e da concentração de clorofilas, aos 46, 53 e 60 dias após o plantio (DAP). Os dados utilizados foram os valores médios das três avaliações para cada tratamento. Aos 60 DAP, foram realizadas as avaliações biométricas mediante determinação do número de galhos, folhas, flores, vagens, nós, e ainda, da área foliar, do comprimento de entrenós, altura das plantas, massa seca do caule, folhas, flores e vagens e massa seca total da parte aérea. O detalhamento da metodologia utilizada nas avaliações é apresentado no item 2.5.

#### **2.3.5 Desenho experimental e análises estatísticas**

O experimento 2 foi realizado em delineamento de blocos ao acaso, em quatro repetições e 7 tratamentos. As médias dos tratamentos obtidas no Experimento II foram contrastadas tanto com o tratamento controle do próprio experimento, e também com o tratamento CIN ( $0,5 \text{ g ha}^{-1}$ ) que nesse caso, foi selecionado como controle positivo. O referido tratamento foi selecionado após análise dos dados do Experimento I, como aquele que exerceu melhor efeito nas características avaliadas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de médias Dunett a 5% de probabilidade, por meio do Sistema de Análises Estatísticas Gerais (SAEG versão 9.0). Letras Maiúsculas obtidas pelo teste de médias têm por comparação o controle absoluto (T1). Letras Minúsculas obtidas pelo teste de médias têm por comparação o controle positivo (T2).

## 2.4 Detalhamento das avaliações

### 2.4.1 Avaliações Fisiológicas

#### d) Avaliações das trocas gasosas

As trocas gasosas das plantas foram avaliadas para registro das taxas fotossintética ( $A$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e transpiratória ( $E$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), da condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), e da relação entre a concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ). Estas avaliações foram realizadas utilizando medidor portátil de fotossíntese LI-6400 (Li-Cor Inc., Nebraska, USA), com temperatura do bloco de  $24^\circ\text{C}$  e densidade de fluxo de fótons igual a  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , sempre numa mesma área e em uma folha completamente expandida.

#### e) Avaliações do teor de clorofilas

A concentração de clorofila foi avaliada utilizando medidor portátil, ClorofiLOG1030<sup>®</sup> (Falker<sup>®</sup>, Porto Alegre, Brasil), sendo obtido o teor de clorofila  $a$ , clorofila  $b$  e clorofila total, expressos no índice Clorofilog.

### 2.4.2 Avaliações biométricas

Uma planta em cada unidade experimental, ao 60 DAP, quando a maioria das plantas se encontravam na fase de desenvolvimento R2, foi utilizada para realização das medidas biométricas do crescimento, para registro das seguintes características:

a) Altura de planta – obtida por meio da medida da distância entre o coleto da planta e o ápice da haste principal;

b) Número de folhas, nós, flores, vagens, galhos – obtida pela contagem simples destas estruturas na fase de floração plena;

c) Comprimento médio dos entrenós – obtido pela razão entre a altura da planta e o número de nós.

d) Área foliar – determinada em folhas destacadas, mediante a utilização do medidor de área foliar de bancada, Modelo CI-202 (CID, Bio Science Inc., Camas, WA, USA).

e) Massa seca da parte aérea (MSPA), das folhas (MSF), das flores (MSFR) e das vagens (MSV) – obtida em g planta<sup>-1</sup>, mediante pesagem em balança digital analítica, modelo AW 220 (Shimadzu® do Brasil, São Paulo Brasil) após secagem em estufa com circulação de ar forçado e renovação de ar, modelo MA035/1152 (Marconi Inc., Piracicaba, Brasil) até peso constante.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 EXPERIMENTO I**

##### **3.1.1 Efeito de fitorreguladores no crescimento e desenvolvimento de plantas de soja.**

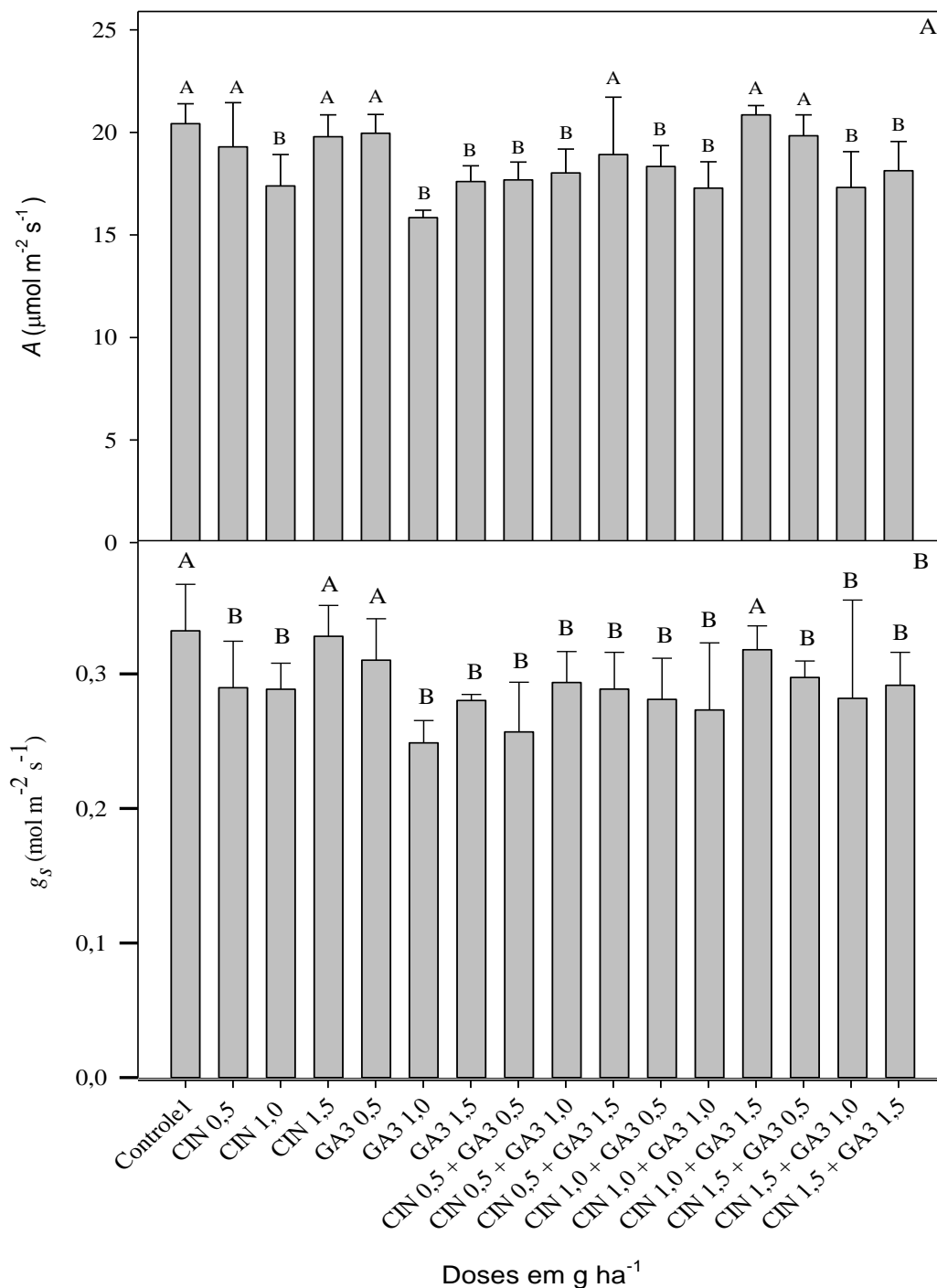
##### **3.1.2 Análises fisiológicas**

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com fitorreguladores, para as características das trocas gasosas nas plantas de soja, com exceção da concentração interna e externa de CO<sub>2</sub> (*Ci/Ca*) e Transpiração (*E*) (Figura 1 e Tabela 1). As maiores taxas fotossintéticas (*A*), assim como, da condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), observadas nos tratamentos, não diferiram das plantas controle (Figura 1 A e B). No entanto, na maioria dos tratamentos, foi observado redução dos valores das características avaliadas em função dos tratamentos (Figura 1 A e B). Em média, essa redução foi baixa, não sendo superior a 14% para a *A*, de 15 %, para a *g<sub>s</sub>*. Já a *Ci/Ca* e *E* se manteve invariável entre os tratamentos (Tabela 1).

Não foi observada a relação específica, seja do fitorregulador ou da dose utilizada, em relação à diminuição das características das trocas gasosas nas plantas deste estudo, sugerindo que o comportamento observado foi aleatório (Figura 1).

Em estudo realizado com plantas de trigo em diferentes doses de CKs e concentrações de CO<sub>2</sub>, foi observado que as concentrações de CK não promoveram alterações na *A*, *E*, *g<sub>s</sub>*, *CiCa* (Gutuiérrez,2013).

Semelhantemente aos resultados observados na *Ci/Ca*, também não foram observadas alterações significativas na concentração de Clorofila *a*, Clorofila *b* e Clorofila total (Tabela 1).



**Figura 1** – Taxa fotossintética (A) [A], Condutância estomática ( $g_s$ ) [B] de plantas de soja submetidas a diferentes doses de CIN e GA<sub>3</sub> (g ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos (g ha <sup>-1</sup> )	* E (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	* CICA	* Clorofila a	* Clorofila b	* Clorofila Total
Controle	2,12	0,69	292	80	372
CIN 0,5	1,88	0,65	296	82	378
CIN 1,0	1,98	0,70	294	80	374
CIN 1,5	2,11	0,69	294	81	375
GA <sub>3</sub> 0,5	2,06	0,66	297	89	386
GA <sub>3</sub> 1,0	1,77	0,67	293	80	373
GA <sub>3</sub> 1,5	1,97	0,68	291	80	371
CIN 0,5 + GA <sub>3</sub> 0,5	1,88	0,65	297	83	380
CIN 0,5 + GA <sub>3</sub> 1,0	2,04	0,70	297	83	380
CIN 0,5 + GA <sub>3</sub> 1,5	1,97	0,66	290	82	372
CIN 1,0 + GA <sub>3</sub> 0,5	1,99	0,67	287	75	362
CIN 1,0 + GA <sub>3</sub> 1,0	1,89	0,67	287	77	364
CIN 1,0 + GA <sub>3</sub> 1,5	2,09	0,67	291	85	376
CIN 1,5 + GA <sub>3</sub> 0,5	2,00	0,66	286	73	359
CIN 1,5 + GA <sub>3</sub> 1,0	2,06	0,68	291	79	370
CIN 1,5 + GA <sub>3</sub> 1,5	1,99	0,69	280	75	355

**Tabela 1:** Transpiração (*E*), Concentrações de CO<sub>2</sub> (*CiCa*), Teores de clorofila a, b e Total (índice Clorofilog). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

\* Dados sem diferença estatística.

