



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE GURUPI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DANIEL FARIA FALCÃO

**EFEITO DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE EXTRATO DE
ALGAS DE ÁGUA DOCE EM CARACTERES MORFOLÓGICOS PARA
DUAS CULTIVARES DE ARROZ NO CERRADO BRASILEIRO**

Gurupi, TO
2021

Daniel Faria Falcão

Efeito de doses e épocas de aplicação de extrato de algas de água doce em características morfológicas para duas cultivares de arroz no cerrado brasileiro

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Agronomia para obtenção do título de Agrônomo e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis

Gurupi, TO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

F178e Falcão, Daniel Faria.
Efeito de Doses e Épocas de Aplicação de Extrato de Algas de Água Doce em Caracteres Morfológicos para Duas Cultivares de Arroz no Cerrado Brasileiro. / Daniel Faria Falcão. – Gurupi, TO, 2021.

33 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Agronomia, 2021.

Orientador: Rodrigo Fidelis

1. Chlorella. 2. Spirulina. 3. Citocinas. 4. Auxinas. I. Título

CDD 630

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Daniel Faria Falcão

Efeito de doses e épocas de aplicação de extrato de algas de água doce em características morfológicas para duas cultivares de arroz no cerrado brasileiro

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Agronomia para obtenção do título de Agrônomo e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis

Data de aprovação: 14 / 12 / 2021

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO RIBEIRO FIDELIS
Data: 13/10/2022 15:50:18-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr Rodrigo Ribeiro Fidelis, UFT

Wanessa Rocha de Souza

Dra. Wanessa Rocha de Souza, UFT



MSc. Vitor Stefanello Fernandes, UFT

Dedico esse trabalho a minha avó Palmira, uma sábia professora que com seu dom de ensinar despertou em mim a curiosidade e vontade de estudar e poder dedicar meus esforços a ciência.

RESUMO

O arroz é o principal alimento dos brasileiros e pesquisas que permitam o aumento na produtividade são fundamentais para que possamos produzir mais e com menores custos. O seguinte trabalho objetivou avaliar a biomassa e a área foliar de plantas de arroz, utilizando cinco doses de extrato de algas de água doce (0ml/L; 10ml/L; 20ml/L; 30ml/L e 40ml/L) aplicadas nos estádios vegetativos quatro e nove, sob as cultivares IRGA 424 e IRGA 426. O experimento foi conduzido, em casa de vegetação, no campus da UFT, da cidade de Gurupi, durante os anos de 2020 e 2021, utilizando esquema fatorial 2x2x5 em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Foram avaliadas área e massa foliar, altura de planta, massa do sistema radicular, massa seca total, produtividade e peso de cem sementes. A dose de 40ml de extrato/L de calda resultou no incremento de todas as variáveis analisadas, tanto para crescimento e desenvolvimento, tanto como para produtividade. A segunda época de aplicação proporcionou maior produtividade de grãos e peso de cem sementes, já a primeira viabilizou proporcionou maior incremento para a massa e área foliar.

Palavras-chaves: *Chlorella*. *Spirulina*. Citocininas. Auxinas. Biofertilização.

ABSTRACT

Rice is the main food for Brazilians and research that allows for an increase in productivity is essential for us to produce more and at lower costs. The following work objective was to evaluate the biomass and leaf area of rice plants using five doses of freshwater algae extract (0ml/L; 10ml/L; 20ml/L; 30ml/L and 40ml/L) applied in vegetative stages four and nine under cultivars IRGA 424 and IRGA 426. The experiment was conducted in a greenhouse on the UFT campus in Gurupi during the years 2020 and 2021 using a 2x2x5 factorial scheme in a completely randomized design with three replications. Leaf area and leaf mass, plant height, root system mass, total dry mass, productivity and weight of one hundred seeds were evaluated. The dose of 40ml of syrup extract/L resulted in the increment of all variables analyzed, both for growth and development, both for productivity. The second application season provided higher grain yield and weight of one hundred seeds, while the first application provided a greater increase for the leaf mass and area.

