

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

TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA COM O BIOESTIMULANTE
RADIFARM®

Autor: Gabriel Bressiani Melo
Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Perin

Rio Verde - GO
Julho – 2018

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

TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA COM O BIOESTIMULANTE
RADIFARM®

Autor: Gabriel Bressiani Melo
Orientador: Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Produção Vegetal Sustentável do Cerrado.

Rio Verde - GO
Julho - 2018

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

MM528t Melo, Gabriel
 TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA COM O BIOESTIMULANTE
 RADIFARM® / Gabriel Melo; orientador Alessandro Guerra
 da Silva; co-orientador Adriano Perin. -- Rio Verde,
 2018.
 59 p.

 Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias -
 Agronomia)-- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde,
 2018.

 1. Ascophyllum nodosum. 2. compostos orgânicos. 3.
 Glycine max L. 4. produtividade de grãos. 5. qualidade
 fisiológica de sementes. I. Guerra da Silva, Alessandro,
 orient. II. Perin, Adriano, co-orient. III. Título.

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

TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA COM O BIOESTIMULANTE
RADIFARM®

Autor: Gabriel Bressiani Melo
Orientador: Dr. Alessandro Guerra da Silva

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

APROVADA em, 31 de julho de 2018.

Prof. Dr. Adriano Perin
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz
Avaliador externo
Universidade de Rio Verde

Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

Ao meu amor Luana Fernandes dos Santos;
Ao meu orientador Alessandro Guerra da Silva;
À minha avó Inês Sierra Bressiani e ao meu avô José Bressiani
Zuil Campos Melo (*in memoriam*)

OFEREÇO

A Deus Pai todo poderoso criador do céu e da terra;
À minha mãe Ângela Claudia Sierra Bressiani Melo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me proteger e ter me dado forças e persistência para chegar até aqui.

À minha querida mãe, o maior exemplo de ser humano que conheci. Dá seu sangue e suor por sua família, tudo que conquistei até hoje se deve a esta mulher, e é ela meu maior orgulho na vida.

À minha amada Luana Fernandes dos Santos, que esteve sempre do meu lado, apoiando e incentivando na busca de minhas conquistas, dedicando seu tempo e atenção para que meus sonhos fossem alcançados e a elaboração deste trabalho fosse possibilitada.

Aos meus Irmãos e Avós, que sempre me apoiaram e incentivaram meus projetos de vida, dando conforto, alento e muitos momentos felizes, em quem sempre busquei minhas forças e inspirações para seguir em frente.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Alessando Guerra da Silva, por todos os ensinamentos passados no âmbito profissional e pessoal, estimulando meu crescimento e amadurecimento.

Ao meu ex-orientador e atual coorientador, Prof. Dr. Adriano Perin, um dos melhores pesquisadores que já conheci, pelos ensinamentos e apoio durante todo o tempo de mestrado, que serviu como segunda opinião em diversos momentos de condução do meu trabalho.

Aos parceiros de trabalho, Christiano Lima Lobo de Andrade, Nathália Guimarães Freese, Reginaldo Costa Filho e Sebastião Ferreira Guimarães Netto, que foram meu braço direito na condução de todas as etapas do trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano Campus Rio Verde, pela oportunidade de cursar o mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia, onde pude aprender coisas maravilhosas, com professores incríveis.

A Universidade de Rio Verde – UniRV, pela enorme parceria na condução dos trabalhos, cedendo estrutura, materiais, mão de obra e recursos em todas as etapas de elaboração do projeto.

Ao produtor rural Oscar Durigan e funcionários da fazenda Pindaíbas, por todo apoio na condução dos experimentos na propriedade.

À empresa Valagro, pela parceria no desenvolvimento do trabalho.

E também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela disponibilização de bolsas de apoio financeiro.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Gabriel Bressiani Melo, nascido em Brasília-DF em 27 de novembro de 1994. Concluiu o ensino médio no Colégio Estadual Felismina Cardoso Batista, na cidade de Campos Belos-GO. Graduado como Bacharel em Agronomia no ano de 2015, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde. Foi aluno de iniciação científica nos laboratórios de física do solo, por um ano (2013/2014), forragicultura e pastagem, por seis meses (2014) e fitotecnia por um ano (2014/2015). Em agosto de 2016, ingressou na pós-graduação *Stricto Sensu*, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, linha de pesquisa, Tecnologias sustentáveis em sistemas de produção e uso do solo e água. Em julho de 2018, defendeu sua dissertação, parte indispensável para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias – Agronomia.

ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS.....	4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
CAPÍTULO I – DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SOJA COM SEMENTES TRATADAS POR BIOESTIMULANTE À BASE DE EXTRATO DE ALGAS.....	8
Resumo.....	8
Abstract	9
1.1 Introdução	10
1.2 Material e Métodos	11
1.2.1 Safra 2016/17.....	13
1.2.2 Safra 2017/18.....	14
1.2.3 Análises estatísticas	16
1.3 Resultados e Discussão.....	16
1.3.1 Safra 2016/17.....	16
1.3.2 Safra 2017/18.....	19
1.4 Conclusões	24
1.5 Referências bibliográficas.....	24
CAPÍTULO II – CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM O BIOESTIMULANTE RADIFARM®.....	29
Resumo.....	29
Abstract	30
2.1 Introdução	31
2.2 Material e métodos.....	32
2.2.1 Ensaio em casa de vegetação	32
2.2.2 Ensaio em laboratório	34
2.2.3 Análises estatísticas	35
2.3 Resultados e discussão.....	35
2.3.1 Ensaio em casa de vegetação	35
2.3.2 Ensaio em laboratório	37
2.4 Conclusões	39
2.5 Referências bibliográficas.....	39
CONCLUSÃO GERAL	42

ÍNDICE DE TABELAS

Página

CAPÍTULO I – DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SOJA COM SEMENTES TRATADAS POR BIOESTIMULANTE À BASE DE EXTRATO DE ALGAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância e médias de produtividade de grãos (PROD), peso de mil grãos (PMG), número de grãos por planta (NGP), número de vagens nas hastes principal (NVP), secundárias (NVS) e total (NVT), do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm®. Montividiu-GO, 2016/17.....	16
Tabela 2. Resumo da análise de variância e médias do número do número de ramificações (RAM), população de plantas (POP), altura de plantas (AP) e de inserção da primeira vagem (AIV), e vigor (VIG) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm®. Montividiu-GO, 2016/17.....	17
Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias de produtividade (PROD), peso de mil grãos (PMG), número de grãos por planta (NGP), número de vagens nas hastes principal (NVP), secundárias (NVS) e total (NVT) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm®. Montividiu-GO, 2017/18.....	19
Tabela 4. Resumo da análise de variância e médias do número de ramificações (RAM), população de plantas (POP), altura de plantas (AP) e de inserção da primeira vagem (AIV), e vigor (VIG) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm®. Montividiu-GO, 2017/18.....	20
Tabela 5. Resumo da análise de variância e médias da taxa fotossintética (A), taxa transpiratória (E), eficiência no uso da água (EUA), condutância estomática (Gs), e razão entre a concentração interna e externa de CO ₂ (CI/CA) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm®. Montividiu-GO, 2017/18.....	20

CAPÍTULO II – CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM O BIOESTIMULANTE RADIFARM®

Tabela 1. Resumo da análise de variância e médias da taxa fotossintética (A), taxa transpiratória (E), eficiência no uso da água (EUA), condutância estomática (Gs), e razão entre a concentração interna e externa de CO₂ (CI/CA) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm® em casa de vegetação. Rio Verde-GO, 2018.....35

Tabela 2. Resumo da análise de variância e médias de comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca de parte aérea (MFA), massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSA), número total de nódulos (NTN), massa seca dos nódulos (MSN) e percentual de nódulos viáveis (NV) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm® em casa de vegetação. Rio Verde-GO, 2018.....36

Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias dos percentuais de germinação obtidos na primeira (TPG 1) e segunda contagens (TPG 2) do teste padrão de germinação, e no teste de envelhecimento acelerado (EA), comprimento de raízes (CR), percentual de emergência em leito de areia (ELA) e índice de velocidade de emergência (IVE) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm® em laboratório de sementes e leito de areia. Rio Verde-GO, 2017.....37

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

**CAPÍTULO I – DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SOJA
COM SEMENTES TRATADAS POR BIOESTIMULANTE À BASE DE
EXTRATO DE ALGAS**

Figura 1. Valores médios de precipitação (mm) e de temperatura média do ar (°C) durante a condução dos ensaios. Montividiu-GO.....	12
Figura 2. Regressão polinomial da produtividade de grãos (PROD) em função das doses do bioestimulante Radifarm® no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2016/17.....	17
Figura 3. Regressão polinomial do peso de mil grãos (PMG) em função das doses do bioestimulante Radifarm® no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2016/17.....	18
Figura 4. Valores de rentabilidade (RENT) em função das doses do bioestimulante Radifarm® no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2016/17.....	18
Figura 5. Valores de rentabilidade (RENT) em função das doses do bioestimulante Radifarm® no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2017/18.....	22
Figura 6. Regressão polinomial do número de vagens nas hastes secundárias (NVS) e total (NVT) em função das doses do bioestimulante Radifarm® no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2017/18.....	22
Figura 7. Regressão polinomial da altura de plantas (AP) em função das doses do bioestimulante Radifarm® no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2017/18.....	23
Figura 8. Regressão polinomial da taxa transpiratória (E) em função das doses do bioestimulante Radifarm® no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2017/18.....	24

CAPÍTULO II – CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM O BIOESTIMULANTE RADIFARM®

Figura 1. Regressão polinomial do comprimento de parte aérea (CPA) de plantas em casa de vegetação em função das diferentes doses do bioestimulante Radifarm® aplicado em tratamento de sementes de soja. Rio Verde-GO, 2018.....37

Figura 2. Regressão polinomial do percentual de germinação de sementes de soja, obtido nas duas contagens do teste padrão de germinação (TPG1 e TPG2), e no teste de envelhecimento acelerado (EA), em função do tratamento com diferentes doses do bioestimulante Radifarm®. Rio Verde-GO, 2018.....38

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo / Sigla	Significado	Unidade de Medida
N	nitrogênio	%
P	fósforo	mg dm ⁻³
Ca	cálcio	cmol _c dm ⁻³
Mg	magnésio	cmol _c dm ⁻³
K	potássio	cmol _c dm ⁻³
Al	alumínio	cmol _c dm ⁻³
Zn	zinco	%
H + Al	hidrogênio + alumínio	cmol _c dm ⁻³
C _{org}	carbono orgânico	%
H ₂ O	água	mmol
CO ₂	dióxido de carbono	μmol
K ₂ O	óxido de potássio	%
CaO	óxido de cálcio	%
MgO	óxido de magnésio	%
SB	soma de bases	cmol _c dm ⁻³
CTC	capacidade de troca catiônica	cmol _c dm ⁻³
m%	saturação por alumínio	%
V%	saturação por bases	%
pH	potencial de hidrogênio	-
M.O.	matéria orgânica	g dm ⁻³
PRNT	poder reativo de neutralização total	%
DAE	dias após a emergência	-
V _x	estádio vegetativo	-
R _x	estádio reprodutivo	-
PROD	produtividade de grãos	kg ha ⁻¹
RENT	rentabilidade	R\$ ha ⁻¹
PMG	peso de mil grãos	g
NGP	número de grãos por planta	-
NVP	número de vagens na haste principal	-
NVS	número de vagens nas hastes secundárias	-
NVT	número de vagens total	-
RAM	número de ramificações	-
POP	população de plantas	plantas ha ⁻¹
AP	altura de plantas	cm
AIV	altura de inserção da primeira vagem	cm
VIG	vigor	-
A	taxa fotossintética	μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹
E	taxa transpiratória	mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹
EUA	eficiência no uso da água	μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹ mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹
Gs	condutância estomática	mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹
CI/CA	razão entre a concentração interna e externa de CO ₂	-
CR	comprimento da raiz	cm

CPA	comprimento da parte aérea	cm
MFR	massa fresca de raiz	g
MFPA	massa fresca da parte aérea	g
MSR	massa seca de raiz	g
MSPA	massa seca de parte aérea	g
NTN	número total de nódulos	-
MSN	massa seca de nódulos	g
NV	percentual de nódulos viáveis	%
TPG 1	primeira contagem do teste padrão de germinação	%
TPG 2	segunda contagem do teste padrão de germinação	%
EA	envelhecimento acelerado	%
CR	comprimento de raízes	cm
ELA	emergência em leito de areia	%
IVE	índice de velocidade de emergência	-
°	graus	-
'	minutos	-
m	metros	-
L	litros	-
m ²	metros quadrados	-
kg	quilograma	-
g	gramas	-
mm	milímetros	-
°C	graus Célsius	-
%	porcentagem	-
h	horas	-
cm	centímetros	-
ha	hectare	-
R\$	reais	-
R\$ ha ⁻¹	reais por hectare	-
kg ha ⁻¹	quilogramas por hectare	-
L ha ⁻¹	litros por hectare	-
mg dm ⁻³	miligrama por decímetro cúbico	-
cmol _c dm ⁻³	centimol de carga por decímetro cúbico	-
g dm ⁻³	grama por decímetro cúbico	-
μmol m ⁻² s ⁻¹	micromol por metro por segundo	-
mmol m ⁻² s ⁻¹	milimol por metro por segundo	-
L 100 kg sementes ⁻¹	litros por cem quilos de sementes	-

RESUMO

MELO, GABRIEL BRESSIANI. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, julho de 2018. **Tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm®**. Orientador: Dr. Alessandro Guerra da Silva. Coorientador: Dr. Adriano Perin.