### 3.1.3 Análises Biométricas

Foram observados aumento em várias medidas biométricas das plantas de soja em função dos diferentes tratamentos com o balanço de fitorreguladores.

Não foi observado aumento na área foliar das plantas de soja tratadas com fitorreguladores, sendo inclusive observado, uma redução de até 16 % na maioria dos tratamentos (Figura 4).

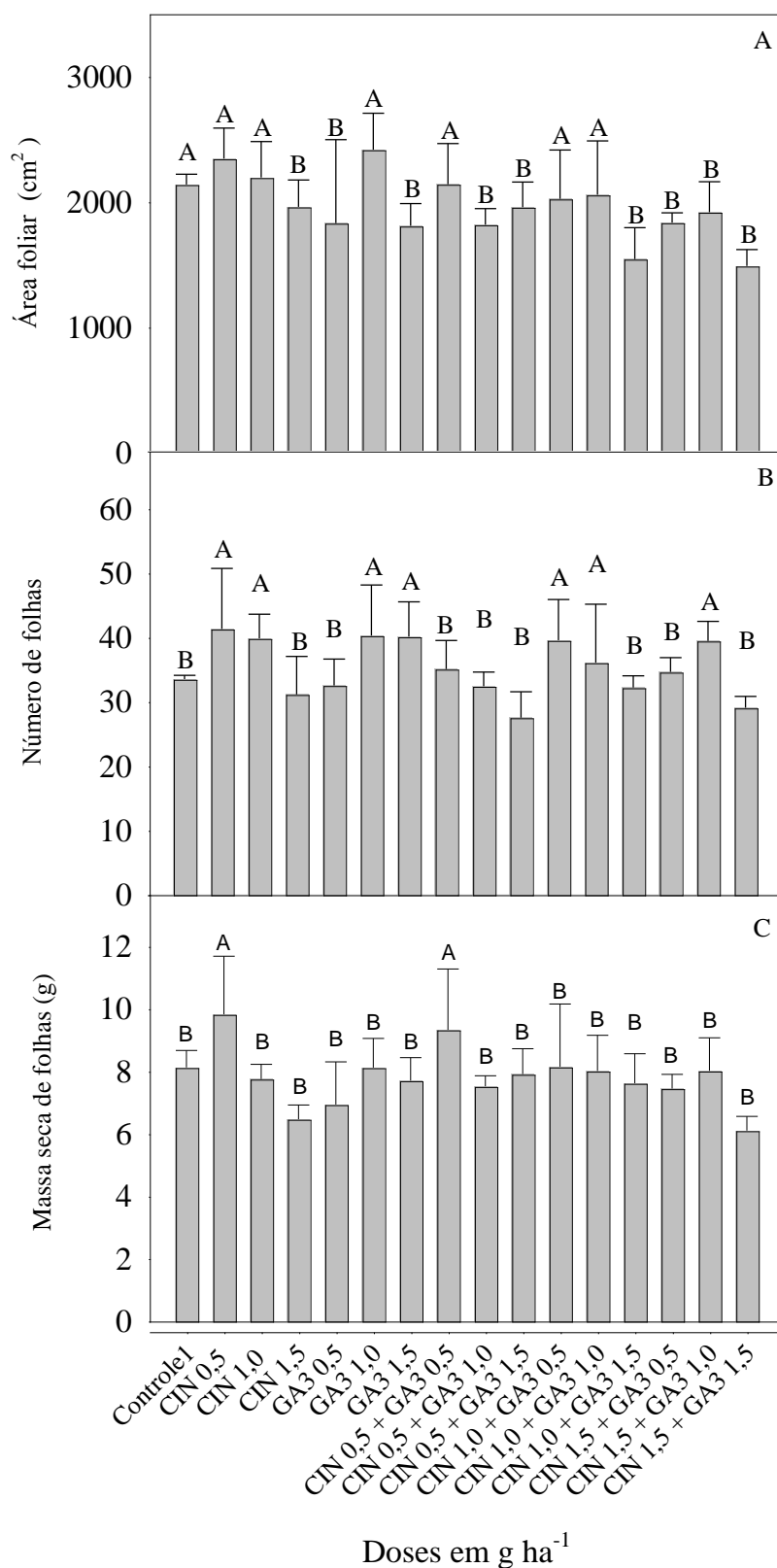
O número de folhas foi aumentado em doses baixas de CIN e doses altas GA<sub>3</sub> em média de 18%. No entanto, quando aplicados em conjunto, foram observados efeitos aleatórios do balanço de fitorreguladores, em que, nem sempre, foi mantido o efeito positivo observado, quando utilizado um dos fitorreguladores de forma isolada (Figura 4B).

A massa seca de folhas (MSF) também foi aumentada, em até 18%, na menor concentração de CIN avaliada (0,5 g ha<sup>-1</sup>), assim como, na combinação desta dose de CIN com 0,5 g ha<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>. Nos demais tratamentos não foram observadas variações na massa seca de folhas (Figura 4C).

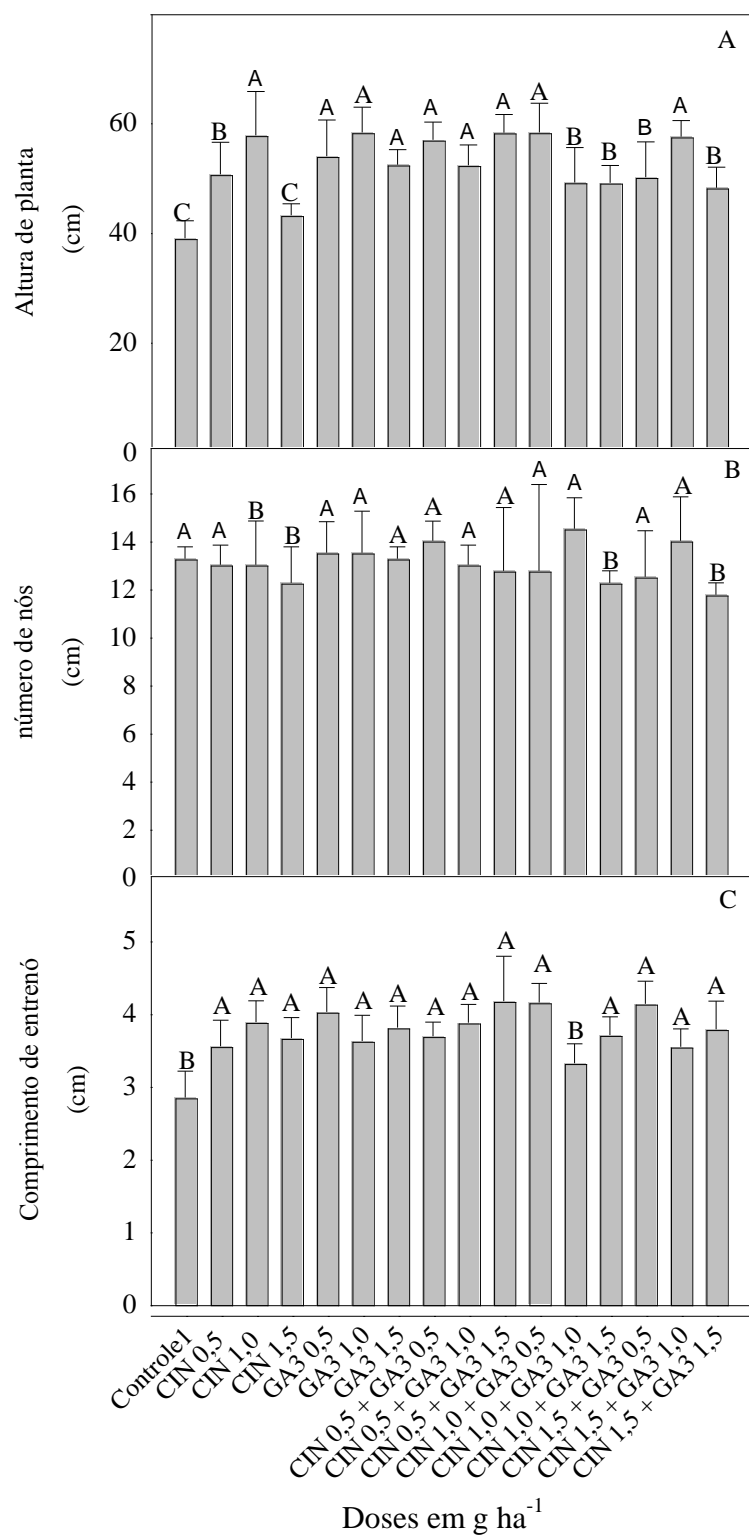
De modo geral, praticamente todos os tratamentos com fitorreguladores promoveram aumento de até 44% na altura das plantas de soja, com exceção do tratamento com 1,5 g ha<sup>-1</sup> de CIN. Os efeitos mais pronunciados foram observados sobretudo, quando a GA<sub>3</sub> foi utilizada de forma isolada. (Figura 5A).

De modo geral não foi observado aumento no número de nós nas plantas tratadas com fitorreguladores, sendo inclusive observado, de forma aleatória nos tratamentos, a redução em torno de 11% em relação ao controle, sobretudo em tratamentos com doses de CIN superiores a 1,0 g ha<sup>-1</sup>. (Figura 5B).

Foi observado aumento no comprimento de entrenó em todos os tratamentos com fitorreguladores, com exceção da combinação de 1 g ha<sup>-1</sup> de CIN e GA<sub>3</sub>. Em média esse o aumento observado foi de 34,5 % (Figura 5C).