Key-words: *Chlorella*. *Spirulina*. Cytokinins. Auxins. Biofertilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dados relativos à temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação durante a condução do experimento.....	13
Figura 2 - – Resultados do teste Tukey para produtividade (2A), peso de cem sementes (2B), massa foliar (2C) e altura de plantas (2D) das cultivares utilizadas no experimento.....	18
Figura 3 - Resultados do teste Tukey para massa seca total (3A), massa do sistema radicular (3B) e área foliar (3C) das cultivares utilizadas no experimento.	20
Figura 4 - Resultados do teste Tukey (0,05%) para a massa foliar (4A), área foliar (4B), massa seca total (4C) e massa do sistema radicular (4D) das épocas de aplicação do extrato de algas de água doce.	21
Figura 5 - Resultados do teste Tukey (0,05%) para o peso de cem sementes (5A), produtividade (5B) e altura de planta (5C) das épocas de aplicação do extrato de algas de água doce.	22
Figura 6 - Área foliar (6A) (cm ²) e massa de folhas (6B) (g) em função da aplicação de diferentes doses de extrato de algas de água doce.....	24
Figura 7 - Massa do sistema radicular (7A) (g) e altura de planta (7B) (cm) em função da aplicação de diferentes doses de extrato de algas de água doce.....	25
Figura 8 - Massa seca total (8A) (g), produtividade (8B) (g) e peso de cem sementes (8C) (g) em função da aplicação de diferentes doses de extrato de algas de água doce.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo utilizado no experimento.	14
Tabela 2 - Resultados da análise química de macro e micronutrientes do EAAD.	15
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis: Prod (g), PCS (g), MF (g), MST (g), AP (cm), AF (cm ²) e MR (g).	17

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFT	Universidade Federal do Tocantins
PAR	Radiação ativa da fotossíntese

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
5 REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) representa uma importante cultura alimentar mundial e é também uma das mais antigas, com origem a cerca de 3.000 a.C (PAUDEL et al., 2012). Como uma das fontes primárias de alimento, é responsável de 35% a 75% das calorias ingeridas por mais de três bilhões de pessoas ao redor do mundo (KRISHNAN et al., 2011).

No Brasil, a produção de arroz irrigado é dividida em duas regiões: subtropical e tropical. Na região subtropical, destacam-se os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis por 80% da produção nacional. Na região tropical, as regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste são responsáveis pelo restante, representando 13,2% da área total do cultivo (CONAB, 2020).

O arroz cultivado em ambiente tropical, apesar de representar apenas 20% do total da produção brasileira, tem grande importância na contribuição para a segurança alimentar no Brasil, especialmente nas regiões norte e nordeste (SANTOS et al., 2017). Além disso, as várzeas tropicais do Tocantins-Araguaia apresentam um notório potencial para produção de arroz irrigado (SANTOS, et al., 2020) sendo o Tocantins o terceiro maior produtor nessas condições, tendo sido responsável por 665,8 toneladas em 2020 (CONAB, 2020).

O crescimento populacional e as mudanças nos hábitos alimentares têm demandado alternativas nas formas de cultivo do arroz, com a necessidade de aumentar a produtividade em campo e ainda garantir a manutenção ou o aumento de suas propriedades nutricionais. Outros desafios incluem mudanças climáticas e suas consequências (KRISHNAN et al., 2011).

Uma das formas de aumentar a produtividade de cultivares de arroz em campo é a utilização de fertilizantes comerciais. No entanto, o uso de certos fertilizantes ocasiona poluição ambiental e podem tornar as terras improdutivas. Por isso, a utilização de mecanismos e extratos biológicos como alternativa reduz a necessidade de utilização de componentes nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. Além disso, o uso parcial ou total de formas biológicas de fertilização, além de ser comprovadamente eficiente, reduz os custos da produção e mantém as propriedades naturais do solo (RADWAN; EL-SEOUD; EL-HAM, 2008).

Macro e micro algas são utilizadas há muito tempo para aumentar a produtividade de plantas, e conseqüentemente à produção de alimentos em várias regiões do mundo. A pesquisa é voltada para o seu modo de ação, benefícios específicos e técnicas analíticas e genéticas

que buscam estabelecer que extratos de algas possam modificar respostas metabólicas nas plantas (CRAIGIE, 2011).

A utilização de extratos de macro e micro algas na agricultura tem sido estudadas há bastante tempo (CRAIGIE, 2011). Uma característica interessante nessa classe de organismos é sua alta concentração de proteínas que pode ser utilizada na geração de compostos nitrogenados de interesse. Além disso, outros compostos presentes nesses extratos apresentam potenciais para serem aplicados a cultivares, com a finalidade de acúmulo de biomassa, crescimento e desenvolvimento das raízes e partes vegetativas, floração, frutificação e germinação de sementes (ROCHA et al., 2020).