A inclusão de bioestimulantes no tratamento de sementes permite efeitos sobre a cultura desde os estádios iniciais, impactando a produtividade de grãos. Estes efeitos são potencializados com o uso de produtos derivados de compostos naturais, devido ao estímulo metabólico e nutricional proporcionado pela ação sinérgica entre os compostos orgânicos. Entretanto, pouco ainda se sabe sobre os efeitos desta prática na cultura da soja. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm® sobre os componentes produtivos e características agronômicas da cultura em campo, além das características morfofisiológicas das plantas em casa de vegetação e vigor das sementes em laboratório. Em ambos os ensaios foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com seis repetições e quatro tratamentos, correspondendo a quatro doses do Radifarm®, 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 L 100 kg sementes⁻¹. Os ensaios de campo foram conduzidos no município de Montividiu-GO, em duas safras agrícolas. Na primeira, 2016/17, foi constatado aumento de produtividade, rentabilidade e peso de mil grãos. Na segunda, 2017/18, não houve efeito do bioestimulante sobre a produtividade da cultura, e foi associado ao maior volume de chuvas em relação à primeira safra. Apesar disso, ocorreu redução linear da transpiração com o aumento de doses do produto. Por outro lado, houve aumento do número de vagens e altura de plantas até a dose de 0,08 e 0,09 L 100 kg sementes⁻¹, respectivamente. Em casa de vegetação, houve aumento do comprimento de parte aérea até a dose de 0,09 L 100 kg sementes⁻¹. Não houve efeito do Radifarm® sobre a nodulação das plantas. Em laboratório, foi constatado aumento na germinação das sementes até a dose de 0,10 L 100 kg sementes⁻¹. Por outro lado, houve redução na germinação de sementes no teste de envelhecimento acelerado. Portanto, o bioestimulante Radifarm® demonstrou potencial para ser usado no tratamento de sementes de soja.

PAVAVRAS-CHAVES: *Ascophyllum nodosum*, compostos orgânicos, *Glycine max* L, produtividade de grãos, qualidade fisiológica de sementes, vigor.

ABSTRACT

MELO, GABRIEL BRESSIANI. Federal Goiano Institute - Rio Verde Campus - GO, July 2018. **Treatment of soybean seeds with the Radifarm® biostimulant.** Advisor: Dr. Alessandro Guerra da Silva. Co-mentor: Dr. Adriano Perin.

The biostimulants inclusion in the seeds treatment allows effects on the crop from the early stages, impacting grain yield. These effects are potentiated by using products derived from natural compounds, due to the metabolic and nutritional stimulus provided by the synergistic action between the organic compounds. However, little is known about the effects of this practice on soybean crop. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of soybean treatment with the biostimulant Radifarm® on the productive components and agronomic characteristics of the field crop, besides the morphophysiological characteristics of the plants in greenhouse and the seeds vigor in the laboratory. In both trials, a randomized complete block design with six replications and four treatments was used, corresponding to four doses of Radifarm®, 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 L 100 kg seed⁻¹. The field trials were carried out in the municipality of Montividiu-GO, in two agricultural crops. In the first, 2016/17, it was verified increase of productivity, profitability and weight of thousand grains. In the second, 2017/18, there was no effect of the biostimulant on crop productivity, which was associated with higher rainfall volume in relation to the first crop. Despite this, there was a linear reduction of sweating with increasing doses of the product. On the other hand, there was an increase in the number of pods and height of plants up to the dose of 0,08 and 0,09 L 100 kg seeds⁻¹, respectively. In greenhouse, there was an increase in shoot length up to the dose of 0,09 L 100 kg seed⁻¹. There was no effect of Radifarm® on plant nodulation. In the laboratory, seed germination increased up to a dose of 0,10 L 100 kg seed⁻¹. On the other hand, there was a reduction in seed germination in the accelerated aging test. Therefore, the biostimulant Radifarm® demonstrated potential to be used in the treatment of soybean seeds.

KEY WORDS: *Ascophyllum nodosum*, organic compounds, *Glycine max* L, grain yield, physiological seed quality, vigor.

INTRODUÇÃO

O complexo produtivo de soja (grão, farelo e óleo) é o principal gerador de divisas cambiais do Brasil, que é atualmente o maior produtor da oleaginosa, com 119 milhões de toneladas produzidas na safra 17/18 (CONAB, 2018). Com negociações anuais que ultrapassam US\$ 20 bilhões, a commodity é a principal responsável pelo saldo positivo da balança comercial brasileira (MAPA, 2016).

A soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área cultivada em grãos do país (CONAB, 2018). O aumento de produtividade está associado ao grande esforço da iniciativa público-privada na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, além do aprimoramento do manejo e eficiência dos produtores (EMBRAPA, 2017).

Dentre as tecnologias inovadoras para o aumento de produtividade da cultura, os bioestimulantes têm demonstrado resultados promissores (BERTOLIN et al., 2010). Estes produtos são definidos como sendo uma mistura de dois ou mais reguladores vegetais (análogos químicos de fitormônios) com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas, etc.) (SANTOS et al., 2013). O uso de bioestimulantes é capaz de alterar os processos fisiológicos e metabólicos da planta, culminando em incrementos na produtividade (SILVA et al., 2008; ALBRECHT et al., 2011).

A aplicação de bioestimulantes é geralmente realizada via foliar ou sulco de semeadura, dependendo da natureza física do produto e de sua formulação (YAKHIN et al., 2017). Todavia, nos últimos anos, devido ao grande aumento na adoção do tratamento de sementes realizado na propriedade rural, tornou-se viável a aplicação de bioestimulantes também nas sementes, algo que ocorre em baixa escala no tratamento industrial. Quanto à constituição, alguns produtos possuem origem sintética, enquanto outros são derivados de organismos vivos, geralmente plantas ou algas (POVERO et al., 2016).

A bioestimulação de culturas por meio do extrato de algas tem sido realizada na agricultura europeia há tempos (MASNY et al., 2004), especialmente pela proximidade da região de extração das algas, no litoral dos países nórdicos. Atualmente, graças aos avanços nas técnicas de secagem e conservação, foi viabilizada sua difusão pelo mundo

(IGNA & MARCHIORO, 2010). No Brasil, o uso de produtos à base de extrato de algas na agricultura é regulamentado pelo Decreto nº 4.954 (BRASIL, 2004), enquadrado como agente complexante em formulações de adubos foliares e também utilizado na fertirrigação.

Dentre as espécies de algas utilizadas, destaca-se a alga marrom (*Ascophyllum nodosum*). Esta espécie, encontrada nas águas do atlântico norte sob condições extremas de temperatura e agitação das marés (VADAS & WRIGHT, 1986), consegue desenvolver mecanismos para sua sobrevivência, acumulando grande quantidade de macro e micronutrientes, além de aminoácidos e fitormônios, tornando seu extrato uma rica fonte natural às plantas (KOYAMA et al., 2012).

Dentre os efeitos positivos inerentes à aplicação de extratos de algas em cultivos, podem ser citados: o aumento do sistema radicular, melhoria na germinação de sementes e estabelecimento das plântulas, melhoria na mobilização, absorção e particionamento de nutrientes, melhoria no enraizamento, crescimento, florescimento de plantas, aumento de produtividade, aumento no conteúdo de clorofila foliar, além de conferir tolerância a estresses bióticos e abióticos (SHARMA et al., 2014).

Apesar do modo de ação de alguns compostos dos extratos de algas já serem conhecidos, grande quantidade de outros compostos ainda não foi caracterizada (ARAÚJO, 2016). Todavia, a sinergia ou a complementariedade entre os compostos aparenta ser a principal causa dos efeitos observados (WALLY et al., 2013).

Dentre os compostos naturais biologicamente ativos do extrato de *A. nodosum* estão os análogos aos hormônios vegetais: auxina, citocinina e giberelina. Estudos também indicam a presença de polifenóis, betaínas, polissacarídeos, ácidos graxos, esteroides e poliaminas, além de macro e micronutrientes (KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2010; SANGHA et al., 2010). No entanto, mesmo na ausência de nutrientes, os extratos de algas têm demonstrado ser capazes de promover o crescimento vegetal (ARAÚJO, 2016).

No Brasil, o uso da alga *A. nodosum* na agricultura encontra-se em plena expansão, principalmente na horticultura. No entanto, sua utilização em culturas graníferas ainda é escasso, principalmente pela carência de estudos referentes a recomendações de doses e formas de aplicação dos produtos (OLIVEIRA et al., 2011). Assim sendo, faz-se necessário o desenvolvimento de trabalhos que explorem o potencial do uso de produtos bioestimulantes à base de *Ascophyllum nodosum* em culturas de alto

impacto econômico como a soja, especialmente sobre formas alternativas de aplicação, na busca de maiores produtividades e rentabilidade aos produtores.

Mediante ao exposto, parte-se do pressuposto que o uso de bioestimulante à base de *A. nodosum* no tratamento de sementes de soja, propicie melhoria nas características produtivas da cultura, que as sementes e plantas submetidas ao uso deste bioestimulante apresentem alterações morfofisiológicas, que resultem em aumento do vigor.

OBJETIVOS

Geral

Avaliar os efeitos do tratamento de sementes de soja com doses do bioestimulante Radifarm® à base de extrato *Ascophyllum nodosum* nas características agronômicas e fisiológicas das plantas, além dos componentes produtivos da cultura e vigor das sementes.

Específicos

I. Avaliar os efeitos do bioestimulante nas características agronômicas e na rentabilidade do cultivo da soja;

II. Analisar as alterações morfofisiológicas das plantas de soja proporcionadas pelo bioestimulante;

III. Avaliar os efeitos do bioestimulante sobre a nodulação das plantas de soja;

IV. Avaliar o vigor das sementes de soja submetidas ao tratamento com o bioestimulante;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ARAÚJO, D. K. Extratos de *Ascophyllum nodosum* no tratamento de sementes de milho e soja: avaliações fisiológicas e moleculares. **Tese de Doutorado**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 108 p., 2016.

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

BRASIL. Decreto nº. 4.954, de 14 de janeiro de 2004. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 de jan. 2004. Seção 1, p. 2.

CONAB – Companhia Brasileira de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2017/18 - 10º Levantamento**. Brasília, DF. v. 5, n. 10, 178 p., 2018. Disponível em: <www.conab.gov.br/> Acesso em: 31 de junho de 2018.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**. v. 23, p. 371–393, 2010.

EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Londrina-PR. 21p., 2017.

IGNA, R. D.; MARCHIORO, V. S. Manejo de *Ascophyllum nodosum* na cultura do trigo. **Cultivando o saber**, Cascavel, v.3, p.64-71, 2010.

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES D. M. CRITCHLEY A. T.; CRAIGIE J. S.; NORRIE J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, Secaucus, v. 28, p. 386–399, 2009.

KOYAMA, R.; BETTONI, M. M.; RODER, C.; ASSIS, A. M.; ROBERTO, S. F.; MÓGOR, A. F. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis no desenvolvimento vegetativo e na produção do tomateiro. **Revista Ciências Agrárias**, v. 55, n. 4, p. 282-287, 2012.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Soja**, 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>. Acesso em: 07 abr. 2018.

MASNY, A.; BASAK, A.; ZURAWICZ, E. Effects of foliar application of KELPAK SL and GOEMAR BM 86 preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 12, p. 23-27, 2004.

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

POVERO, G.; MEJIA, J. F.; DI TOMMASO, D.; PIAGGESI, A.; WARRIOR, P. A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. **Frontiers in Plant Science**. v. 7, p. 435, 2016.

SANGHA, J. S.; RAVICHANDRAN, S.; PRITHIVIRAJ, K.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. Sulfated macroalgal polysaccharides λ -carrageenan and λ -carrageenan differentially alter *Arabidopsis thaliana* resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. v. 75, p. 38–45, 2010.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.; VARANDA, M. A. F.; TAUBINGER, M. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea*

mays L., **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 12, n. 3, p. 307-318. 2013.

SHARMA, H. S. S.; FLEMING, C.; SELBY, C.; RAO, J. R.; MARTIN, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 26, n. 1, p. 465–490, 2014.

SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2008.

VADAS, R. L.; WRIGHT W. A. Recruitment, growth and management of *Ascophyllum nodosum*. **Actas II Congresso.**, Algas Mar. Chilenas, 1986, 101⁻¹ 13.

WALLY, O. S. D.; CRITCHLEY, A. T.; HILTZ, D.; CRAIGIE, J. S.; HAN, X.; ZAHARIA, L. I.; ABRAMS, S. R.; PRITHIVIRAJ, B. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 32, n. 2, p. 324–339, 2013.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in plant Science**. v. 7, p. 2049, 2017.

CAPÍTULO I – DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SOJA COM SEMENTES TRATADAS POR BIOESTIMULANTE À BASE DE EXTRATO DE ALGAS

Resumo: A utilização de bioestimulantes no tratamento de sementes pode proporcionar efeitos na cultura desde os estádios iniciais, os quais, podem ser potencializados devido ao sinergismo entre os componentes orgânicos presentes em produtos derivados de compostos naturais. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do tratamento de sementes com diferentes doses do bioestimulante Radifarm[®], sobre características agronômicas, fisiológicas e componentes produtivos da soja. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com seis repetições e quatro tratamentos, relativos as quatro doses do produto: 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 L 100 kg sementes⁻¹. O ensaio foi conduzido a campo, em Montividiu-GO, em um latossolo sob sistema de semeadura direta sobre palhada do milho, nas safras 2016/17 e 2017/18. Na primeira safra, foi utilizada a cultivar TMG 7062[®], enquanto na segunda, a cultivar M7110[®]. O uso de doses acima de 0,08 L 100 kg sementes⁻¹ de Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja proporcionou ganhos nos componentes produtivos da cultura. Todavia, em condições de menor volume e distribuição de chuvas, ocorreu ganho de produtividade de grãos a partir de 0,12 L 100 kg, sendo que, na maior dose (0,15 L 100 kg sementes⁻¹), foram observados os maiores valores de produtividade de grãos e rentabilidade. O aumento na produtividade está relacionado ao aumento no peso de grãos. Houve redução na transpiração das plantas com o aumento das doses do Radifarm[®]. O uso de Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja demonstrou viabilidade.