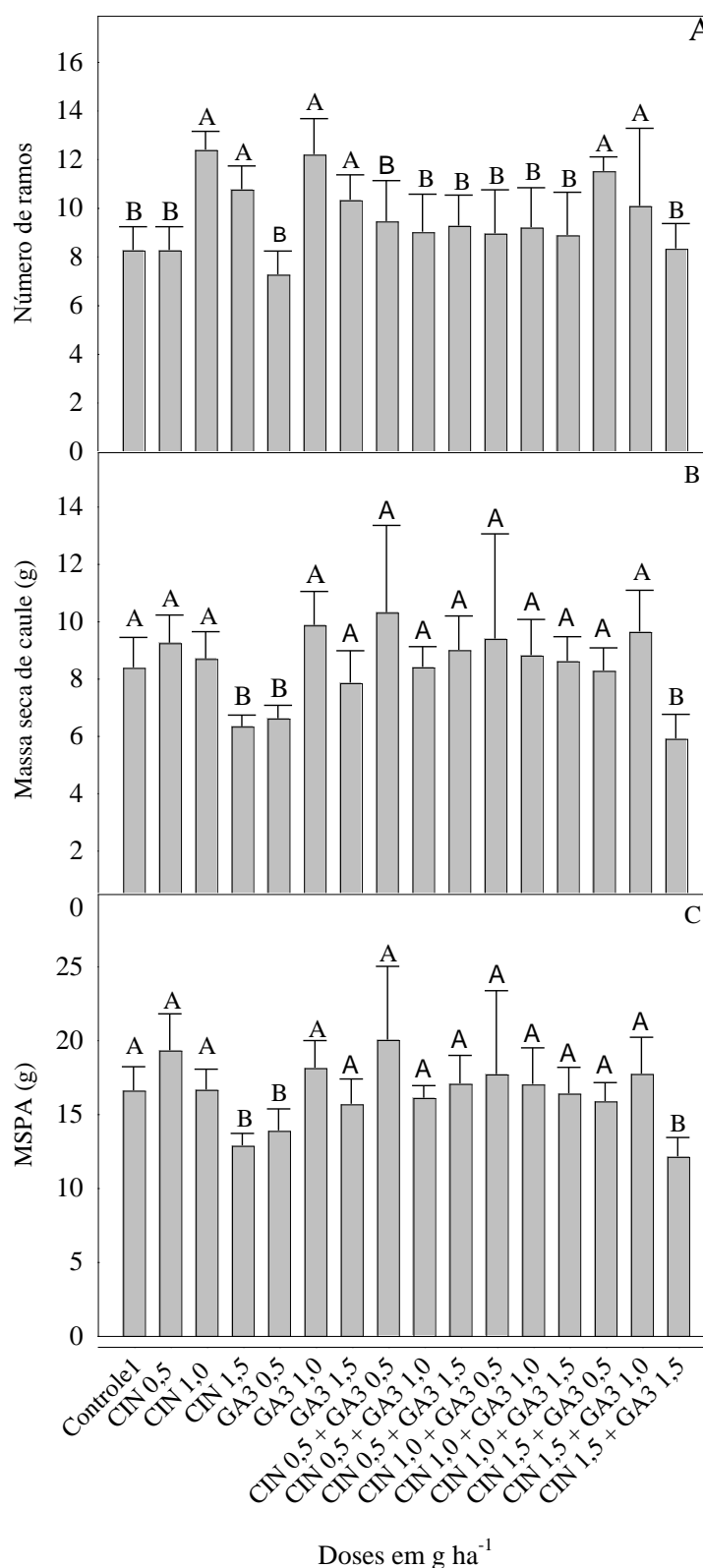


**Figura 2** – Área foliar total (A), número de folhas (B), massa seca de folhas (C), em condições de diferentes doses de CIN e GA<sub>3</sub> (g ha<sup>-1</sup>) em plantas de soja. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



**Figura 3** – Altura de planta (A), número de nós (B), comprimento de entrenó (C) de plantas de soja submetidas a diferentes doses de CIN e GA<sub>3</sub> (g ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.





**Figura 4** – Número de galhos (A), massa seca de caule (MSC) [B], massa seca de parte aérea (MSPA) [C] de plantas de soja submetidas a diferentes doses de CIN e GA<sub>3</sub> (g ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O número de ramificação aumentou em média 35,5% nas maiores doses de CIN e GA<sub>3</sub> isolados, ou combinados na menor dose (0,5 g ha<sup>-1</sup>). Os demais tratamentos não promoveram efeitos nesta característica (Figura 6A).

A matéria seca do caule (MSC) e a matéria seca da parte aérea (MSPA) tiveram comportamento semelhante, não sendo observado aumento nestas características na grande maioria dos tratamentos com fitorreguladores. A exceção foi observada na maior dose de CIN, isolada ou em dupla com a maior de GA<sub>3</sub>, e ainda, na menor dose de GA<sub>3</sub>, em que a MSC (Figura 6B) e a MSPA (Figura 6C), diminuíram em média 23%.

O diâmetro do coleto não foi aumentado com o tratamento de fitorreguladores. Também de forma aleatória, em vários tratamentos foi observada a diminuição do DC, tanto em tratamentos com GA<sub>3</sub>, quanto com CIN, independente da dose utilizada (Tabela 1)

A cinetina isolada, em doses menores que 1 g ha<sup>-1</sup>, ou combinada com 0,5 g ha<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>, promoveu aumento do número de folhas das plantas de soja. Este aumento foi superior a 35% (Tabela 1).

A MSFI obteve comportamento semelhante. No entanto, somente quatro tratamentos não contribuíram positivamente para o aumento desta característica. De maneira que, Kin na maior dose e GA<sub>3</sub> na menor dose, e suas misturas quando a somatória da concentração foi 2,5 g ha<sup>-1</sup> não produziram efeitos. Os tratamentos restantes contribuíram de maneira positiva para o aumento da MSFI. Destaque para CIN em suas menores doses, que proporcionou mais do que o dobro do peso desta característica, (tabela 1). Pode-se inferir que esse aumento pode estar relacionado à maior força de dreno, em fixar carboidratos e nutrientes em suas estruturas. Tanto CIN como GA<sub>3</sub> aumentou a força dos drenos e estimularam seu desenvolvimento. (TAIZ E ZEIGER, 2013).

Tratamentos (g ha <sup>-1</sup> )	DC	MSFI	Nº. Flores
Controle	0,98 A	0,085 C	58,1250 B
CIN 0,5	1,02 A	0,203 A	87,1875 A
CIN 1,0	0,85 B	0,162 A	78,5625 A
CIN 1,5	0,76 B	0,070 C	49,6875 B
GA <sub>3</sub> 0,5	0,85 B	0,067 C	52,8750 B
GA <sub>3</sub> 1,0	0,86 B	0,123 B	56,3125 B
GA <sub>3</sub> 1,5	0,91 A	0,104 B	56,9375 B
CIN 0,5 + GA <sub>3</sub> 0,5	1,00 A	0,130 B	57,4375 B
CIN 0,5 + GA <sub>3</sub> 1,0	0,96 A	0,123 B	57,8750 B
CIN 0,5 + GA <sub>3</sub> 1,5	0,86 B	0,113 B	53,5000 B
CIN 1,0 + GA <sub>3</sub> 0,5	0,97 A	0,113 B	70,7500 A
CIN 1,0 + GA <sub>3</sub> 1,0	0,96 A	0,128 B	60,0000 B
CIN 1,0 + GA <sub>3</sub> 1,5	0,85 B	0,086 C	55,6875 B
CIN 1,5 + GA <sub>3</sub> 0,5	0,90 A	0,124 B	62,4375 B
CIN 1,5 + GA <sub>3</sub> 1,0	0,99 A	0,066 C	41,9375 B
CIN 1,5 + GA <sub>3</sub> 1,5	0,76 B	0,110 B	57,0625 B

**Tabela 2:** Características biométricas: diâmetro do coleto (DC), massa seca de flor (MSFI), Número de flores (Nº de Flores), sob diferentes doses de CIN e GA<sub>3</sub> (g ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

\*Dados sem diferença estatística.

A redução da área foliar, número de nós, MSC, MSPA, DC, como o aumento do número de folhas, ramos, flores MSF, MSFL altura de plantas, comprimento entrenó, ocorreu em virtude dos efeitos isolados ou em conjunto dos fitorreguladores CIN e GA<sub>3</sub>. Os efeitos mais conhecidos destes fitorreguladores são divisão: diferenciação e alongamento celular; dominância apical; relação fonte e dreno; mobilização de nutrientes (BARTRINA et al., 2011; WERNER E SCHMÜLLING, 2009; REPKE, et al., 2009; ZHOU 2000).

As CKs regulam a divisão celular, pois ativam as cinases dependentes de ciclina produzidas pelas auxinas, neste caso endógeno, modula uma ciclina específica D<sub>3</sub>, e controla um complexo específico de CDK-ciclina, acelerando fases G e S da divisão celular (KERBAUY, 2004; TAIZ & ZAIGER, 2013). De modo que, o efeito isolado de CIN promove o aumento do número de células, que contribui para o

crescimento das plantas, observado neste estudo pelo maior crescimento do comprimento de entrenó. Porém, doses elevadas de CKs promovem a quebra da dominância apical diminuindo o desenvolvimento da haste principal dessas plantas. Uma vez que, acrescido os níveis das CKs nas gemas axilares, ocorre a translocação das auxinas produzidas no ápice do meristema do caule para as gemas axilares, favorecendo o balanço CK – auxina estimulando o crescimento e desenvolvimento dos ramos. Diminuindo os níveis de auxinas no meristema apical o crescimento e desenvolvimento são paralisados, reduzindo o efeito da dominância apical. Da mesma forma Cato, (2006) menciona que a uso de CIN isoladamente em plantas de *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Micro-Tom evidenciou menor porte e maiores números de brotações. Os aumentos das ramificações proporcionadas pelos tratamentos são pelo estímulo, crescimento e desenvolvimento dos meristemas caulinares axilares, promovido pela ação dos fitorreguladores, principalmente CK (WERNER E SCHUMÜLLING 2009). A resultante do aumento da divisão celular, proporcionada pelo efeito isolado de CIN em maiores doses, é o desenvolvimento das plantas em maior número de folhas, ramos e flores. No entanto, quando se tem a elevada concentração de CIN, ocorre alto estímulo do crescimento e desenvolvimento dessas estruturas de modo a iniciar muitos primórdios caulinares, sem apresentar desenvolvimento adequado, em tempo hábil, ao ciclo da cultura. Repke, et al (2009) Zhou (2000) e Abid et al., (1999), Kochancov et al., (1996) constataram que a aplicação de reguladores vegetais em dosagens elevadas promoveu efeitos deletérios para a cultura da alface, como desordens morfológicas. O que foi observado neste estudo, de forma similar, ao utilizar CIN isolada na dose 1,5 g ha<sup>-1</sup>, que estimulou o crescimento de ramos mais não alterou a MSC indicando crescimento desordenado.