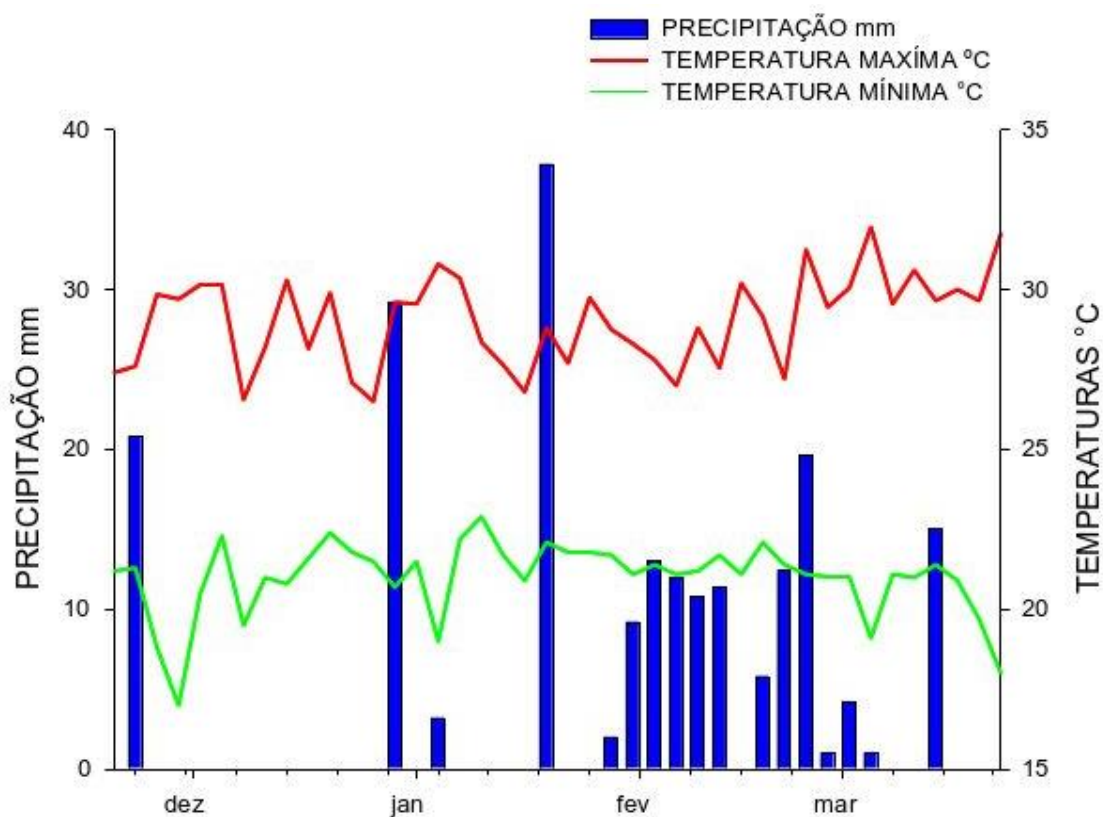
Objetivou-se com esta pesquisa avaliar épocas de aplicação e concentrações distintas do extrato de algas para as cultivares IRGA 424 e IRGA 426, mensurando variáveis respostas relativas ao crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura do arroz cerqueiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a campo na área experimental na Universidade Federal do Tocantins (UFT), campus Gurupi que está a 280m de altitude, em relação ao do nível do mar, nas coordenadas geográficas 11°43'S e 49°04'N. Se encontra no bioma Cerrado e classificado segundo o sistema internacional de Köppen como clima “Aw” (quente e úmido).

Sabendo-se que o clima é tropical e possuindo um período chuvoso bem definido e outro de déficit hídrica, as temperaturas médias anuais são 32°C no período de déficit hídrico e 26°C no período chuvoso, precipitação anual média de 1804 mm, (INMET, 2020 e 2021, PACIEVITCH, 2018). Os dados pluviométricos (mm) e as temperaturas mínimas e máximas (°C) durante o período de condução do ensaio são demonstrados na Figura 1.

Figura 1 - Dados relativos à temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação durante a condução do experimento.



Fonte: Adaptado de INMET (2020) e (2021).

As cultivares escolhidas para compor o experimento foram desenvolvidas pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) e os materiais utilizados foram IRGA 424 que apresenta alto potencial produtivo com ciclo médio, porte baixo e folhas pilosas, apresenta tolerância à toxidez por excesso de ferro e resistente à brusone, além de possuir alta resposta à adubação, vale ressaltar que foi a cultivar mais utilizada no RS neste ano de 2020/21 e IRGA426 também possui elevada produtividade, alto vigor inicial das plantas, outra de suas características são resistência à debulha e à brusone da panícula, além de possuir moderada tolerância à toxidez por ferro no solo e alto potencial de perfilhamento (IRGA, 2021).

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo utilizado no experimento.

pH ¹	M.O.	P	K	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
	dag.kg ⁻¹	mg dm ⁻³					-----cmolc.			dm ⁻	%
				³							
4,7	2,2	3,8	52	0,13	1,6	0,8	0,4	2,80	2,53	5,33	47
Argila			Silte			Areia					
(g kg ⁻¹)			(g kg ⁻¹)			(g kg ⁻¹)					
175			25			800					

(1): CaCl₂.