Palavras-chave: *Ascophyllum nodosum*, *Glycine max* L, produtividade de grãos, precipitação.

CHAPTER I - AGRONOMIC PERFORMANCE OF SOYBEAN CULTIVARS WITH SEEDS TREATED BY BIOSTIMULANT BASED ON ALGAE EXTRACT

Abstract: The biostimulants use in seed treatment may provide effects on the crop from the early stages which may be potentiated due to the synergism between the organic components present in products derived from natural compounds. In this sense, the present work had as objective to evaluate the effects of seed treatment with different doses of the biostimulant Radifarm[®], on agronomic, physiological and productive components of soybean. A randomized complete block design with six replicates and four treatments was used for the four product doses: 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 L 100 kg seed⁻¹. The field experiment was carried out in Montividiu-GO field on a latosol under a no-tillage system on maize straw, in the 2016/17 and 2017/18 harvests. In the first crop, the cultivar TMG 7062[®] was used, while in the second, the cultivar M7110[®]. The use of doses above 0,08 L 100 kg seed⁻¹ of Radifarm[®] in the treatment of soybean seeds provided gains in the productive components of the crop. However, under conditions of lower volume and rainfall distribution, grain yield gain increased from 0,12 L to 100 kg seeds⁻¹, and in the highest dose (0,15 L 100 kg seeds⁻¹) was observed the highest values of grain yield and profitability. The increase in productivity is related to the increase in grain weight. There was a reduction in plants transpiration with increasing doses of Radifarm[®]. The use of Radifarm[®] in the treatment of soybean seeds demonstrated viability.

Key words: *Ascophyllum nodosum*, *Glycine max* L, grain yield, precipitation.

1.1 Introdução

O aumento exponencial na produção nacional de soja nos últimos anos está diretamente ligado ao desenvolvimento e difusão de tecnologias para a cultura (EMBRAPA, 2017). Entretanto, a adoção de tecnologias cada vez mais complexas aumenta o custo de produção da cultura, gerando reduções na rentabilidade, mesmo com aumento na produtividade (RICHETTI, 2015). Visando reduzir os custos, muitos produtores têm buscado tecnologias alternativas, além de estratégias de manejo diferenciadas. Neste contexto, os bioestimulantes surgem como opção interessante para o aumento da rentabilidade, devido ao incremento de produtividade proporcionado à custos reduzidos, sendo crescente sua adoção entre os sojicultores (SANTINI et al., 2015). Todavia, grande parte do uso ainda está restrito à aplicação foliar de produtos sintéticos (CASTRO, 2006; KLAHOLD et al., 2006; ÁVILA et al., 2008; BERTOLIN et al., 2010; ALBRECHT et al., 2011, 2012).

Entretanto, a realização do tratamento de sementes na propriedade rural, também possibilita a inclusão de bioestimulantes neste manejo, uma vez que pouco ainda é realizado industrialmente. Diferente dos efeitos quando aplicados via pulverização foliar, os bioestimulantes aplicados nas sementes podem favorecer a germinação e emergência de plântulas, melhorando o estabelecimento do estande, essencial para obtenção de maiores produtividades (CARVALHO, 2013).

Além disso, a adoção de biostimulantes no tratamento de sementes em detrimento da pulverização foliar, diminui o número de operações necessárias para a aplicação do produto, reduzindo a compactação de plantas e do solo, os riscos de perdas por lixiviação, a disponibilidade de máquinas, mão de obra e tempo, e especialmente, os custos com o manejo do produto.

Por outro lado, apesar da grande difusão de produtos sintéticos, diversos trabalhos têm demonstrado o benefício no tratamento de sementes de soja com bioestimulantes derivados de compostos naturais, especialmente aqueles à base de extrato de algas da espécie *Ascophyllum nodosum* (FERRAZZA & SIMONETTI, 2010; CARVALHO, 2013; ARAÚJO, 2016; MARAFON & SIMONETTI, 2016). Estas algas sobrevivem sob condições extremas de temperatura e agitação das marés, acumulando diversos compostos orgânicos como aminoácidos, fitormônios, polifenóis, betaínas, polissacarídeos, ácidos graxos, esteroides e poliaminas, além de macro e micronutrientes (KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2010; SANGHA et al., 2010)

A aplicação do extrato de algas *A. nodosum* tem demonstrado capacidade em promover melhorias na germinação de sementes e estabelecimento das plântulas, na mobilização, absorção e particionamento de nutrientes, no enraizamento, crescimento, florescimento, aumento no conteúdo de clorofila foliar, aumento de produtividade, além de conferir tolerância a estresses bióticos e abióticos (SHARMA et al., 2014).

Apesar de promissor, pouco ainda se sabe sobre os efeitos do uso de bioestimulantes no tratamento de sementes de soja, sobretudo os derivados de compostos naturais, que apresentam extrato de algas em sua composição (ARAÚJO, 2016). Neste sentido, faz-se necessária a realização de estudos para avaliar as possíveis contribuições destes produtos para a cultura da soja.

Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses de um produto à base de *A. nodosum* (Radifarm[®]) no tratamento de sementes de soja sobre as características agronômicas, produtividade de grãos e rentabilidade.

1.2 Material e Métodos

Os ensaios foram instalados a campo no município de Montividiu-GO durante dois anos agrícolas. Na primeira safra (2016/17), o ensaio se localizou nas coordenadas 17°31.051' S; 051°12.933' W, a 890 m de altitude, enquanto na segunda (2017/18), nas coordenadas 17°31,312' S; 51°13,275' W, a 876 m de altitude. Os ensaios foram conduzidos sob um latossolo vermelho cultivado em sistema de semeadura direta, tendo o milho como cultura antecessora, em uma área com 20 anos de plantio de soja. O clima da região é classificado como Aw (tropical) conforme Köppen (CASTRO NETO, 1982). Os dados de precipitação e temperatura durante a condução dos ensaios estão apresentados na Figura 1.

Em ambos os anos, foi adotado o delineamento estatístico de blocos ao acaso com seis repetições e quatro tratamentos, correspondendo a quatro doses do Radifarm[®] (0,00; 0,05; 0,10; 0,15 L 100 kg sementes⁻¹) em tratamento de sementes. Este é um produto derivado de compostos naturais, tendo como matérias primas: ureia, acetato de potássio, quelato de zinco, vinhaça, extrato de algas e água. É recomendado para aplicação via fertirrigação e tratamento de sementes, sendo composto por: 10,0% de C_{org}, 8,0% de K₂O, 3,0 % de N, 0,1% de Zn, e 78,9 % de ingredientes inertes (VALAGRO, 2018).

As parcelas continham cinco linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. A área útil foi obtida levando-se em consideração as duas linhas centrais,

desconsiderando 0,5 m de cada extremidade, apresentando, portanto, 5,0 m².

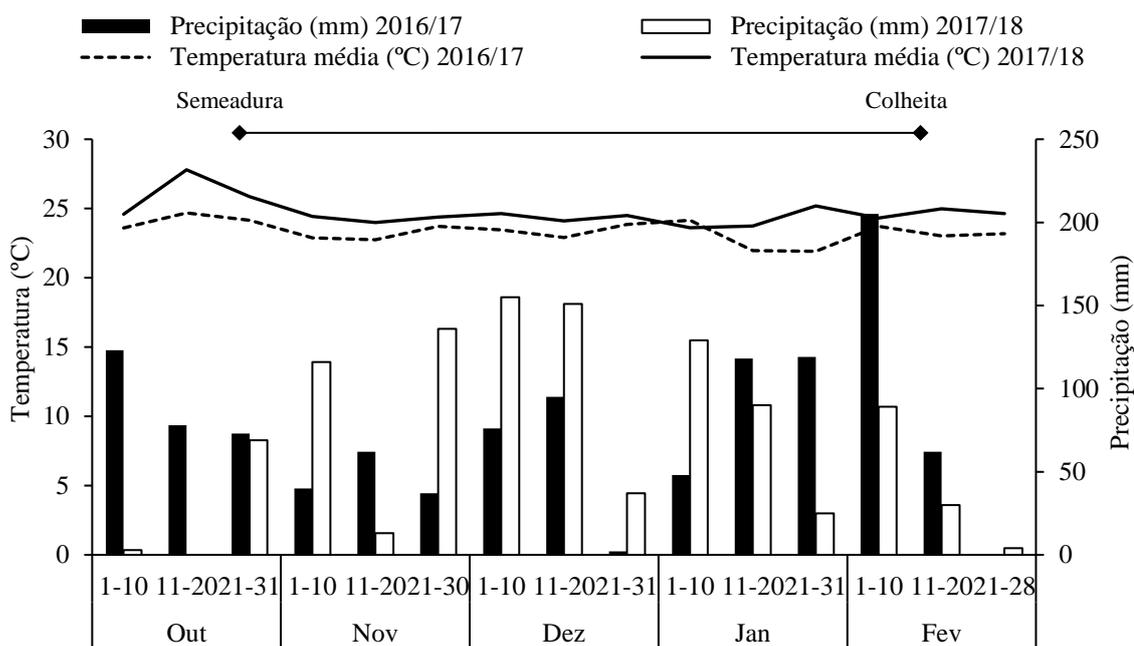


Figura 1. Valores médios de precipitação (mm) e de temperatura média do ar (°C) durante a condução dos ensaios. Montividiu-GO.

Com intuito de verificar o efeito do produto na performance inicial das plantas de soja, aos 15 dias após a emergência (DAE), no estádio V₂, foi realizada avaliação do vigor das plantas, que consiste na observação visual do desenvolvimento das plantas, com uso de escala de notas comparativa com a testemunha (dose 0,00 L 100 kg sementes⁻¹), de 1 a 5 sendo 1: muito pior; 2: pior; 3: igual; 4: melhor; e 5: muito melhor.

A colheita da primeira safra foi realizada em 16 de fevereiro de 2017, aos 118 DAE, enquanto a segunda foi colhida em 17 de fevereiro de 2018, aos 105 DAE.

Por ocasião da colheita, foram realizadas na área útil das parcelas as avaliações de produtividade de grãos (colheita das plantas, debulha das vagens e pesagem dos grãos com correção da umidade para 13%), peso de mil grãos (contagem e posterior pesagem de mil grãos a partir da amostra de produtividade, com correção da umidade para 13%), número de grãos por planta (determinado através da expressão: (produtividade / (peso de mil grãos / 1000)) / população de plantas), número de vagens nas hastes principal, secundárias e total (contagem do número de vagens nas hastes principal e secundária em cinco plantas escolhidas aleatoriamente, e posteriormente efetua-se o somatório para obtenção do número de vagens totais por planta), número de ramificações (contagem do número de ramos de cinco plantas coletadas aleatoriamente), população de plantas (contagem do número de plantas), alturas de plantas e de inserção da primeira vagem

(medição do colo até a extremidade do último trifólio e da inserção da primeira vagem, respectivamente, em cinco plantas escolhidas aleatoriamente).

A rentabilidade foi calculada pela expressão: (PROD tratamento X – PROD test) / 60 x valor da saca – custo da aplicação; em que, PROD tratamento X: produtividade de grãos de cada tratamento; PROD test: produtividade de grãos do tratamento testemunha (dose 0,00 L 100 kg sementes⁻¹); valor da saca: preço da saca de 60 kg de grãos de soja no município de Rio Verde-GO por ocasião da colheita dos ensaios (R\$ 67,00 na safra 2016/17 e R\$ 60,00 na 2017/18); custo da aplicação: levou-se em consideração o custo o preço do litro de Radifarm[®] em revenda de Rio Verde-GO por ocasião da semeadura do ensaio (R\$ 97,00 na safra 2016/17 e R\$ 109,00 na 2017/18).

1.2.1 Safra 2016/17

A adubação da área foi feita com um mês de antecedência à semeadura, com 375 kg ha⁻¹ de fosfato natural (24% de P₂O₅), e 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (60% de K₂O), aplicados a lanço.

Por ocasião da semeadura, foram realizadas amostragens de solo nas profundidades de 0 a 10 e de 10 a 20 cm na área experimental. Posteriormente, foi realizada a interpretação das características químicas do solo de acordo com Ribeiro et al. (1999). Os valores e a respectiva interpretação foram: pH em CaCl₂: 4,8^B e 4,5^B; Ca: 1,73^M e 1,20^B; Mg: 0,53^M e 0,26^B; K: 0,28^A e 0,23^A; Al: 0,12^{MA} e 0,22^A; H+Al: 4,13^B e 3,56^B; SB: 2,54^M e 1,69^B; CTC: 6,67^A e 5,25^A, em cmol_c dm⁻³; P: 6,81 R e 4,9 R mg dm⁻³; M.O.: 41,8^A e 37,0^M g dm⁻³; m%: 4,5^{MA} e 11,5^{MA}; V%: 38,1^B e 32,2^B; argila: 47 e 47%; silte: 8 e 8%; e areia: 45 e 45%. Sendo, ^{MA}: muito alto; ^A: alto; ^M: médio; ^B: baixo.

Separaram-se as sementes em quatro lotes de 4 kg em sacos plásticos, os quais receberam o bioestimulante Radifarm[®] nas respectivas doses, sendo homogeneizado de forma manual. Posteriormente deixou-se as sementes secarem para efetuar a semeadura.

A semeadura foi realizada de forma mecanizada em 21 de outubro de 2016, através de semeadora pneumática de dez linhas, após o estabelecimento do período chuvoso na região (Figura 1). Foi utilizado o cultivar TMG 7062 IPRO[®] (grupo de maturação 6.2 e de hábito de crescimento semideterminado), sendo adotada a população de 260 mil sementes ha⁻¹.