Estudos indicam que a modulação das CK em plantas contribui no controle da expressão dos genes regulatórios relacionados à diferenciação do meristema apical de vegetativo para reprodutivo (BARTRINA et al., 2011; WERNER E SCHMÜLLING, 2009; RUPP et al., 1999).

Quanto maior o número e mais novos forem os números de ramos, primórdios foliares, primórdio florais, juntamente com aumento do entrenó, maiores serão as demandas energéticas (Força do dreno) para seu desenvolvimento. A maior força do dreno aumenta demanda de sacarose ou glicose e/ou frutose, das folhas fontes para os drenos, levando a menor disponibilidade de fotossintatos para expansão foliar.

As CKs regulam as relações fonte-dreno através das enzimas como invertases e transportadores de hexoses, que atuam no carregamento e descarregamento no floema (ZALABAK, et al 2013). Há incremento da expressão de invertases, em nível extracelular, quando exposta a maiores concentrações de CKs (EHNESS e ROITSCH, 1997). Possibilitando maior atividade na diminuição do potencial químico de sacarose na região do descarregamento apoplástico do floema. As transportadoras de hexoses, ao mesmo tempo, transportam os açúcares que antes foram descarregados do floema para as células do dreno, gerando gradiente favorável a chegada contínua de fotossintatos com consequente estabelecimento de drenos (KERBAUY, 2004).

Outro efeito de grande importância é a mobilização de nutrientes nas áreas em que CKs foram aplicadas, aumentando a matéria seca destas áreas. Este estudo mostra aumento da MSF quando aplicado CK nas doses de  $0,5 \text{ g ha}^{-1}$ . Gutiérrez, (2013), obteve resultados similares quando utilizou CIN em plantas de trigo. Segundo o autor o aumento da MSF está relacionado a maior concentração de nitrogênio e menor solubilidade de proteínas solúveis nas folhas.

As GAs contribuíram para o aumento do número de folhas, comprimento de entrenós, número de galhos, alturas em plantas de soja pelo efeito promotor de alongamento e divisão de células (TAIZ E ZEIGER, 2013; DAVIES, 1995b). A regulação do alongamento celular mediado por GAs ainda é controversa, uma hipótese é que o alongamento celular está relacionado às células meristemáticas e jovens em que as microfibrilas de celulose, estão orientadas transversalmente e se mantém por uma distância considerável ampliando a zona de alongamento do órgão em virtude da diminuição do limiar de cendência da parede celular (KERBAUY, 2006). Outra hipótese é que a extensibilidade da parede celular promovida pela GAs ocorre função das enzimas xiloglucano endotransglicosilase /hidrolase (XTH) que facilitam a entrada de expansinas na parede celular (XU et al., 1996). As expansinas são proteínas da parede celular que causam afrouxamento em condições de acidez pelo enfraquecimento das pontes de hidrogênio entre os polissacarídeos (Cosgrove, 2000). Vários são os dados obtidos que confirmam maiores alturas de plantas quando tratadas com GAs (RAVEN et al., 1992 e JUNIOR, 2008). Já na regulação da divisão celular, as GAs ativam a transição da fase  $G_1$  para fase S, acarretando aumento na atividade mitótica, como também induzindo a expressão de genes que codificam várias proteínas quinases dependentes de ciclina (CDKs) (TAIZ E ZEIGER, 2013). A transcrição de genes que regulam a transição entre fases no processo de divisão celular ( $G_1$  e S; e  $G_2$  e M) é

induzido nas células do meristema intercalar por GA (FABIAN et al., 2000). Explicando maiores números de ramos e números de folhas quando GA<sub>3</sub> foi utilizada em maiores dosagens.

Mullins e al., (2000) verificou que as giberelinas e citocininas parecem ser os principais compostos na formação de primórdios de inflorescências em videiras. Em um estágio inicial as giberelinas promovem o florescimento ao induzir primórdios indiferenciados. Posteriormente, agem como inibidores do florescimento ao direcionarem os primórdios indiferenciados para formação de gravinhas. Estudos realizados por Maia et al., (2010) em plantas de *Citrus reticulata* evidenciaram que o uso de giberelina proporcionou menor emissão de flores, mas maior pegamento de frutos, contribuindo para a maior produtividade. Esses dados corroboram aos obtidos no presente estudo, ao observar que GA<sub>3</sub> não promoveu aumento no número de flores e quando em mistura com CIN suprimiu o efeito de estímulo de florescimento proporcionado por CIN, na maioria das doses.

Dessa forma, visando a obtenção de plantas que proporcione maior segurança de produção e maior produtividade, utilizando para isso os hormônios exógenos como ferramenta a esse processo. Buscou-se no presente trabalho a combinação que maior proporcionasse esse equilíbrio.

Mediante resultados obtidos, para a seleção do controle positivo, verificou-se que todos os tratamentos influenciaram pelo menos a característica da planta. No entanto, ao avaliar o conjunto de respostas, observou-se que o tratamento que mais proporcionou efeitos positivos foi CIN 0,5 g ha<sup>-1</sup>, sendo este portanto, adequado para utilização como controle positivo para comparação do efeito dos bioestimuladores de crescimento no próximo estudo.

## **3.2 EXPERIMENTO II**

### **3.2.1 Análises fisiológicas de plantas de soja submetidas aos diferentes bioestimuladores de crescimento de plantas.**

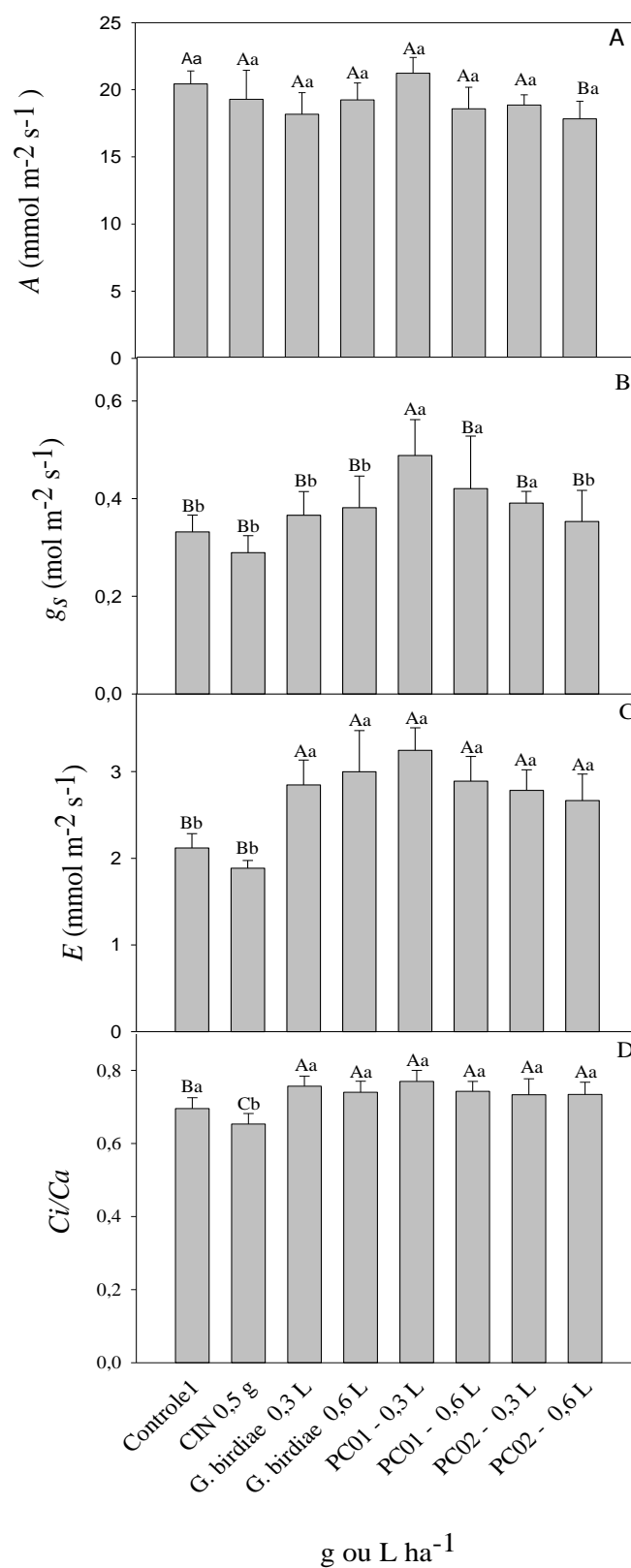
Foram observadas diferenças nas trocas gasosas ( $A$ ,  $g_s$ ,  $E$ ,  $Ci/Ca$ ) (Figura 5), e teor de clorofila  $a$  (Tabela 1), diante do uso de bioestimuladores de crescimento, em plantas de soja. Por outro lado, não foram observadas diferenças no teor de clorofila  $b$  e  $total$  (tabela 2).

A taxa fotossintética ( $A$ ) se manteve inalterada na maioria dos tratamentos quando comparada ao controle absoluto das plantas de soja. Não foi constatado aumento da  $A$ . Pelo contrário, ocorreu pequeno decréscimo da  $A$  quando se utilizou produto comercial 02 (PC 02), na dose  $0,6 \text{ L ha}^{-1}$ . A redução da ( $A$ ) foi de 12,7%. Por outro lado, não foram observadas diferenças na  $A$  entre os tratamentos em comparação a CIN  $0,5 \text{ g ha}^{-1}$  (controle positivo). (Figura 5A).