As pulverizações para controle fitossanitário da cultura foram realizadas por meio de pulverizador autopropelido. O controle de plantas daninhas foi realizado aos 24 (DAE), com a aplicação de 2,00 L ha⁻¹ de Roundup Transorb[®] (glyphosate sal de potássio) + 0,80 L ha⁻¹ de Fusilade[®] (fluazifop-p-butílico). O manejo de pragas foi feito aos 54 DAE, com aplicação de 0,15 L ha⁻¹ de Proclain[®] (benzoato de emamectina) + 0,50 L ha⁻¹ de Nimbus[®]. O controle de doenças foi realizado inicialmente, aos 43 DAE, com aplicação de 0,30 L ha⁻¹ de Priori Xtra[®] (protioconazol + trifloxistrobina) + 0,50 L ha⁻¹ de Nimbus[®], e posteriormente, aos 59 DAE, com 0,20 L ha⁻¹ de Elatus[®] (azoxistrobina + benzovindiflupir) + 0,60 L ha⁻¹ de Nimbus[®] + 0,80 L ha⁻¹ de carbendazim.

1.2.2 Safra 2017/18

A adubação da área foi feita com um mês de antecedência a semeadura, com 250 kg ha⁻¹ do fertilizante 07-40-00, 170 kg ha⁻¹ de KCl, 220 kg ha⁻¹ de CaMag, 2,0 toneladas ha⁻¹ de cama de frango e 500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola aplicadas à lanço.

Por ocasião da semeadura, foram realizadas amostragens de solo nas profundidades de 0 a 10 e de 10 a 20 cm na área experimental. Posteriormente, foi realizada a interpretação das características químicas do solo de acordo com Ribeiro et al. (1999). Os valores e a respectiva interpretação foram: pH em CaCl₂: 4,3^B e 3,9^B; Ca: 4,5^{MA} e 1,8^M; Mg: 1,0^A e 0,3^B; K: 0,26^A e 0,21^A; Al: 0,25^{MA} e 0,30^A; H+Al: 3,5^B e 4,7^B; SB: 5,7^A e 2,3^M; CTC: 9,3^{MA} e 7,0^A, em cmol_c dm⁻³; P: 25,5^{MA} e 8,9^M mg dm⁻³; M.O.: 45,9^A e 32,1^M g dm⁻³; m%: 4,2^{MA} e 11,4^{MA}; V%: 62^A e 33^B; argila: 54 e 57%; silte: 10 e 8%; e areia: 36 e 35%. Sendo, Sendo, ^{MA}: muito alto; ^A: alto; ^M: médio; ^B: baixo.

Para o controle de pragas e fungos na fase inicial de desenvolvimento das plântulas, as sementes foram tratadas, de forma mecanizada, em um misturador de semente, na data da semeadura, com 0,15 L de Ampligo[®] (clorantraniliprole + lambda-cialotrina), 0,25 L de Cruiser[®] (tiametoxam) e 0,15 L de Protreate[®] (carbendazim + tiram) para tratamento de 100 kg de sementes.

Após o tratamento químico, separaram-se as sementes em quatro lotes de 4 kg em sacos plásticos, os quais receberam o bioestimulante Radifarm[®] nas respectivas doses, sendo homogeneizado de forma manual. Posteriormente deixou-se as sementes secarem para efetuar a semeadura.

A semeadura foi realizada com semeadora pneumática de dez linhas em 30 de outubro de 2017, após o estabelecimento do período chuvoso na região (Figura 2). Nesta

ocasião, efetuou-se a inoculação no sulco de semeadura de 0,36 L de Biomax Premium (SEMIA 5079 e SEMIA 5080 - *Bradyrhizobium*) e 0,50 L de Bioamax Premium (*Azospirillum* AbV5), com uso de um equipamento tipo Micron acoplado na semeadora, regulado para aplicação de 50 L ha⁻¹. Foi utilizado o cultivar M7110 IPRO[®] (grupo de maturação 6.8 e de hábito de crescimento indeterminado), sendo adotada a população de 440 mil sementes ha⁻¹.

As pulverizações para controle fitossanitário da cultura foram por meio de pulverizador auto propelido. O controle de plantas daninhas foi realizado aos 15 (DAE), com a aplicação de 2,00 L ha⁻¹ de Roundup Transorb[®] (glyphosate sal de potássio). Para o controle de percevejos foram aplicados aos 55 DAE, 0,30 L ha⁻¹ de Galil[®] (imidacloprido), e posteriormente, aos 74 DAE, 1,00 kg ha⁻¹ de Perito[®] (acefato). Para o controle de lagartas, foram utilizados, aos 55 DAE, 0,15 L ha⁻¹ de Proclain[®] (benzoato de emamectina) + 0,30 L ha⁻¹ de Intrepid[®] (metoxifenoazida). Posteriormente, aos 74 DAE, efetuou-se a aplicação de 0,15 L ha⁻¹ de Imidagold[®] (imidacloprido) + 0,30 L ha⁻¹ de Intrepid[®] (metoxifenoazida). O controle de fungos foi realizado em três épocas de aplicação: a primeira, realizada aos 37 DAE com 0,40 L ha⁻¹ de Fox[®] (bixafen + protioconazol + trifloxistrobina) + 1,00 L ha⁻¹ de Carbomax[®] (carbendazim); a segunda, realizada aos 55 DAE com 0,20 kg ha⁻¹ de Elatus[®] (azoxistrobina + benzovindiflupir) + 1,00 L ha⁻¹ de Carbomax[®] (carbendazim) + 0,80 l ha⁻¹ de Frowncide[®] (fluazinam); e a terceira, realizada aos 74 DAE com 0,30 L ha⁻¹ de Approach Prima[®] (picoxistrobina + ciproconazole) + 1,50 kg ha⁻¹ de Unizeb[®] (mancozebe).

Realizou-se avaliações fisiológicas nas plantas no estágio R₄ (completa formação das vagens). Escolheu-se o folíolo central do terceiro trifólio completamente expandido do ápice para a base, a partir de uma planta escolhida aleatoriamente na área útil da parcela. As avaliações foram feitas entre as 9h e 12h, sem a presença de nebulosidade.

As medições de trocas gasosas foram realizadas por meio de um analisador portátil de gases por infravermelho IRGA CI-340, com fluxo de fótons fotossinteticamente ativos de 1000 μmol m⁻² s⁻¹. Foram determinadas a taxa fotossintética (determinação da assimilação líquida de CO₂), taxa transpiratória (determinação da transpiração na folha), eficiência no uso da água (razão entre a taxa fotossintética e transpiratória), condutância estomática (medição da difusão de CO₂ no interior da câmara subestomática da folha), e concentração interna e externa de CO₂ (razão entre a concentração de carbono externa (atmosférica) e interna da folha).

1.2.3 Análises estatísticas

Todos os dados foram submetidos a análise de variância com emprego do teste F (exceto para a variável rentabilidade). Quando constatada significância, empregou-se a análise de regressão polinomial para verificar o comportamento dos dados em função das doses de Radifarm®.

1.3 Resultados e Discussão

1.3.1 Safra 2016/17

Os resultados obtidos permitem constatar efeito das doses de Radifarm® no tratamento de semente de soja para produtividade e peso de mil grãos (Tabela 1). Assim como observado em outros trabalhos, doses crescentes do bioestimulante influenciaram os componentes produtivos da cultura (KLAHOLD et al., 2006; ALBRECHT et al., 2011; CARVALHO, 2013).

Tabela 1. Resumo da análise de variância e médias de produtividade de grãos (PROD), peso de mil grãos (PMG), número de grãos por planta (NGP), número de vagens nas hastes principal (NVP), secundárias (NVS) e total (NVT), do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm®. Montividiu-GO, 2016/17.

Fontes de variação	GL	PROD (kg ha ⁻¹)	PMG (g)	NGP	NVP	NVS	NVT
Blocos	5	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	3	**	**	ns	ns	ns	ns
R. Linear R ²	1	0,35 **	0,08 ns	0,64 ns	0,00 ns	0,08 ns	0,01 ns
R. Quadrática R ²	1	0,99 **	0,82 **	0,65 ns	0,00 ns	0,34 ns	0,08 ns
Médias		5.000	197,0	113	18	32	50
CV (%)		5,12	2,88	15,32	51,19	17,30	27,11

**; * e ns: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Na análise da produtividade de grãos, ocorreram ganhos reais a partir da dose de 0,12 L 100 kg sementes⁻¹, havendo aumento contínuo dos valores até a maior dose (0,12 L 100 kg sementes⁻¹; Figura 2), indicando a possibilidade de testes com doses mais elevadas do produto. Esta dose proporcionou acréscimo de produtividade de 9,5% em relação as plantas provenientes de sementes não tratadas.

As demais características avaliadas não foram influenciadas pelas doses de Radifarm® (Tabelas 1 e 2). Sendo assim, pode-se inferir que o aumento na produtividade

de grãos está diretamente relacionado ao aumento no peso de grãos, que apresentou comportamento dos dados muito semelhante ao de produtividade de grãos (Figura 3).

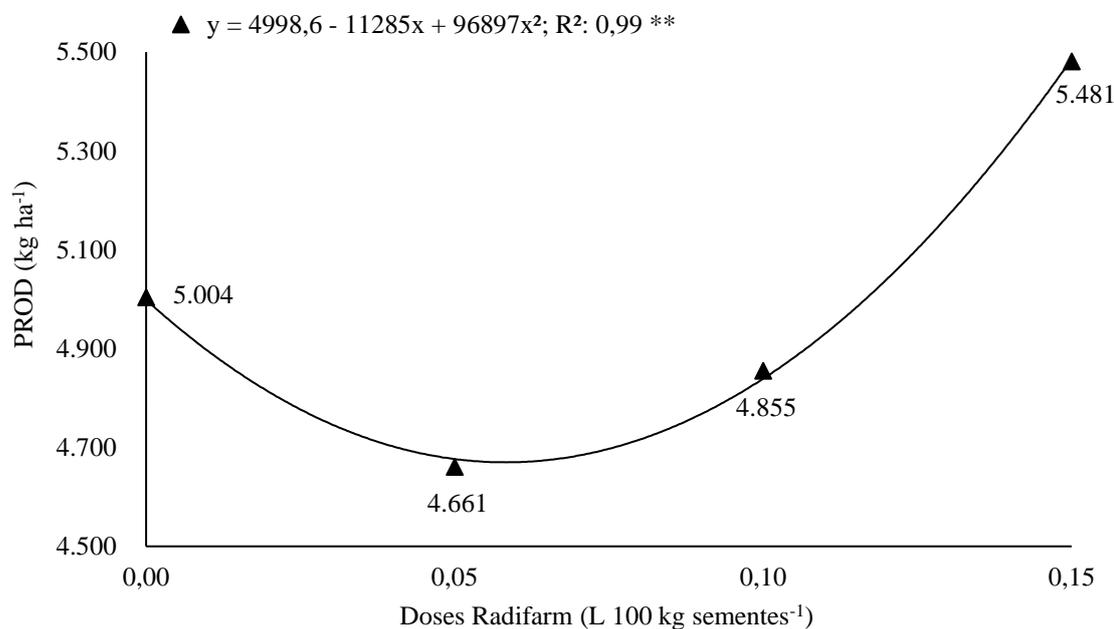


Figura 2. Regressão polinomial da produtividade de grãos (PROD) em função das doses do bioestimulante Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2016/17.

A resposta ao aumento da produtividade com uso do Radifarm[®] pode estar relacionada à ação dos compostos orgânicos presentes na composição do produto. Estes propiciam aumento no desenvolvimento do sistema radicular da planta, atribuído à presença de fitormônios e precursores hormonais (PETROZZA, 2013; BATISTA et al., 2015). Este efeito, aumenta a absorção de água e nutrientes na solução do solo na fase inicial de desenvolvimento, beneficiando a planta em estádios mais avançados.

Tabela 2. Resumo da análise de variância e médias do número do número de ramificações (RAM), população de plantas (POP), altura de plantas (AP) e de inserção da primeira vagem (AIV), e vigor (VIG) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm[®]. Montividiu-GO, 2016/17.

Fontes de variação	GL	RAM	POP (plantas ha ⁻¹)	AP (cm)	AIV (cm)	VIG
Blocos	5	ns	ns	*	*	ns
Tratamentos	3	ns	ns	ns	ns	ns
R. Linear R ²	1	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,00 ^{ns}
R. Quadrática R ²	1	0,05 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Médias		3	228.021	72,2	11,9	3,1
CV (%)		31,64	13,35	4,84	6,44	7,47

**; * e ns: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

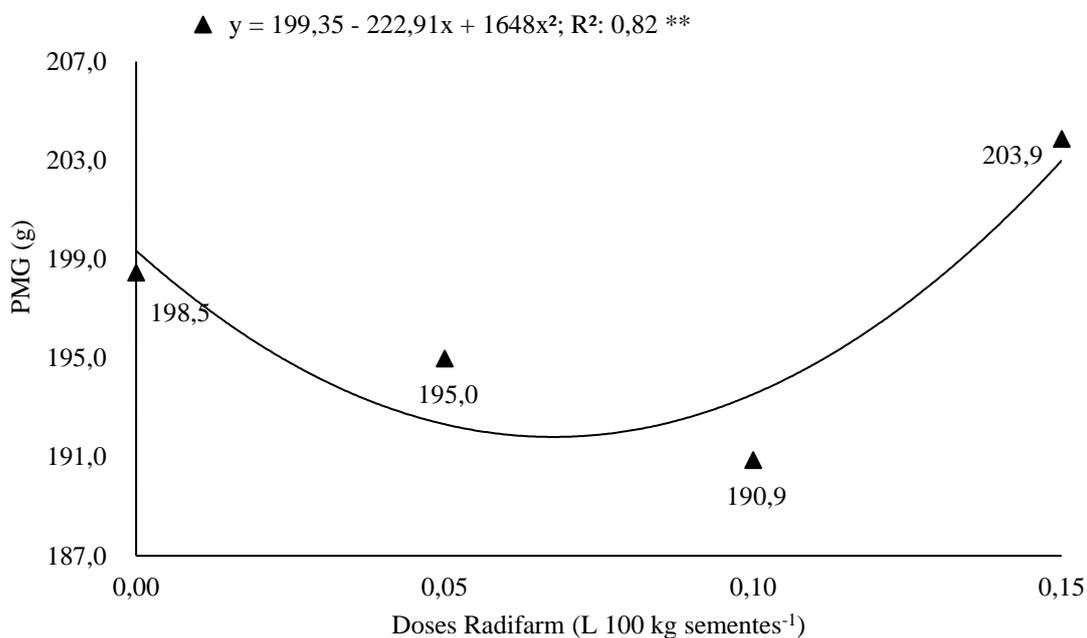


Figura 3. Regressão polinomial do peso de mil grãos (PMG) em função das doses do bioestimulante Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2016/17.

Apesar do acréscimo no custo de aplicação com o aumento de doses do produto, os maiores valores de rentabilidade foram observados na maior dose, com lucro de R\$ 506,73 ha⁻¹ em relação à testemunha (Figura 4). Este resultado, assim como o de produtividade, levam a crer que doses acima de 0,15 L 100 kg sementes⁻¹ podem proporcionar incrementos nas variáveis analisadas, indicando potencial para outros testes.

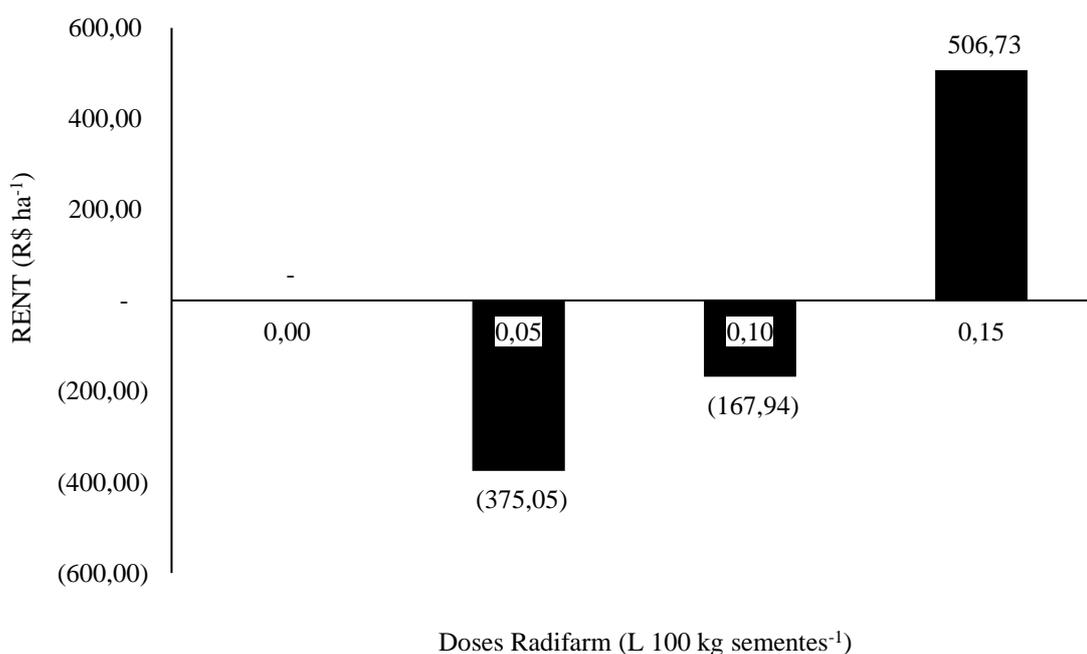


Figura 4. Valores de rentabilidade (RENT) em função das doses do bioestimulante Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2016/17.

Com o melhor desenvolvimento do sistema radicular, há maior absorção de água e nutrientes pelas plantas, que favorece o enchimento de grãos (BEULTER & CENTURION, 2004).

Por outro lado, também é preciso destacar a importância da presença de potássio na composição do produto. Este elemento é responsável pela atuação na ativação enzimática dos processos fisiológicos da planta e no transporte e particionamento de fotoassimilados no floema (EPSTEIN & BLOOM, 2006). A presença deste elemento também pode ter contribuído para o acréscimo no enchimento de grãos observado nos tratamentos com maiores doses do Radifarm[®]. Isto pode ter refletido nos acréscimos de valores de peso de mil grãos nas doses acima 0,13 L 100 kg sementes⁻¹, sendo o maior valor obtido na dose de 0,15 L 100 kg sementes⁻¹ (Figura 3).

No entanto, é preciso reiterar que o efeito estimulante de produtos derivados de compostos naturais, não se resume à presença de um composto específico, mas ao sinergismo entre os compostos orgânicos somado à presença de nutrientes na formulação do produto (WALLY et al., 2013).

1.3.2 Safra 2017/18

A análise dos resultados permitiu constatar efeitos das doses de Radifarm[®] para o peso de mil grãos e número de vagens nas hastes secundárias e total (Tabela 3), altura de plantas e vigor (Tabela 4). Para as avaliações fisiológicas foram constatados efeitos das doses para as taxas fotossintética e transpiratória, eficiência no uso da água e razão CI/CA das plantas de soja (Tabela 5).

A ausência de resposta significativa para a produtividade pode estar em parte relacionada à condição climática da safra 2017/18. Nesta safra, houve maior volume e uniformidade na distribuição de chuvas em comparação à safra anterior (Figura 1), especialmente no mês de dezembro, período em que cultura se encontrava no início do estágio reprodutivo, e há maior demanda de água para o enchimento de grãos (FARIAS et al., 2007). Sabendo-se do potencial do Radifarm[®] no estímulo à produção de raízes (PETROZZA, 2013; BATISTA et al., 2015) e conseqüentemente no aumento da capacidade de absorção de água pela planta, é possível que condições de menor precipitação possibilitem maior efeito sobre a cultura, enquanto condições mais favoráveis possam suprimir o efeito do produto.

Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias de produtividade (PROD), peso de mil grãos (PMG), número de grãos por planta (NGP), número de vagens nas hastes principal (NVP), secundárias (NVS) e total (NVT) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm[®]. Montividiu-GO, 2017/18.

Fontes de variação	GL	PROD (kg ha ⁻¹)	PMG (g)	NGP	NVP	NVS	NVT
Blocos	5	ns	ns	ns	ns	*	ns
Tratamentos	3	ns	**	ns	ns	**	**
R. Linear R ²	1	0,00 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}
R. Quadrática R ²	1	0,64 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,97 ^{**}	0,79 ^{**}
Médias		4.632	195,8	59	20	13	33
CV (%)		5,69	2,44	9,06	16,62	22,47	13,18

**; * e ^{ns}: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e médias do número de ramificações (RAM), população de plantas (POP), altura de plantas (AP) e de inserção da primeira vagem (AIV), e vigor (VIG) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm[®]. Montividiu-GO, 2017/18.

Fontes de variação	GL	RAM	POP (plantas ha ⁻¹)	AP (cm)	AIV (cm)	VIG
Blocos	5	**	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	3	ns	ns	**	ns	**
R. Linear R ²	1	0,35 ^{ns}	0,34	0,26 [*]	0,43 ^{ns}	0,25 ^{ns}
R. Quadrática R ²	1	1,00 ^{ns}	0,53	0,72 ^{**}	0,54 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Médias		4	406.250	78,3	13,4	3,3
CV (%)		10,86	7,43	6,17	12,89	7,92

**; * e ^{ns}: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e médias da taxa fotossintética (A), taxa transpiratória (E), eficiência no uso da água (EUA), condutância estomática (Gs), e razão entre a concentração interna e externa de CO₂ (CI/CA) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm[®]. Montividiu-GO, 2017/18.

Fontes de variação	GL	A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹) ^{**}	E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) ^{**}	EUA (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹ / mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) ^{**}	Gs (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	CI/CA ^{**}
Blocos	5	ns	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	3	**	**	**	ns	**
R. Linear R ²	1	0,00 ^{ns}	0,97 ^{**}	14,22 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,36 ^{ns}
R. Quadrática R ²	1	0,38 ^{**}	0,99 ^{ns}	51,34 [*]	0,02 ^{ns}	0,52 ^{ns}

Médias	19,1	4,3	4,5	352,4	0,77
CV (%)	6,26	3,86	8,57	7,23	2,12

**; * e ^{ns}: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Resultado semelhante foi observado por Albrecht et al. (2011), e a aplicação de bioestimulante só surtiu efeitos na produtividade em condições de menor precipitação e umidade do solo, evidenciando o estímulo ao vigor das plantas. Isso pode estar ligado a capacidade dos bioestimulantes, especialmente os compostos de extrato de algas, em conferir aumento na tolerância das plantas aos estresses hídricos (SANTANIELLO et al., 2017).

Além disso, a análise de solo do ensaio 2017/18 permitiu constatar gradiente de fertilidade acentuado entre as camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm, especialmente para os nutrientes cálcio, magnésio e fósforo. Este gradiente pode ter dificultado a produção de raízes (VALADÃO et al., 2015), e também pode ter contribuído para a não observação de efeitos nesta safra.

A rentabilidade, por sua vez, foi positiva somente na maior dose do Radifarm[®] (Figura 5), todavia, pela falta de resposta sobre a produtividade de grãos, desconsidera-se o comportamento desta variável. Quanto aos componentes da produtividade, apesar da significância dos valores de peso de mil grãos, não foi possível ajustar nenhum modelo matemático para os resultados obtidos. Por outro lado, houve aumento nos valores de vagens nas hastes secundárias e total, com comportamento quadrático positivo, apresentando os maiores valores estimados na dose de 0,08 L 100 kg sementes⁻¹ para ambas as características (Figura 6).

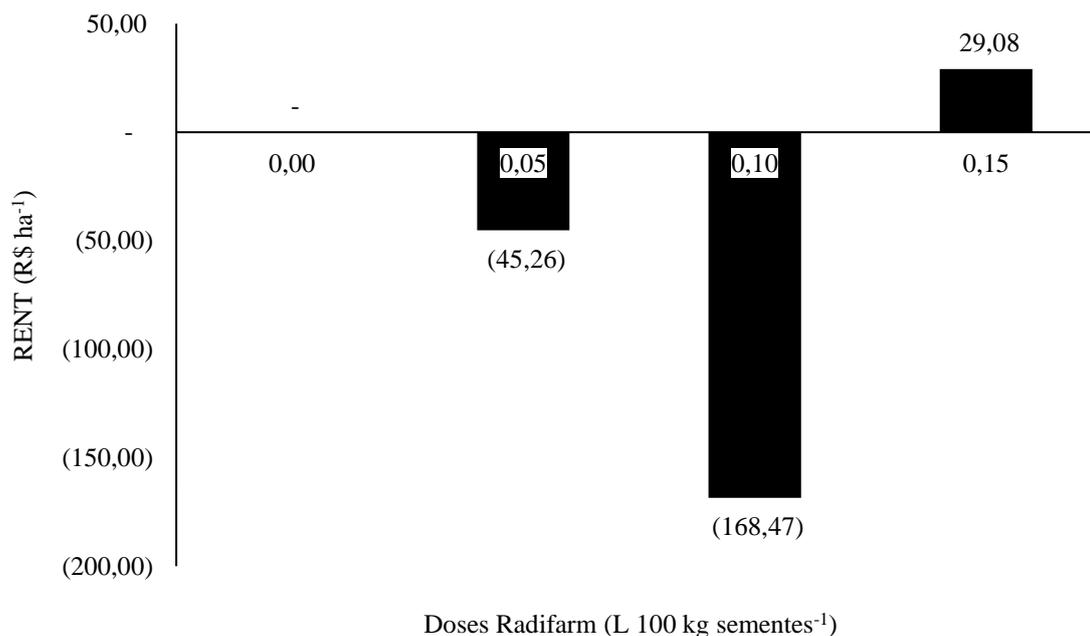


Figura 5. Valores de rentabilidade (RENT) em função das doses do bioestimulante Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2017/18.

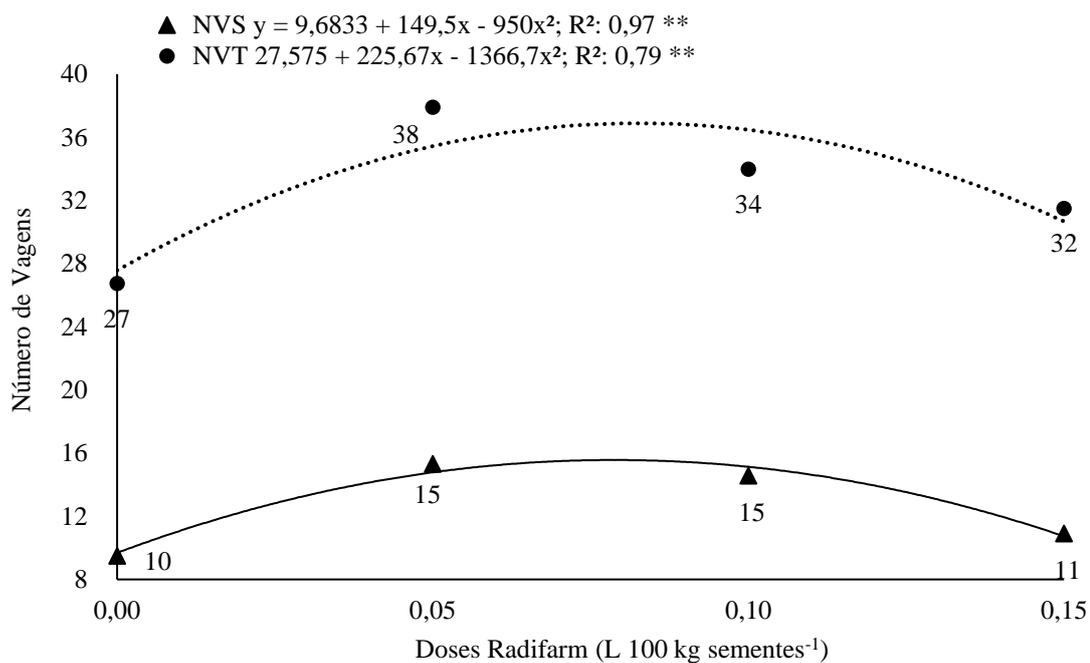


Figura 6. Regressão polinomial do número de vagens nas hastas secundárias (NVS) e total (NVT) em função das doses do bioestimulante Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2017/18.