O tratamento com a menor dose do PC01 proporcionou a maior condutância estomática ( $g_s$ ) em comparação aos dois controles. O aumento médio obtido foi de 47% e 68% em relação aos controles absoluto e positivo. Ainda foi observado diferenças em comparação ao controle positivo, nas duas doses do PC01 e na menor dose do PC02, ocorrendo o acréscimo médio de 49% para ( $g_s$ ) (Figura 5B). Nos demais tratamentos não se constatou diferenças em relação aos controles

Em todas as plantas tratadas com bioestimuladores foi observado aumento na  $E$ , tanto em relação às plantas de soja do controle absoluto como do positivo. O acréscimo médio da  $E$  foi de 37 % (Figura 5C). Resultados semelhantes à  $E$  foram observados na  $C_i/C_a$ , em que todos os tratamentos com bioestimuladores promoveram aumento nesta característica, tanto em relação ao controle absoluto, quanto em relação ao controle positivo (Figura 5D).

O teor de clorofila a foi inferior ao utilizar *G. Birdiae*, na dose de  $0,3 \text{ L ha}^{-1}$  quando comparado ao controle positivo, mas não se observou esse resultado em relação ao controle absoluto (Tabela 3). Neste caso, a redução constatada foi de 4 % no teor de clorofila a (Tabela 3). Já para clorofila b e total, não foram observados efeitos dos tratamentos na concentração de pigmentos (Tabela 3).



**Figura 5-** Taxa fotossintética (A), condutância estomática (B), taxa transpiratória (C), relação  $C_i/C_a$  (D) de plantas de soja exposta a diferentes fontes de citocininas doses (g ou L  $ha^{-1}$ ). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g  $ha^{-1}$ ).



Tratamentos (g ou L ha <sup>-1</sup> )	Clorofila a	* Clorofila b	* Clorofila Total
Controle	292 Aa	80	372
CIN 0,5	296 Aa	82	378
G. Birdiae	283 Ab	76	374
G. Birdiae	291 Aa	82	379
PC 01 - 0,3	283 Aa	88	371
PC01 – 0,6	291 Aa	83	374
PC02 – 0,3	301 Aa	87	388
PC02 – 0,6	298 Aa	83	381

**Tabela 3:** Características biométricas: diâmetro do coleto (DC), massa seca de flor (MSFI), Número de flores (N<sup>o</sup> de Flores), sob diferentes doses de CIN e GA<sub>3</sub> (g ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g ha<sup>-1</sup>).

\* Dados sem diferença estatística.

As citocininas podem regular a síntese de pigmentos fotossintéticos (GENKOV et al., 1997), e proteínas fotossintéticas (TAIZ E ZEIGER, 2013) podendo refletir na taxa fotossintética das plantas. No entanto, em estudos com plantas de *Cucumis melo* L. (KOHATSU, 2007) e *Phaseolus vulgaris* L. (BIDWELL e TURNER, 1966) a aplicação de citocinina além de não aumentar a taxa fotossintética estimulou a redução da mesma. Neste estudo foi observado que apenas o PC01 a taxa fotossintética das plantas de soja não foi diminuída.

Em trabalhos realizados com a mistura dos reguladores GA<sub>3</sub> + cinetina + AIB a 5%, manteve-se a alta *A*, *E*, *g<sub>s</sub>*, *Ci/Ca* (KOHATSU, 2007), sendo estes resultados similares aos encontrados neste estudo quando comparados com o PC01 em 0,3 L ha<sup>-1</sup>.

Taiz e Zeiger (2013) relatam que em plantas com aplicação de citocininas, há maior teor de clorofila. Estudos recentes realizados com aplicação de citocininas em *Citrullus lanatus* revelam a diminuição no teor de clorofilas (MEDEIROS, 2013). No entanto, neste estudo, foi observado que os bioestimuladores não exerceram influência no teor de pigmentos em folhas de soja até aos 60 D.A.E.

### 3.2.2 Análises biométricas de plantas de soja submetidas à diferentes bioestimuladores como fonte de citocininas.

A maioria das características analisadas teve resposta significativa, quando tratadas com bioestimuladores em comparação com as plantas controle de soja. Não foram observadas alterações no diâmetro do coleto, massa seca de vagens e massa seca de estruturas reprodutivas totais (Tabela 3).

A área foliar das plantas de soja se manteve igual ao controle absoluto quando usou *G. Birdae*, e o PC01 na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup>. Já para os outros tratamentos ocorreu diminuição da área foliar em média de 25 % (Figura 6A). Comportamento semelhante observado ao ser comparada ao controle positivo, no entanto, verificou-se que *G. Birdae* na dose de 0,6 diferiu do controle positivo apresentando menor área foliar, juntamente com os demais tratamentos que já possuíam áreas foliares menores. A redução em relação ao controle positivo foi de 30% para está variável. (Figura 6A).

O número de folhas não foi alterado na maioria dos tratamentos quando comparado ao controle absoluto. Exceto PC02 na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup>, que obteve redução de 33% desta variável (Figura 6B). Já quando comparado ao controle positivo, identificou-se que apenas *G. birdiae* na dose 0,3 L ha<sup>-1</sup> se equiparou em mesmo número de folhas de plantas de soja. Os demais biorreguladores obtiveram menores números de folhas, em média 39 %, quando comparados ao controle positivo (Figura 6B).

Todos os bioestimuladores em relação ao controle absoluto não apresentaram diferença na massa seca de folhas das plantas de soja (Figura 6C). Entretanto, ao se comparar com o controle positivo constatou que somente *G. birdiae* na dose 0,3 L ha<sup>-1</sup> e o PC01 na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup> não diferiram deste controle (Figura 6C). Os demais Biorreguladores evidenciou a redução na massa seca de folhas em relação ao controle positivo. A redução foi em média de 32% nesta variável (Figura 6C).

Todos os bioestimuladores promoveram incremento na altura de plantas de soja, quando comparado ao controle absoluto, o aumento em média foi superior a 59% (Figura 7A). Já quando se comparou com o controle positivo, somente a metade dos tratamentos contendo biorreguladores se diferiram com consequente aumento da altura das plantas de soja, que foram *G. birdiae* na dose 0,3 L ha<sup>-1</sup>, PC01 na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup> e PC02 na dose 0, 3 L ha<sup>-1</sup>, este aumento foi em média de 22% (Figura 7A).

O número de nós das plantas de soja foi aumentado em comparação aos dois controles quando se utilizou *G. birdiae* na dose 0,3 L ha<sup>-1</sup>, PC01 na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup>,

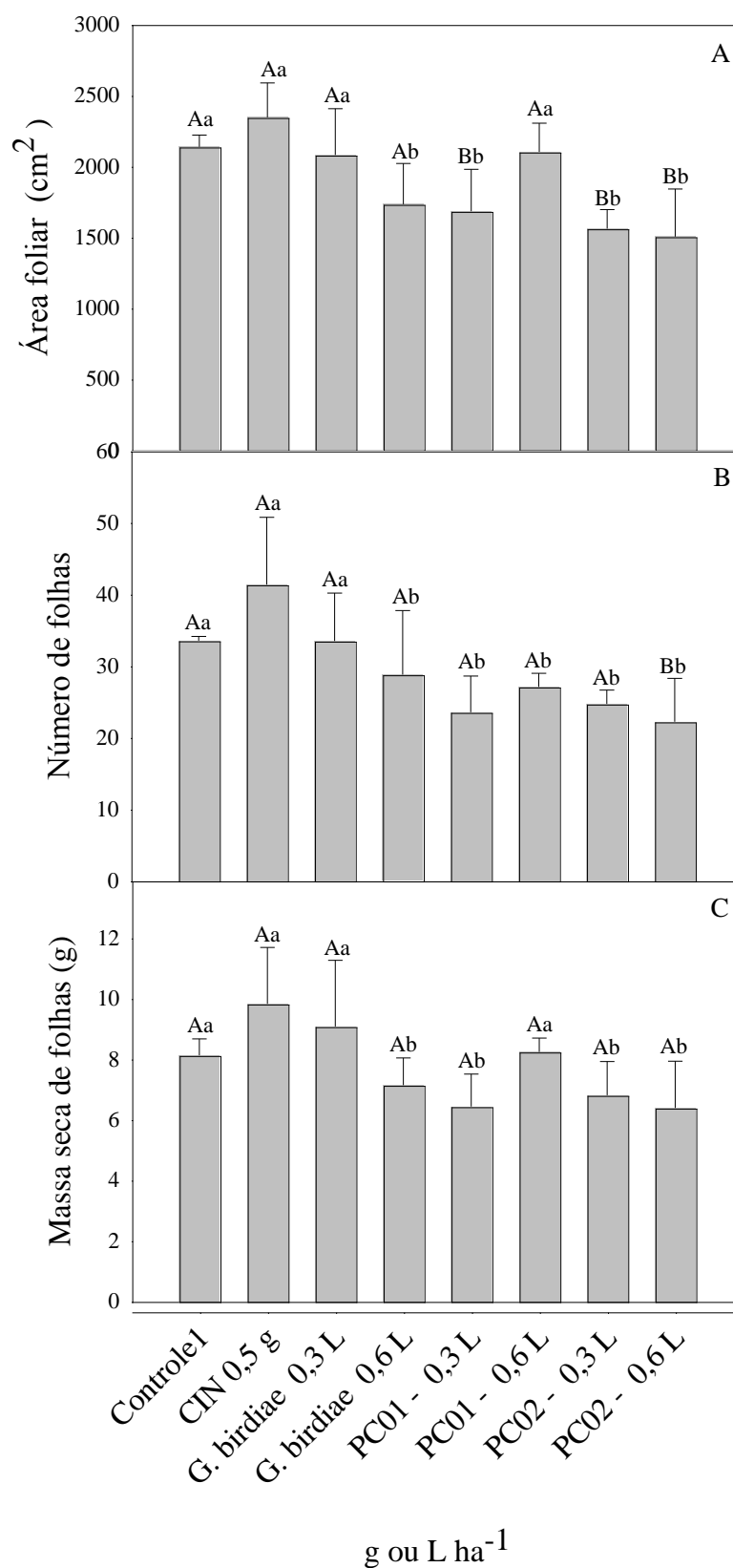
em média o ganho foi de 7,5 % em comparação ao controle absoluto e 15 % ao controle positivo (Figura 7B). Os demais biorreguladores não apresentaram diferenças no número de nós das plantas de soja em relação aos dois controles (Figura 7B). Já o comprimento de entrenó todos os bioestimuladores promoveram aumento médio de 33 % nesta variável em relação ao controle absoluto (Figura 7C). Entretanto, para o controle positivo não foi observado diferenças entre os biorreguladores no comprimento de entrenó das plantas de soja (Figura 7C).