Os dados de vigor também não puderam ser ajustados em nenhum modelo matemático, apesar de que é possível notar um leve aumento nos valores em relação à testemunha. Já a altura de plantas teve os maiores valores estimados até a dose de 0,09 L 100 kg sementes⁻¹ (Figura 7). Esse resultado reflete o efeito do produto no estímulo ao

crescimento da planta e alongamento do caule graças à presença de precursores de fitormônios, como auxina e citocinina que atuam no crescimento e expansão celular.

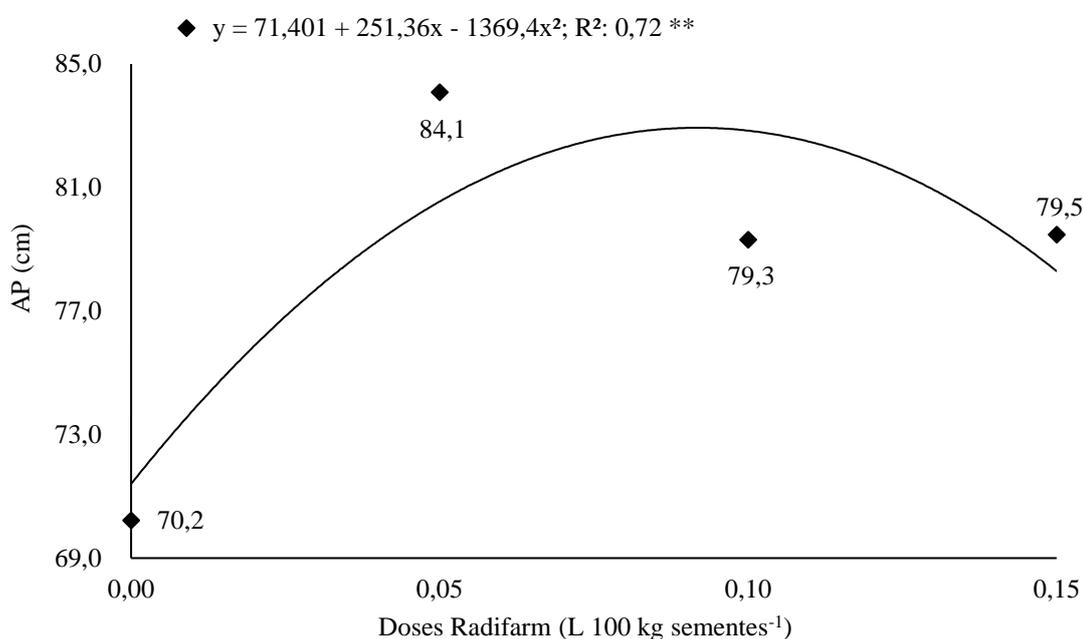


Figura 7. Regressão polinomial da altura de plantas (AP) em função das doses do bioestimulante Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2017/18.

É válido ressaltar, entretanto, que nem sempre o estímulo ao crescimento da planta se reflete em aumentos de produtividade, muitas vezes, este efeito é contrário. Isto fica evidente na comparação entre os resultados de ambas as safras, e na primeira houve aumento de produtividade sem efeito sobre o porte das plantas e vigor, enquanto na segunda, o maior porte e vigor das plantas não foi acompanhado de aumento na produtividade. Este efeito pode estar relacionado à partição de fotoassimilados pela planta, que passa a priorizar determinado processo em detrimento de outro (TAIZ et al., 2017).

O aumento das doses do Radifarm[®] ocasionou redução linear da taxa transpiratória das plantas (Figura 8). Este resultado pode estar relacionado ao aumento do sistema radicular, indicando maior aproveitamento da água disponível no solo pelas plantas, essencial em ocasiões de limitação hídrica no cultivo da soja. Além disso, a redução na transpiração das plantas, pelo aumento das doses do Radifarm[®], pode estar relacionada à presença açúcares, como o sorbitol, o monitol e as betaínas, além do íon potássio na formulação do produto. Estes compostos, atuam no ajustamento osmótico das células, influenciando diretamente o controle estomático, aumentando a eficiência no consumo de água pela planta (TAIZ et al., 2017).

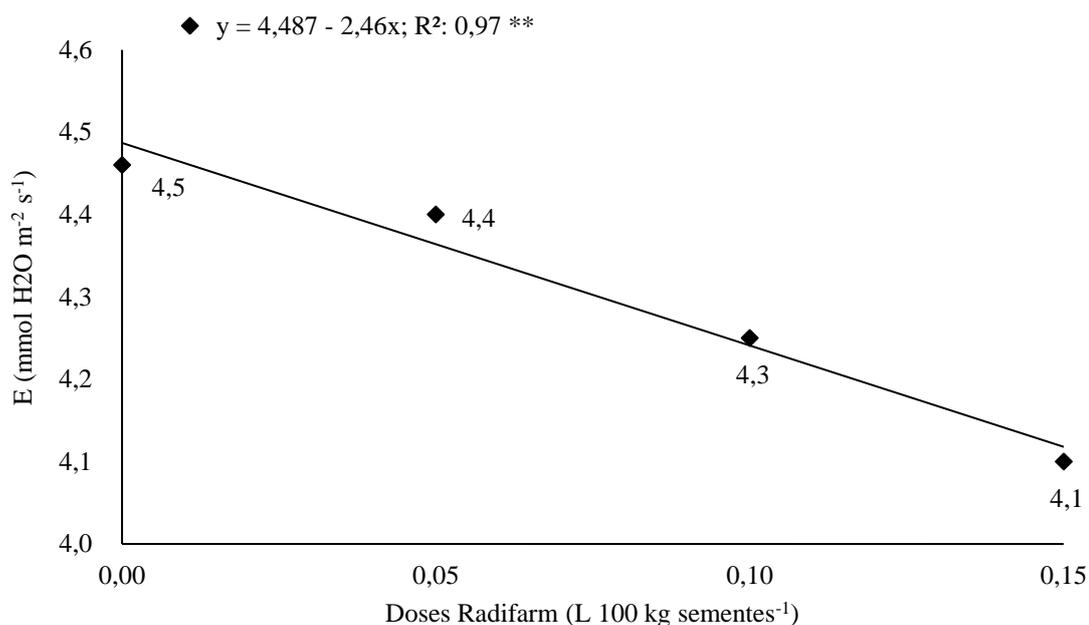


Figura 8. Regressão polinomial da taxa transpiratória (E) em função das doses do bioestimulante Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja. Montividiu-GO, 2017/18.

1.4 Conclusões

O uso de doses acima de 0,08 L 100 kg sementes⁻¹ de Radifarm[®] no tratamento de sementes de soja proporciona ganhos nos componentes produtivos da cultura. Todavia, em condições de menor volume e distribuição de chuvas, ocorre ganho de produtividade de grãos a partir de 0,12 L 100 kg.

A dose de 0,15 L 100 kg sementes⁻¹ de Radifarm[®], no tratamento de sementes de soja proporcionou a maior produtividade de grãos e rentabilidade.

O aumento na produtividade está relacionado ao aumento no peso de grãos.

1.5 Referências bibliográficas

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

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**, v.43, p.774-782, 2012.

ARAÚJO, D. K. Extratos de *Ascophyllum nodosum* no tratamento de sementes de milho e soja: avaliações fisiológicas e moleculares. **Tese de Doutorado**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 108 p., 2016.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 567-691, 2008.

BATISTA, J. A.; BOTREL, P. P.; FIGUEIREDO, F. C. Efeito do Extrato de Tiririca e Bioestimulante no Enraizamento de Estacas de *Hyptis marrubioides* Epl. **Revista Agrogeoambiental**. Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 91-99, 2015.

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

BEULTER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.581-588, 2004.

CARVALHO, M. E. Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos. **Dissertação de mestrado**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2013.

CASTRO NETO, P. **Notas de aula prática do curso de agrometeorologia**. Lavras, ESAL, 45p. 1982.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 23, n. 3, p. 371–393, 2011.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta. 403p, 2006.

FERRAZZA, D.; SIMONETTI, A. P. M. Uso de extratos de algas no tratamento de semente e aplicação foliar na cultura da soja em 2010. **Cultivando o Saber**, Cascavel-PR. v.3, n.2, p.48-57, 2010.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Circular técnica 48. Londrina: Embrapa Soja, 9p. 2007. 9p.

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES D. M. CRITCHLEY A. T.; CRAIGIE J. S.; NORRIE J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, Secaucus, v.28, p.386–399, 2009.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; ROBINSON L. C., 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.

MARAFON, F.; SIMONETTI, A. P. M. M. Formas de aplicação e dosagens do extrato de algas na cultura da soja. **Resumo**: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Foz do Iguaçu-PR, 2016.

MASCARENHAS, J. G. de A. Qualidade fisiológica de sementes de soja salvas e certificadas em resposta ao tratamento químico com o uso de promotores do crescimento. **Trabalho de conclusão de curso**. UniCesumar. Maringá-PR. 2017.

PETROZZA, A.; SUMMERER, S.; DI TOMMASO, D.; Y PIAGGESI, A. Evaluation of the effect of Radifarm[®] treatment on the morpho-physiological characteristics of root systems via image analysis. In: **I World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture**. Leuven, Belgium, p. 149-153, 2013.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. P.; ALVAREZ, V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. UFV, Viçosa-MG, 359 p. 1999.

RICHETTI, A. Viabilidade econômica da cultura da soja na safra 2015/2016, em Mato Grosso do Sul. **Comunicado técnico 202**. Dourados, 2015. 13p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127925/1/COT2015202-1.pdf>>.

Acesso em: 07 jun. 2018.

SANGHA, J. S.; RAVICHANDRAN, S.; PRITHIVIRAJ, K.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. Sulfated macroalgal polysaccharides λ -carrageenan and λ -carrageenan differentially alter *Arabidopsis thaliana* resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. 75, 38–45. 2010.

SANTANIELLO, A.; SCARTAZZA, A.; GRESTA, F.; LORETI, E.; BIASONE, A.; DI TOMMASO, D.; PIAGGESI, A.; PERATA, P. *Ascophyllum nodosum* seaweed extract alleviates drought stress in arabidopsis by affecting photosynthetic performance and related gene expression. **Frontiers in Plant Science**. v. 8, 15p., 2017.

SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; SANTOS, C. G.; FERREIRA, A. C.; SALIB, G. C. Viabilidade técnico-econômica do uso de bioestimulantes em semente de soja. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**. João Pessoa, v. 9, p. 57-62, 2015.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.; VARANDA, M. A. F.; TAUBINGER, M. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays L.* **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013.

SHARMA, H. S. S.; FLEMING, C.; SELBY, C.; RAO, J. R.; MARTIN, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 26, n. 1, p. 465–490, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre, 858p., 2017.

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO, J. D. D.; SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema

radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 243-255, 2015.

VALAGRO. **Bioestimulantes**. Disponível em: <www.valagro.com/brazil/pt/produtos/farm/bioestimulante/radifarm/> Acesso em: 31 de junho de 2018.

WALLY, O. S. D.; CRITCHLEY, A. T.; HILTZ, D.; CRAIGIE, J. S.; HAN, X.; ZAHARIA, L. I.; ABRAMS, S. R.; PRITHIVIRAJ, B. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 32, n. 2, p. 324–339, 2013.

CAPÍTULO II – CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE PLANTAS E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA TRATADAS COM O BIOESTIMULANTE RADIFARM®

Resumo: Grande parte dos trabalhos realizados com bioestimulantes em soja utilizam produtos sintéticos e/ou aplicações via foliar, entretanto pouco se conhece sobre a aplicação no tratamento de semente com produtos derivados de compostos naturais, como os derivados de extrato de algas. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo observar os efeitos da aplicação de doses de um bioestimulante derivado de compostos naturais sobre o vigor das sementes, desenvolvimento, fisiologia e nodulação de plantas de soja. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação automatizada e em laboratório de sementes. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com seis repetições e quatro tratamentos, correspondendo as doses do bioestimulante Radifarm®: 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 L 100 kg sementes⁻¹. As sementes foram tratadas, inoculadas e semeadas em ambos os ensaios no mesmo dia. Em casa de vegetação, houve efeito do produto somente para o comprimento de parte aérea, com aumento até a dose de 0,09 L 100 kg sementes⁻¹. Em laboratório, houve maior germinação das sementes com o aumento de doses do Radifarm® até a dose de 0,10 L 100 kg sementes⁻¹. Também ocorreu redução da germinação de sementes pelo teste de envelhecimento acelerado. O uso de Radifarm® no tratamento de sementes de soja demonstrou potencial para o aumento da performance das sementes e plantas.

Palavras-chave: *Ascophyllum nodosum*, germinação, *Glycine max* L, vigor.

CHAPTER II - MORPHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PLANTS AND VIGOR OF SOYBEAN SEEDS TREATED WITH RADIFARM® BIOSTIMULANT

Abstract: Much of the work done with soybean biostimulants uses synthetic products and / or foliar applications, however little is known about the application in the treatment of seeds with products derived from natural compounds, such as derived from algae extract. In this sense, the present work had as objective to observe the effects of the application of biostimulant doses derived from natural compounds on seed vigor, development, physiology and nodulation of soybean plants. The experiments were carried out in an automated greenhouse and in a seed laboratory. A randomized block design with six replicates and four treatments was used, corresponding to doses of the biostimulant Radifarm®: 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 L 100 kg seed⁻¹. The seeds were treated, inoculated and seeded in both trials on the same day. In greenhouse, there was effect of the product only for the length of aerial part, with increase until the dose of 0,09 L 100 kg seed⁻¹. In the laboratory, seed germination increased with increasing doses of Radifarm® up to the dose of 0,10 L 100 kg seeds⁻¹. There was also a reduction in seed germination by the accelerated aging test. The use of Radifarm® in the treatment of soybean seeds has shown potential for increasing the performance of seeds and plants.

Key words: *Ascophyllum nodosum*, germination, *Glycine max* L, vigor.

2.1 Introdução

A bioestimulação da cultura da soja é uma técnica recente e promissora, (SANTOS et al., 2013), todavia, grande parte dos estudos realizados na área utilizam produtos de origem sintética com aplicação via foliar (CASTRO, 2006; KLAHOLD et al., 2006; ÁVILA et al., 2008; BERTOLIN et al., 2010; ALBRECHT et al., 2011, 2012). Entretanto, pouco ainda se sabe sobre a ação de produtos derivados de compostos naturais, como os derivados de extratos de algas, quando utilizados no tratamento de sementes.

Mesmo assim, trabalhos atestam o potencial do uso de extrato de algas, principalmente da espécie *Ascophyllum nodosum* na cultura da soja, com melhorias na absorção, translocação e partição de nutrientes e aumento no enraizamento, crescimento e florescimento (SHARMA et al., 2014). Estes efeitos são consequência do sinergismo entre os diferentes compostos orgânicos presentes no extrato de algas que atuam nos mais diversos processos metabólicos da planta (ARAÚJO, 2016).

Por outro lado, são conhecidos os efeitos do tratamento de sementes com bioestimulantes em outras culturas, como feijoeiro (ALMEIDA et al., 2014), trigo (RAMPIM et al., 2012) e milho (KOLLING et al., 2016) podendo apresentar resultados diferentes do que é comumente encontrado com aplicações foliares. Os resultados permitiram comprovar benefícios desde os estádios iniciais, como aumento de vigor e germinação das sementes, além de maior capacidade e velocidade de emergência de plântulas. Entretanto, na cultura da soja, pouco se conhece sobre este tipo de manejo.

Apesar disso, na implantação da cultura da soja, é comum a adoção do tratamento de sementes realizado na propriedade rural (MASCARENHAS, 2017), sendo este cenário favorável à inclusão dos bioestimulantes, já que o tratamento de sementes com estes produtos ainda é pouco realizado industrialmente.

Nesse sentido, faz-se necessário a realização de ensaios em condições controladas, para entender as consequências deste manejo sob as características morfofisiológicas das plantas e vigor das sementes de soja, além de características complementares, como a nodulação. Esta abordagem é de fundamental importância para o posicionamento estratégico do uso de determinado produto, já que permite a correlação dos resultados observados com o acréscimo de produtividade de grãos em campo.

Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do tratamento de sementes de soja com doses do bioestimulante Radifarm[®] no vigor das sementes, desenvolvimento das plantas, e nodulação.

2.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso com seis repetições e quatro tratamentos, correspondendo a quatro doses do Radifarm[®] (0,00; 0,05; 0,10; 0,15 L 100 kg sementes⁻¹) em tratamento de sementes de soja.

O bioestimulante Radifarm[®] é um produto derivados de compostos naturais, tendo como matérias-primas: ureia, acetato de potássio, quelato de zinco, vinhaça, extrato de algas e água. É recomendado para aplicação via fertirrigação e tratamento de sementes, sendo composto por: 10,0% de C_{org}, 8,0% de K₂O, 3,0 % de N, 0,1% de Zn, e 78,9 % de ingredientes inertes (VALAGRO, 2018).

As sementes utilizadas possuíam tratamento prévio, realizado de forma mecanizada, com 0,15 L de Ampligo[®] (clorantraniliprole + lambda-cialotrina), 0,25 L de Cruiser[®] (tiametoxam) e 0,15 L de Protreate[®] (carbendazim + tiram) para tratamento de 100 kg de sementes. Uma hora antes da semeadura, foi realizado o tratamento das sementes com adição de 0,10 L 100 kg sementes⁻¹ de inoculante líquido (*Bradyrhizobium elkani* Estirpe Semia 5019 e *Bradyrhizobium japonicum* estirpe Semia 5079) com concentração mínima de células viáveis de 5x10⁹ g⁻¹. Também foi adicionado o bioestimulante Radifarm[®] nas respectivas doses, sendo homogeneizado de forma manual.

2.2.1 Ensaio em casa de vegetação

O ensaio para avaliação da nodulação e do desempenho das plantas de soja foi conduzido em casa de vegetação automatizada (17°47.04' S; 50°57.791' W; 771 m de altitude), pertencente à Universidade de Rio Verde, de novembro de 2017 a janeiro de 2018.

As unidades experimentais foram constituídas por vasos de polietileno de capacidade de 5,0 L, distribuídos de maneira uniforme e equidistante em bancadas. Foi utilizado solo coletado na camada de 0 a 20 cm de uma área já cultivada com soja com as seguintes características químicas e físicas: pH em CaCl₂: 4,62; Ca: 2,80; Mg: 0,73; Al: 0,25; H+Al: 11,70; e K: 0,53 cmol_c dm⁻³; P: 18,20 mg dm⁻³; CTC: 15,77 cmol_c dm⁻³, m%: 5,81; V%: 25,71; SB: 4,05; MO: 27,40 g kg⁻¹, argila: 42,9 %, silte: 25,5 %; e areia: 31,5 %. Em função destes resultados, foi realizada a calagem para elevar a saturação por bases a 65%. Nesta prática, foi utilizando calcário dolomítico finamente moído (PRNT de 100%), contendo 34,5 e 18,0% de CaO e MgO, respectivamente.

Os vasos, foram incubados com o calcário por 30 dias. Posteriormente, efetuou-se a adubação com 45 mg dm^{-3} de fósforo e 30 mg dm^{-3} de potássio. Os vasos foram revestidos com sacos plásticos para evitar lixiviação de nutrientes. Em seguida, procedeu-se o enchimento até $4,0 \text{ kg solo vaso}^{-1}$. Posteriormente, os vasos foram umedecidos até atingir 100 % da capacidade de campo para ser efetuada a semeadura. A irrigação foi realizada diariamente, com o controle da umidade realizado por meio de pesagem dos vasos. O volume de água aplicado foi estimado levando em consideração a densidade aparente e 60% do volume de poros do solo.

Para cada vaso, foram semeadas cinco sementes, a 2 cm de profundidade, deixando apenas uma plântula aos 7 dias após a emergência (DAE). Na condução do ensaio, a temperatura do ar foi mantida até 25°C e umidade relativa em aproximadamente 70%.

Aos 49 DAE (estádio R₄; plena formação das vagens), foram realizadas avaliações fisiológicas com o uso de um analisador portátil de gases por infravermelho IRGA CI-340, com fluxo de fótons fotossinteticamente ativos de $1.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Avaliou-se o folíolo central do terceiro trifólio completamente expandido do ápice para a base. As medições foram feitas de 9 às 12h. Foram realizadas as avaliações de taxa fotossintética (determinação da assimilação líquida de CO_2), taxa transpiratória (determinação da transpiração na folha), eficiência no uso da água (razão entre a taxa fotossintética e transpiratória), condutância estomática (medição da difusão de CO_2 no interior da câmara subestomática da folha), e concentração interna e externa de CO_2 (razão entre a concentração de carbono externa, atmosférica, e interna da folha).

Para avaliar os efeitos do Radifarm[®] nas plântulas de soja, no desenvolvimento da parte aérea e nodulação, aos 55 DAE com as plantas ainda no estágio R₄, foram efetuadas as avaliações de comprimento de raiz e parte aérea (medição do comprimento da raiz principal e da parte aérea pela medição do colo até a extremidade do último trifólio completamente expandido), massa fresca de raiz e parte aérea (determinação da massa de raiz e parte aérea, respectivamente, pelo corte e pesagem do material vegetal retirados do vaso), massa seca de raiz e parte aérea (determinação da massa seca de raiz e parte aérea a partir das amostras de massa fresca, sendo o material seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante), número total de nódulos (retirada das raízes das plantas, nas quais foram lavadas em água corrente e separadas em peneiras para posterior quantificação do número de nódulos), massa seca de nódulos (coleta dos nódulos e secagem em estufa de circulação força de ar, semelhante à determinação da

massa seca do material vegetal, para quantificação da massa seca de nódulos secos), e percentual de nódulos viáveis (contagem do número de nódulos viáveis a partir de amostragem de vinte nódulos coletados aleatoriamente, os quais foram cortados e quantificados os nódulos que apresentavam a coloração rósea em seu interior).

2.2.2 Ensaio em laboratório

Os testes de performance das sementes de soja tratadas com Radifarm[®] foram feitos no laboratório de Sementes da Universidade de Rio Verde, sendo realizado inicialmente o teste padrão de germinação (distribuição uniforme de 50 sementes em rolos de papel germitest, umedecidos com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, papel seco; posteriormente colocadas em câmara de germinação do tipo BOD a 25°C. As avaliações são realizadas aos quatro e sete dias após a semeadura, obtendo-se os valores de TPG1 e TPG2, respectivamente, de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes. Os resultados são expressos em percentagem de plântulas normais, as quais possuem todos as suas estruturas, sem qualquer deformação; BRASIL, 2009). Simultaneamente, foi realizado a determinação comprimento de raiz (distribuição uniforme de dez sementes na parte superior em rolos de papel germitest, seguindo os mesmos procedimentos do teste padrão de germinação, com avaliação sendo realizada aos 4 dias após a semeadura, com medição das raízes das plântulas).

Posteriormente, foi feito o teste de envelhecimento acelerado (distribuição de 200 sementes sob uma tela com malha de aço dentro de caixas plásticas tipo gerbox, medindo 11,0 x 11,0 x 3,0 cm, contendo 0,04 L de água destilada no fundo da caixa. As caixas gerboxs são levadas para câmara jaquetada a 42°C por 48 horas. Após este período, as sementes são colocadas em papel germitest, seguindo os mesmos procedimentos de condução do teste padrão de germinação. Após 4 dias, as amostras são retiradas do germinador, sendo feita a contagem plântulas normais).

Também foi determinada a emergência em leito de areia (distribuição uniforme de 50 sementes em parcelas demarcadas na areia por meio de um furador. É realizada a contagem diária do número de plantas emergidas até quinze dias após a semeadura, levando-se em consideração as plântulas com o coleóptilo completamente visível acima do nível de areia. O número de plântulas emergidas, referentes a cada contagem, é obtido subtraindo-se do valor obtido na leitura do dia anterior. Desta forma, no último dia de avaliação determinou-se a emergência final em leito de areia. A partir do número de

plântulas emergidas em cada leitura é determinado o índice de velocidade de emergência, empregando-se a expressão: $G_1 / N_1 + G_2 / N_2 + \dots + G_{15} / N_{15}$; em que: G: número de plântulas emergidas em cada contagem; N: número de dias da semeadura em cada contagem).

2.2.3 Análises estatísticas

Todos os dados foram submetidos a análise de variância com emprego do teste F. Quando constatada significância, empregou-se a análise de regressão polinomial para verificar o comportamento dos dados em função das doses de Radifarm[®].

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Ensaio em casa de vegetação

Na análise das características fisiológicas, pode-se perceber ausência de efeitos do Radifarm[®] (Tabela 1). Como destacado anteriormente, as condições controladas de temperatura e umidade, associada à adequada fertilidade do solo em que as plantas estavam sendo cultivadas, podem ter feito com que as plantas apresentassem atividades metabólicas semelhantes entre os tratamentos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e médias da taxa fotossintética (A), taxa transpiratória (E), eficiência no uso da água (EUA), condutância estomática (Gs), e razão entre a concentração interna e externa de CO₂ (CI/CA) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm[®] em casa de vegetação. Rio Verde-GO, 2018.

Fontes de variação	GL	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	EUA ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Gs ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	CI/CA
Blocos	5	ns	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	3	ns	ns	ns	ns	ns
R. Linear R ²	1	0,91 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}
R. Quadrática R ²	1	0,99 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,51 ^{ns}
Médias		20,9	3,0	7,0	297,0	0,70
CV (%)		5,05	10,76	12,22	7,69	3,65

**, * e ns: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Por outro lado, em condições de campo, pode ser possível que as alterações no teor de umidade do solo, em função da variação na precipitação durante o ciclo da soja, façam com que os processos fisiológicos atuem de maneira diferenciada ao observado em

casa de vegetação, e as plantas foram irrigadas diariamente. Nessas condições, espera-se redução da taxa transpiratória e aumento na eficiência no uso da água pelas plantas. Isto devido ao melhor controle estomático proporcionado pela presença de potássio na formulação do produto e o aumento no volume de raízes pelo estímulo hormonal (TAIZ et al., 2017).

As doses do Radifarm[®] não proporcionaram efeitos no número total, na massa seca dos nódulos e na porcentagem de nódulos viáveis (Tabela 2). Isto leva a crer que o bioestimulante em questão não influenciou na nodulação, não tendo, portanto, efeitos negativos à simbiose e fixação de nitrogênio atmosférico pelas bactérias.

Tabela 2. Resumo da análise de variância e médias de comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca de parte aérea (MFA), massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSA), número total de nódulos (NTN), massa seca dos nódulos (MSN) e percentual de nódulos viáveis (NV) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm[®] em casa de vegetação. Rio Verde-GO, 2018.

Fontes de variação	GL	CR (cm)	CPA (cm)	MFR (cm)	MFA (g)	MSR (g)	MSA (g)	NTN	MSN (g)	NV (%)
Blocos	5	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	3	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
R. Linear R ²	1	0,0 ns	0,18 *	0,05 ns	0,06 ns	0,0 ns	0,63 ns	0,08 ns	0,24 ns	0,70 *
R. Quadrática R ²	1	0,0 ns	0,95 **	0,23 ns	0,55 *	0,92 ns	0,91 ns	0,14 ns	0,56 ns	0,82 ns
Médias		64,0	64,7	52,0	68,5	6,4	15,9	449	1,5	77,5
CV (%)		17,53	6,09	28,82	15,68	14,91	17,70	31,40	20,74	17,67

***, * e ns: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Também não houve efeito do uso de Radifarm[®] sobre o comprimento e massa de raiz (Tabela 2). Também não foram observados efeitos sobre as massas secas e frescas de parte aérea e raiz (Tabela 2). É válido ressaltar que as plantas não apresentaram limitações ao crescimento e desenvolvimento, por serem cultivadas em ambientes com temperatura e umidade controlados e adequados ao desenvolvimento, sem a presença, portanto de estresses hídricos. Provavelmente, tais condições dificultaram a observação dos efeitos do Radifarm[®] no tratamento de sementes.