A maioria dos bioestimuladores aumentou os números de galhos nas plantas de soja concernente aos dois controles, acréscimo médio de 41% para esta variável. Exceto quando *G. birdiae* na dose 0,6 L ha<sup>-1</sup>, PC01 na dose de 0,3 L ha<sup>-1</sup> foi empregado, obtendo valores iguais em relação aos dois controles (Figura 8A).

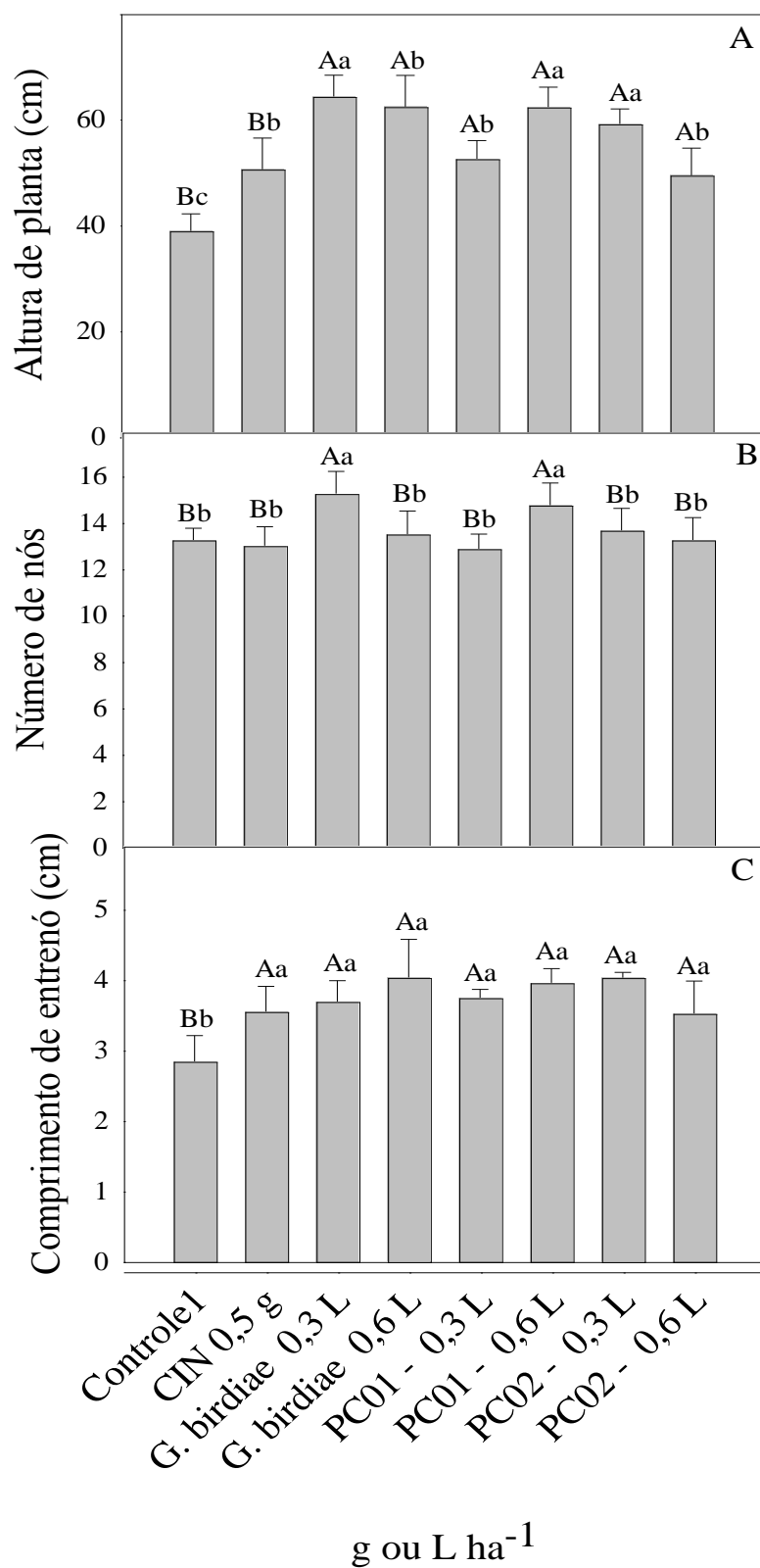
A MSC foi acrescida em média de 36 % ao ser usado *G. birdiae* na dose 0,3 L ha<sup>-1</sup>, PC01 na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup> e PC02 na dose 0,3 L ha<sup>-1</sup> concernente ao controle absoluto (Figura 8B). Já ao ser analisado em referência ao controle positivo, somente *G. birdiae* na dose 0,3 L ha<sup>-1</sup>, PC01 na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup> contribuiu para o aumento da MSC, em média 28 % (Figura 8B). Situação semelhante ocorreu para MSPA, em que os tratamentos, *G. birdiae* em sua menor dose e PC01 em sua maior dose, proporcionaram o aumento de 22% da MSPA das plantas de soja, quando comparados aos controles (Figura 8C). Entretanto, o PC02 na maior dose, promoveu a redução de 22 % na MSPA das plantas de soja em relação ao controle positivo, mas não em relação ao controle absoluto (Figura 8C).

O número de flores e vagens (Figura 9) foi superior nos tratamentos com PC02 (0,6 L ha<sup>-1</sup>), *G. birdiae*, em ambas as doses e em PC01 na dose de (0,6 L ha<sup>-1</sup>), com valores semelhantes ao controle positivo. Nesses tratamentos o aumento no número de flores e vagens foi de até 70%. Em relação ao controle positivo não ocorreu diferenças entre os bioestimuladores (Figura 9).

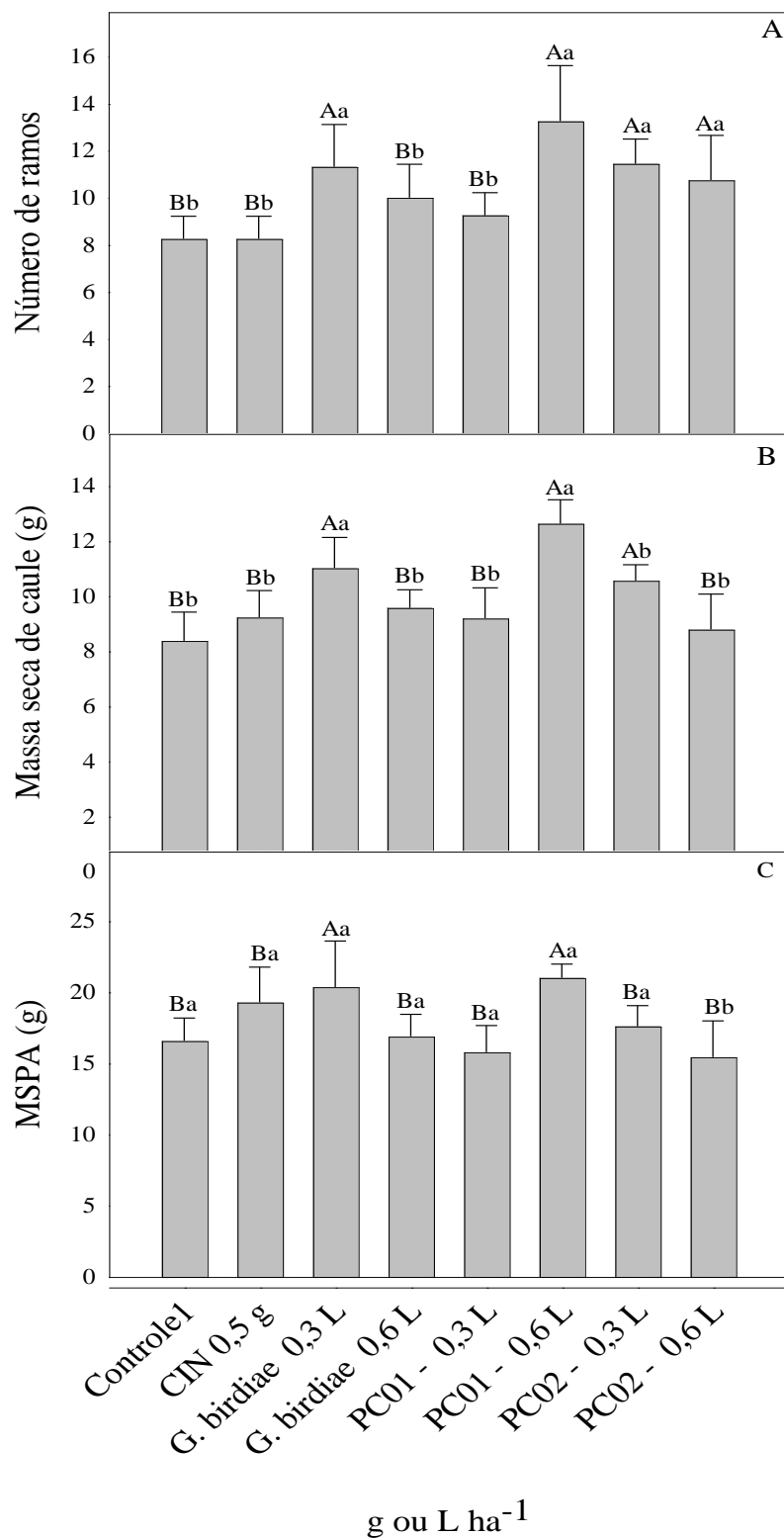
A maioria dos bioestimuladores cresceu a MSFI das plantas de soja em relação ao controle absoluto. Exceto PC01, que não alterou a MSFI das plantas de soja em comparação ao controle. No entanto, quando se comparou ao controle positivo não ocorreu diferença na maioria dos tratamentos, exceto em PC01 na menor dose, que promoveu redução na nessa variável, de 35 (Tabela 3).



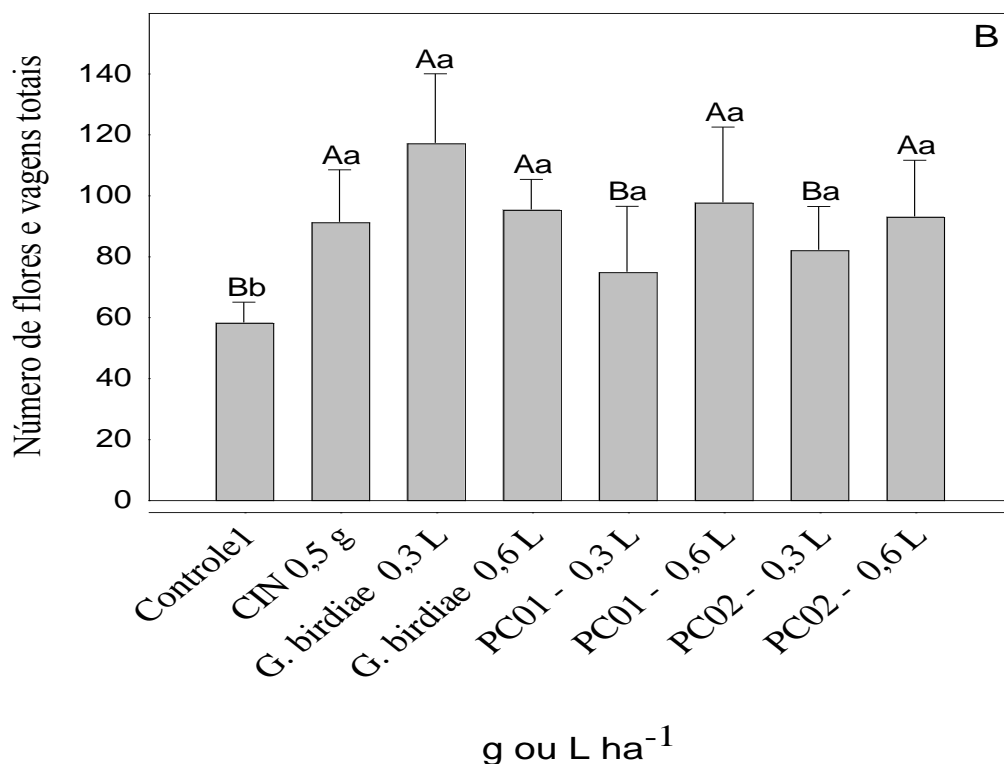
**Figura 6**– Área foliar total (A), número de folhas (B), massa seca de folhas (g), de plantas de soja tratadas com diferentes fontes de citocininas doses (g ou L ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g ha<sup>-1</sup>).



**Figura 7** – Altura de planta (A), número de nós (B), comprimento de entrenó – C.E (C), de plantas de soja tratadas com diferentes fontes de citocininas doses (g ou L ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g ha<sup>-1</sup>).



**Figura 8** – Número de ramos (A), massa seca de caule - MSC em g (B), massa seca de parte aérea – MSPA g (C), de plantas de soja tratadas com diferentes fontes de citocininas doses (g ou L ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo (CIN 0,5 g ha<sup>-1</sup>).



**Figura 9** – Número de flores (A), número de flores e vagens em desenvolvimento (C), de plantas de soja tratadas com diferentes fontes de citocininas doses ( $\text{g}$  ou  $\text{L ha}^{-1}$ ). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo ( $\text{CIN } 0,5 \text{ g ha}^{-1}$ ).

Tratamentos	DC*	MSFI	MSV*	MER*
Controle1	0,98	0,09 Bb	0,0	0,09
CIN $0,5 \text{ g ha}^{-1}$	1,02	0,20 Aa	0,05	0,23
Gracilária $0,3 \text{ L ha}^{-1}$	1,16	0,20 Aa	0,05	0,25
Gracilária $0,6 \text{ L ha}^{-1}$	1,03	0,18 Aa	0,00	0,18
PC01 - $0,3 \text{ L ha}^{-1}$	1,01	0,13 Bb	0,02	0,15
PC01 - $0,6 \text{ L ha}^{-1}$	1,06	0,15 Ba	0,01	0,15
PC02 - $0,3 \text{ L ha}^{-1}$	1,10	0,17 Aa	0,04	0,21
PC02 - $0,6 \text{ L ha}^{-1}$	1,08	0,19 Aa	0,06	0,25

**Tabela 4:** Diâmetro do coleto (DC), massa seco de flor (MSFI), de vagens (MSV), de estruturas reprodutivas totais (MER), de plantas de soja tratadas com diferentes fontes de citocininas doses ( $\text{g}$  ou  $\text{L ha}^{-1}$ ). Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade quando contrastadas com o controle absoluto e minúsculo quando contrastadas com o controle positivo ( $\text{CIN } 0,5 \text{ g ha}^{-1}$ ).

\*Dados sem diferença estatística.

Yokoya, (2010) analisou o perfil de hormônios em algas vermelhas, incluindo espécies dos gêneros *Chondracanthus*, *Hypnea*, *Gelidium*, *Gracilaria* e *Porphyra*, e verificou que as citocininas, auxinas e ácido abscísico são constituintes comuns em todas as espécies analisadas. Já o produto PC02, utilizado neste estudo, possui os seguintes fitorreguladores: auxina, citocinina, giberelina, em sua composição (Albrecht et al., 2011). O produto PC01 possui em sua fórmula os seguintes componentes: óxido de potássio, ácido cítrico e alga fresca *A. nodosum*. A *A. nodosum* possuem fitohormônios, dentre eles a auxina, giberelina, citocinina e o ácido abscísico (SILVA, 2011). Todos esses bioestimuladores promovem o aumento do crescimento e desenvolvimento vegetal estimulando a divisão celular, a diferenciação e o alongamento das células (DARIO et al., 2005).

Quando analisada a área foliar e MSF de plantas de soja, constatou-se que, em alguns tratamentos, ocorreu o decréscimo nessas características. É possível que este decréscimo tenha ocorrido em função da alocação e partição diferencial de sacarose. Provavelmente a sacarose foi redistribuída para as estruturas de sustentação e reprodutivas, impactando as estruturas foliares dentro do ciclo normal da cultivar (KERBAUY, 2006). Os resultados indicam que nos tratamentos com os bioestimuladores, em que a auxina é um constituinte comum, ocorreu a menor área foliar, MSF e nº de folhas, em sua maioria, sugerindo que a presença de auxinas inibe a absorção de sacarose, em certos tecidos drenos, e estimulam o carregamento de sacarose em tecidos fontes (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O incremento da altura de planta de soja ocorreu em todos os bioestimuladores utilizados. Estudos realizados com PC01 em *Passiflora edulis*, comprovam que, pequenas concentrações do composto podem ser satisfatórias para incremento na divisão celular e influenciar diretamente na altura das plantas (OLIVEIRA et al., 2011). Tais resultados corroboram com os encontrados por Bardivieso (2011), em que observou o aumento de porte de plantas de batata quando aplicados PC01.

Os melhores resultados referentes às variáveis, número de nós, comprimentos de entrenó, ramos laterais, número de flores, número de flores e vagens totais, MSC e MSPA, provavelmente foram favorecidos pela presença de auxinas, citocinina e giberelinas presentes nos tratamentos com os bioestimuladores em plantas de soja. Estes resultados podem estar relacionados a presença de auxina que estimula a produção



da cinases dependente de ciclina, necessária à divisão celular, e ainda, a extensibilidade da parede celular em meio ácido, através das H<sup>+</sup> ATPases; o aumento na absorção de solutos osmóticos e atividade de enzimas relacionadas com a biossíntese de polissacarídeos de parede celular, e finalmente a indução da síntese de outros hormônios de crescimento como a GA<sub>3</sub> (KERBAUY, 2004). A presença de auxina contribui ainda para a dominância apical pela maior atividade do meristema apical em sua divisão e diferenciação (BOOKER et al., 2003).

Além da presença de auxina em tecidos foliares, a CKs tem importante papel por estimular a diferenciação de células em meio à presença de auxina. (ARTECA, 1995; TAIZ E ZEIGER, 2013). As CKs ativam as cinases dependentes de ciclina produzidas pelas auxinas, modula a ciclina específica D<sub>3</sub>, e controla um complexo específico de CDK-ciclina ambos essenciais para divisão celular (KERBAUY, 2004).

De acordo com as características biométricas avaliadas nesse estudo, as plantas com tratadas com *G. birdiae* em sua menor dose, PC01 em sua maior dose e CIN 0,5 L, apresentaram os melhores resultados na maioria das características estudadas. Porém sabe-se que a CIN 0,5 L é um produto comercial de alto custo no mercado, seguido da PC01 produto comercial importado, que também apresenta alto custo. Já a alga *G. birdiae* é nativa do Brasil, possui grande potencial de uso diante dos resultados obtidos neste estudo, porém estudos com essa alga ainda são incipientes quando relacionados a sua utilização como biorregurador na agricultura.

## 4 CONCLUSÃO

O extrato de alga marinha *G. birdiae*, e PC01 estimularam o crescimento de plantas de *Glycine max* (L.) Merrill.

Assim como o PC01 é utilizado comercialmente como bioestimulador, o extrato de alga marinha *G. birdiae*, possui potencial de uso como bioestimulador de crescimento de plantas de *Glycine max* (L.) Merrill.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADIAN AGRITECH. **Ciência das Plantas**, 2009. Site Institucional. Disponível em: <<http://www.acadianagritech.ca/portuguese/PSansA.htm>>. Acesso em: 21 mai. 2009.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. JR. P.; RICCI, T. T. Manejo de biorreguladores nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**., Uberlândia, v.27, n.6, p. 865-876, 2011.

ARTECA, R.N. **Plant growth substances principles and applications**. New York: Chapman and Hall, 1995. 332 p.

ÁVILA, M. R. *et al.* Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Luiz de Queiroz, v. 65, n. 06, p. 567-691, 2008.

BARDIVIESSO, D.M.; BACKES, C.; VILLAS, B. R. L.; SANTOS, A. J. M.; LIMA, C. P.; Aplicação foliar de extrato de algas na cultura da batata. **Orticultura Brasileira**, Brasília v.29, n.2, p.S1170-S1177, 2011.