Já o comprimento da parte aérea (Figura 1), teve aumento até a dose de 0,09 L 100 kg sementes⁻¹, apresentando acréscimo de 18% em relação à testemunha. Isto evidencia a capacidade de estímulo ao crescimento das plantas, e se deve especialmente

à presença de precursores hormonais e fitormônios na composição orgânica do produto, que atuam na expansão e crescimento das células (ARAÚJO, 2016).

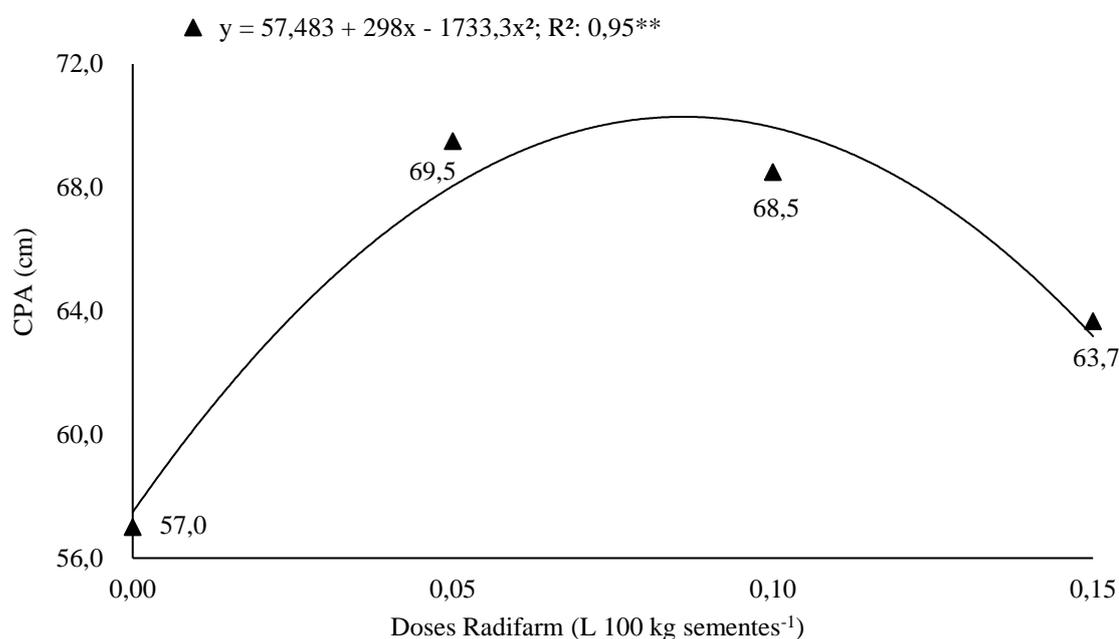


Figura 1. Regressão polinomial do comprimento de parte aérea (CPA) de plantas em casa de vegetação em função das diferentes doses do bioestimulante Radifarm[®] aplicado em tratamento de sementes de soja. Rio Verde-GO, 2018.

2.3.2 Ensaio em laboratório

As doses do Radifarm[®] ocasionaram efeitos na germinação de sementes de soja em ambas as contagens, além do teste de envelhecimento acelerado (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância e médias dos percentuais de germinação obtidas na primeira (TPG 1) e segunda contagens (TPG 2) do teste padrão de germinação, e no teste de envelhecimento acelerado (EA), comprimento de raízes (CR), percentual de emergência em leito de areia (ELA) e índice de velocidade de emergência (IVE) do ensaio de tratamento de sementes de soja com o bioestimulante Radifarm[®] em laboratório de sementes e leito de areia. Rio Verde-GO, 2017.

Fontes de variação	GL	TPG 1 (%)	TPG 2 (%)	EA (%)	CR (cm)	ELA (%)	IVE
Blocos	5	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tratamentos	3	**	**	*	ns	ns	ns
R. Linear R ²	1	0,44 **	0,44 **	0,91 **	0,02 ns	0,03 ns	0,0 ns
R. Quadrática R ²	1	0,97 **	0,98 **	0,96 ns	0,82 ns	0,55 ns	0,23 ns
Médias		70,3	70,9	26,3	14,3	64,0	70,3
CV (%)		11,42	11,27	37,43	18,64	17,96	18,20

**; * e ns: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Partindo-se do pressuposto que o teste padrão de germinação é considerado um teste de vigor, é possível verificar aumento dos valores da porcentagem de plântulas normais em ambas as contagens até a dose de 0,10 L 100 kg sementes⁻¹ (Figura 2).

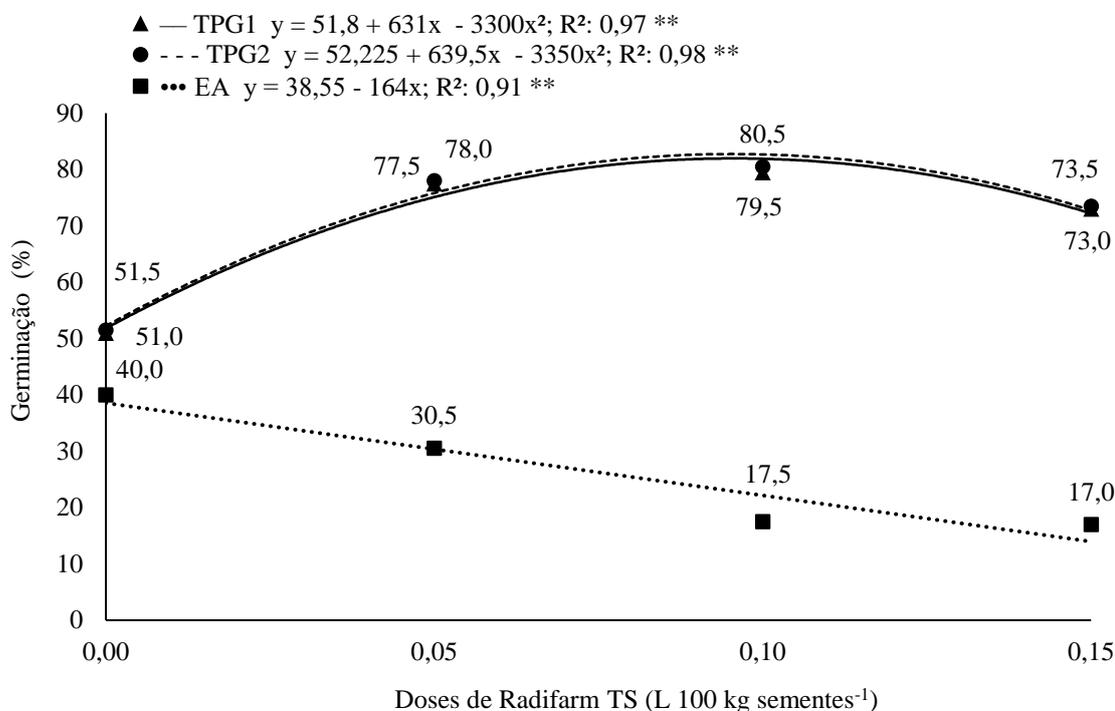


Figura 2. Regressão polinomial do percentual de germinação de sementes de soja, obtido nas duas contagens do teste padrão de germinação (TPG1 e TPG2), e no teste de envelhecimento acelerado (EA), em função do tratamento com diferentes doses do bioestimulante Radifarm[®]. Rio Verde-GO, 2018.

Carvalho (2013) já apontava para os benefícios no uso de bioestimulantes à base de extrato de algas na germinação e emergência de plântulas. O mecanismo preciso pelo qual ocorre aumento no vigor das sementes ainda não foi completamente elucidado. Todavia, estudos indicam que o sinergismo entre os compostos orgânicos e a presença de precursores de hormônios como a giberelina, estimulam a germinação por meio da produção de enzimas hidrolíticas como a α -amilase, que atua na quebra de reservas das sementes (ARAÚJO, 2016). Soma-se a isto, a presença de potássio, nitrogênio e zinco, na composição do produto, que incrementam as reservas das sementes. Como resultado, há estímulo aos processos metabólicos das sementes, que culmina no aumento na germinação, capacidade de emergência e vigor das plântulas. Estes efeitos garantem maior emergência de plântulas, resultando em melhor estabelecimento da cultura em campo. Isto tem influência direta sobre a população de plantas e conseqüentemente, sobre a produtividade de grãos.

Por outro lado, Vieira & Castro (2001) observaram redução na germinação de sementes tratadas com bioestimulante Stimulate[®] nas doses mais elevadas, relacionando tal comportamento ao desbalanço hormonal.

Já no teste de envelhecimento acelerado, foi possível observar decréscimo linear da percentagem de plântulas normais com o aumento das doses do Radifarm[®] (Figura 2). Considerando que esse teste induz a redução do vigor das sementes pela deterioração por alta temperatura (42°C) e umidade relativa (100%), os resultados levam a crer que não ser desejável o armazenamento de sementes de soja tratadas com Radifarm[®]. No entanto, testes devem ser realizados para verificar este fato.

Isto pode estar relacionado à fração orgânica do produto, que funciona como substrato para o desenvolvimento de microrganismos que também consomem a reserva das sementes, causando deterioração (TAIZ et al., 2017). Tal efeito explica os resultados obtidos, e o aumento nas doses do produto resultou no aumento de plântulas infectadas e sementes mortas.

Estes resultados levam a crer que sementes de soja tratadas com Radifarm[®], teriam redução no percentual de plântulas normais com o aumento das doses quando submetidas a condições de deterioração (temperatura e umidade elevadas). Todavia, para a constatação deste efeito, sugere-se a avaliação da emergência e performance de plantas de soja oriundas de sementes tratadas com o produto e armazenadas por até 180 dias, período máximo entre a colheita e a implantação da cultura. Isto permitiria maior segurança na recomendação ao produtor do manejo com o bioestimulante.

2.4 Conclusões

O bioestimulante Radifarm[®], independentemente da dose utilizada, não afetou a nodulação e as características fisiológicas das plantas de soja em casa de vegetação.

Doses crescentes até 0,09 L 100 kg sementes⁻¹ proporcionaram maior comprimento da parte aérea, com posterior decréscimo com o aumento das doses do Radifarm[®].

Houve aumento do vigor e germinação das sementes com a aplicação do Radifarm[®] até a dose de 0,10 L 100 kg sementes⁻¹.

Com o aumento das doses do Radifarm[®] houve redução linear na germinação de sementes pelo teste de envelhecimento acelerado.

2.5 Referências bibliográficas

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

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**, v.43, p.774-782, 2012.

ALMEIDA, A. Q.; SORATTO, R. P.; BROETTO, F.; CATANEO, A. C. Nodulação, aspectos bioquímicos, crescimento e produtividade do feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.77-88, 2014.

ARAÚJO, D. K. Extratos de *Ascophyllum nodosum* no tratamento de sementes de milho e soja: avaliações fisiológicas e moleculares. **Tese de Doutorado**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 108p. 2016.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 567-691, 2008.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV. 192p. 2009.

CASTRO, P. R. C. Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical. **Boletim**, n.32, Série Produtor Rural, USP/ ESALQ/ DIBD, Piracicaba, 46p., 2006.

CARVALHO, M. E. Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos. **Dissertação de mestrado**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 70p. 2013.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; ROBINSON L. C., 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.

KOLLING, D. F.; SANGOI, L.; SOUZA, C. A.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M. Tratamento de sementes com bioestimulante ao milho submetido a diferentes 48 variabilidades na distribuição espacial das plantas. **Ciência Rural**, v. 46, p. 248-253, 2016.

MASCARENHAS, J. G. de A. Qualidade fisiológica de sementes de soja salvas e certificadas em resposta ao tratamento químico com o uso de promotores do crescimento. **Trabalho de conclusão de curso**. UniCesumar. Maringá-PR. 2017.

RAMPIM, L.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; NACKE, H.; KLEIN, J.; GUIMARÃES, V. F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 678-685, 2012.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.; VARANDA, M. A. F.; TAUBINGER, M. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013.

SHARMA, H. S. S.; FLEMING, C.; SELBY, C.; RAO, J. R.; MARTIN, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 26, n. 1, p. 465–490, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre, 858p., 2017.

VALAGRO. **Bioestimulantes**. Disponível em: www.valagro.com/brazil/pt/produtos/farm/bioestimulante/radifarm/ Acesso em: 31 de junho de 2018.

CONCLUSÃO GERAL

O bioestimulante Radifarm[®] é eficiente no aumento do desempenho das plantas resultando em aumento de produtividade de grãos e rentabilidade. Os resultados apontam para testes com doses superiores do produto, visto que somente a dose mais alta proporcionou aumento na produtividade em comparação à testemunha.

Todavia, o aumento de produtividade foi observado somente em condições de distribuição irregular e menor volume de chuvas, e se deve a maior eficiência no controle estomático, que reduz a transpiração das plantas, e provável aumento no volume de raízes. Essa característica, entretanto, não se evidenciou em casa de vegetação, fato que pode estar relacionado às condições controladas do ambiente. Nessas condições, entretanto, houve aumento no comprimento da parte aérea das plantas com o aumento de doses do produto. Também não houve efeito do produto sobre a nodulação das plantas.

O Radifarm[®] também proporciona aumento no vigor e germinação das sementes de soja. Todavia, não se recomenda o armazenamento em condições inadequadas e/ou por longos períodos de tempo de sementes tratadas com Radifarm[®], devido à redução no vigor observada pelo teste de envelhecimento acelerado.