BARTRINA, I.; OTTO, E.; STMAD, M.; WERNER, T.; SCHMÜLLING, T. Cytokinin regulates the activity of reproductive meristems, flower organ size, ovule formation, and thus seed yield in *arabidopsis thaliana*. **The Plant Cell**, Waterbury v.23, p. 69-80, 2011.

BERTOLIN, D.C.; SÁ, M. E. D.; ORIVALDO, A.R.F.; JUNIOR, E. F.; COLOMBO, A.D.S.; CARVALHO, F. L. B. M. D. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de Bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.339-347, 2010

BIDWELL, R. G. S.; TURNER, W. B. Effect of growth regulators on CO<sub>2</sub> assimilation in leaves, and its correlation with the bud break response in photosynthesis, **Plant physiology**. Waterbury v.41, n.2, p.267-270,1966.

BOOKER, J.; CHATFIELD, S.; LEYSER, O. Auxin acts in xylem-associated or medullary cells to mediate apical dominance. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 15, n.2, p. 495-507, 2003.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Arquitetura de plantas de soja e a aplicação de reguladores vegetais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Brasília, v. 3, n. 01, p. 153-159, 2010.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Desenvolvimento de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56 n.01 p. 74-79, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Indicadores da Agropecuária abril de 2014.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&ordem=M%EAs/Ano%20da%20publica%E7%E3o>.

COOPER, R. L. Pesquisas sobre produtividades máximas na cultura da soja no EUA. **Informações agronômicas POTAFOS**, Piracicaba, n.101, v.01 p.1-6, 2003.

DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; NETO, D. D.; MANFRON, A.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Influência do uso de fitoreguladores no crescimento da soja. *Revista da FZVA, Uruguaiana*, v.12, n. 1, p. 63-70, 2005.

DHARGALKAR, V.K., PEREIRA, N. Seaweed: promising plant of the millennium. **Science and Culture**, India, v. 71, n.01, p60–66, 2005.

ESWARAN, K.; GHOSH, P. K.; SIDDHANTA, A. K.; PATIOLA, J. S.; PERIYASAMY, C.; MEHTA, A. S.; MODY, K. H.; RAMAVAT, B. K.; PRASAD, K.; RAJYAGURU, M. R.; REDDY, S. K. C. R.; PANDYA, J. B.; TEWARI, A. Integrated method for production of carrageenan and liquid fertilizer from fresh seaweeds. United States Patent no. 6893479, 2005.

GENKOV, T., TSONEVA, P., IVANOVA, I. Effect of Cytokinins on photosynthetic Pigments and Chlorophyllase Activity in Vitro Cultures of Axillary Buds of *Dianthus caryophyllus* L. **Journal Plant Growth Regulation**, Netherlands, v.16, n.1 p.169–172, 1997.

GUTIÉRREZ, D.; MORCUENDE, R.; POZO, A. D.; CARRASCO, R.M.; PÉREZ, P. Involvement of nitrogen and cytokinins in photosynthetic acclimation to elevated CO<sub>2</sub> of spring wheat. **Journal of Plant Physiology**, Waterbury, v. 170, p. 1337 – 1343, 2013.

HURTADO, A. Q.; JOE, M. SANARES, R. C.; FAN, D.; PRITHIVIRAJ, B.; CRITCHLEY, A. T. Investigation do the application of Acadin Marine Plant Extract Powerd (AMPEP) to enhance the growth, phenolic contente, free radical scavenging, and iron chelanting activities of *Kappaphycus* Doty (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). **Journal Applied Phycologic**, Washington, DOI 10.1007/s10811-011-9785-x, 2012.

KERBAUY G.B. Fisiologia vegetal. Guanabara Koogan S.A., Rio de janeiro, RJ, 2006.

KHAN, A.; AHMAD, B.; JASKANI, M. J.; AHMAD, R.; MALIK, A. U. Foliar Application of Mixture of Amino Acids and Seaweed (*Ascophylum nodosum*)

Extract Improve Growth and Phyco-chemical Properties of Grapes. **International Journal of Agricultural & Biology**, Pakistan, v.14 n.03 p.383-388, 2012.

KLAHOLD, C. A. *et al.* Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maraingá, v. 28, n. 02, p. 179-185, 2006.

KOHATSU, D. S. Efeitos de reguladores vegetais na qualidade de frutos de melão rendilhado. **Dissertação de mestrado**. Faculdade de ciências agrônômicas da UNESP, Botucatu, SP, 2007.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

MEDEIROS, J. E. D. Aplicação da citocinina cppu na indução da frutificação partenocárpica em melancieiras diploide e triploide. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, RN, 2013.

NISHIYAMA, R.; LE, D. T.; WATANABE, Y.; MATSUI, A.; TANAKA, M.; SEKI, M.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K.; TRAN, L.S.P. Transcriptome Analyses of a Salt-Tolerant Cytokinin-Deficient Mutant Reveal Differential Regulation of Salt Stress Response by Cytokinin Deficiency. **Plos ONE** Spain , e32124. Doi10.1371/journal.pone.0032124., v.07, n.2, p.1-12, 2012.

NONOKAWA, K.; KOKUBUN, M.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; YOSHIDA, R. Roles of Auxin and Citokinin in Soybean Pod Setting. **Plant Production Science**, Tokyo, v.10 n.2, p. 199-206, 2007.

NONOKAWA, K.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; KOKUBUN, M. Effect of Synthetic Cytokinin Application on pod Setting of Individual Florets within Raceme in Soybean. **Plant Production Science**, Tokyo, v.15 n.2, p.79-81, 2012.

OLIVEIRA, L. A. D. A.; GOÉS, G. B. D.; MELO, I. G. C.; COSTA, M. E. D.; SILVA, R. M. D. Uso do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista verde*, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 01- 04, 2011.

PASSOS, A.M.A.; REZENDE, P. M.; CARVALHO, E.A.; SAVELLI, R.A.M.; Cinetina e nitrato de Potássio em Características Agrônômicas de Soja. *Pesquisa agropecuaria brasileira*, Brasília, v.43, n.7, p.925-928, 2008.

PELLIZARI, F.; REIS, R. P. Seaweed cultivation on the Southern and Southeastern Brasillian Coast. **Brazilian Journal of pharmacognosy**, Curitiba, v.21, n.2, p.305-312, 2011.

POSPÍŠILOVÁ, J.; VÁGNER, M.; MALBECK, J.; TRÁVNÍČKOVÁ, A.; BAŤKOVÁ, P. Interactions between abscisic acid and cytokinins during water stress and subsequent rehydration. **Biologia plantarum**, Cezech Republic, v.49 n.04, p. 533-540, 2005.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F., EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan 2001, 906 p.

RODRIGUES, J. D. **Biorreguladores, aminoácidos e extratos de algas: verdades e mitos**. International Plant Nutrition Institute (INPI), Jornal Informações Agrônomicas, Piracicaba, n. 122, p. 15-17, jun.2008.

SILVA, T. P. D. Características produtivas e físico-químicas de frutos de morangueiro orgânico cultivado com o uso de extrato de algas. **Dissertação mestrado**. Universidade Federal Do Paraná, Curitiba, Paraná, 2011.

SORIANO, E. M. Effect of depth on growth and pigment contents of the macroalgae *Gracilaria birdiae* Palastino & E. C. *Oliveirabursapastoris*. **Brazilian Journal of pharmacognosy**, Curitiba, v.22, n.4, p.730-735, 2012.

SOUSA, A. C.; COELHO, C. M. M.; GUIDOLIN, A. F.; ENGELSI, M. J.; BORDIN, L. C. Influência do ácido giberélico sobre a arquitetura de plantas de feijão no início de desenvolvimento. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 2, p. 325-332, 2010.

STIRK, W. A., NOVÁK, O., STRNAD, M. & VAN STADEN, J. Cytokinins in macroalgae. **Journal Plant Growth Regulation**, Czech Republic, v. 41, n. 01, p.13–24, 2003.

STIRK, W. A.; VÁCLAVÍKOVÁ, K.; NOVÁK, O.; GAJDOSOVÁ, S.; KOTLAND, O.; MOTYKA, V.; STRNAD, M.; STADEN, J.V. Involvement of *cis*-Zeatin, Dihydrozeatin, and Aromatic Cytokinin in germination and Seedling Establishment of Maize, Oast, and Lucerne. **Journal plant growth regulation**, Czech Republic, v.31, n 01, p.392-405, 2012.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. – **Fisiologia Vegetal** – 4ª edição; 2010 – Editora Artmed, PortoAlegre/RS 819p.

VICHIATO, M. R. M.; VICHIATO, M.; CASTRO, D.M.; DUTRA, L. F.; PASQUAL, M. Alongamento de plantas de *Dendrobium nobile* Lindl. com

pulverização de ácido giberélico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 16-20, 2007.

WEISS, D.; ORI, N. Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. **Plant Physiology**, Rhode Island, v. 144, n. 3, p. 1240-1246, 2007.

WERNER, T.; SCHMÜLLING, T. Cytokinin action in plant development. **Current Opinion in Plant Biology**, Netherlands, v. 12, n.01, p. 527-538, 2009.

YOKOYA, N.S. Bioprospecção e Aplicações Biotecnológicas das Macroalgas Marinhas. **In: 62<sup>o</sup> Reunião anual da SBPC**. Natal – RN, 2010.

ZALABÁK, D.; POSPÍŠILOVÁ, H.; ŠMEHILOVÁ, M.; MRÍZOVÁ, K.; FRÉBORT, I.; GALUSZKA, P. Genetic engineering of cytokinin metabolism: Prospective way to improve agricultural traits of crop plants. **Biotechnology Advances**, Netherlands v.31, n.01, p. 97–117, 2013.

ZODAPE, S. T.; GUPTA, A.; BHANDARI, S.C.; RAWAT, U. S.; CHAUDHARY, D. R.; ESWARAN, K.; CHIKARA, J. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Scientific & Industrial Research**, New Delhi, v.70, n.01, p. 215-219, 2011.

ZODAPE, S. T.; MUKHOPADHYAY, S.; ESWARAN, K.; REDDY, M.P.; CHIKARA, J. Enhacend Yield and Nutritional Quality in Green Gram (*Phaseolus radiata* L.) Treated With Seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) extract. **Journal of Scientific & Industrial Research**, New Delhi, v.69, n.01, p. 468-471, 2010.