Fonte: Fernandes, (2021).

A calagem e gessagem foram realizadas trinta dias antes, no volume total de 600kg, auxiliado por uma betoneira. As fontes aplicadas foram calcário dolomítico, com concentração 1,3 g/kg e sulfato de cálcio di-hidratado, utilizando-se 0,65 g/kg. A adubação desemeadura utilizada foi 7g de ureia, 10g de superfosfato simples, 4 gramas de cloreto de potássio e 2g de sulfato de zinco. Os vasos foram preenchidos com 10kg do solo e os recipientes cilíndricos possuíam dimensões de 35cm de altura por 25cm de diâmetros.

As adubações de cobertura foram realizadas em todas as unidades experimentais, com 55 dias, após sementeira, com 2,5g de ureia por vaso. Em seguida foi realizada com 60 dias, após sementeira, e utilizando-se 1,5g de cloreto de potássio por vaso.

O extrato de algas doce foi aplicado em dois momentos distintos: a primeira aplicação foi realizada quando as plantas atingiram respectivamente os estádios fenológicos V4 que correspondeu a 25 dias após a sementeira, escolhido por representar o início do desenvolvimento vegetativo e a segunda foi realizada no estágio V9 que correspondeu a 50 dias após sementeira,

momento que antecede a floração, utilizando-se de um pulverizador costal com 5L de capacidade. As doses utilizadas foram: 0 ml de extrato/L de calda; 10 ml de extrato/L de calda; 20 ml de extrato/L de calda; 30 ml de extrato/L de calda e 40 ml de extrato/L de calda. Todas as aplicações foram realizadas utilizando 1L de volume de calda.

O extrato de algas utilizado possui macro e micronutrientes que estão presentes na Tabela 2. Sua composição possui algas do gênero *Chlorella* e as bactérias do gênero *Spirillum*.

Tabela 2 - Resultados da análise química de macro e micronutrientes do EAAD.

N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
-----				-----ppm-----		-----			-----%	-----
-						ppm-----				
%-----										

2,72	2,57	1,14	0,52	0,0	58,67	0,25	0,0	150.03	0,15	0,05

Fonte: AGROPLASMA, (2019).

No dia 20 de novembro de 2020 foi realizada semeadura manual, com utilização de 8 sementes por vasos. O estande final foi de três plantas por vasos. Para se alcançar esse valor foram retiradas manualmente as plântulas em excesso com 15 dias após semeadura, que correspondeu ao dia 6 de dezembro de 2020.

O experimento foi conduzido utilizando-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x5, sendo duas cultivares (IRGA 424 e IRGA 426), duas épocas de aplicação do extrato de algas (V4 e V9) e cinco doses do extrato (0 ml de extrato/L de calda (testemunha), 10 ml de extrato/L de calda; 20 ml de extrato/L de calda; 30 ml de extrato/L de calda e 40 ml de extrato/L de calda). Através da combinação dos três níveis fatoriais, foram originados 20 tratamentos, organizados em três repetições. Todas as variáveis respostas analisadas foram obtidas através de análises destrutivas, realizadas em cada planta presente no experimento.

No momento em que os grãos alcançaram o ponto de maturação fisiológica, foi realizada a colheita, em seguida, utilizando-se uma balança de precisão, foi possível mensurar as variáveis agrônomicas de produtividade total de grãos por planta e massa de cem grãos.

Com o auxílio de uma régua graduada de 1 metro de comprimento, cada uma das plantas

foi medida da superfície do solo até o perfilho mais alto. Dando continuidade as análises laboratoriais, as folhas de cada perfilho foram processadas pelo software IMAGEJ e possibilitou a obtenção da área foliar. Por fim, levadas a estufa de circulação forçada por 72 horas com temperatura constante de 65°C e depois pesadas para se obter a massa seca de folhas.

As raízes foram lavadas para retirada o substrato, em seguida cortadas, secadas e armazenadas em sacos de papel, posteriormente, colocadas na estufa de circulação forçada durante 72 horas com temperatura constante de 65°C, e por fim pesadas com auxílio de balança de precisão para se obter a massa radicular.

Com posse desses dados, foi possível obter-se a massa seca total somando-se a massa seca de cada estrutura morfológica (raiz, perfilho, folhas, cachos e grãos) de cada unidade experimental.

O estudo dos dados foi realizado, observando-se quanto a normalidade e homoscedasticidade. Dando sequência na avaliação, realizou-se a análise de variância aonde os casos foram significativos, submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para os tratamentos quantitativos sobre as doses.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do resultado da análise do quadro de variância (Tabela 3), nota-se que não há correlação entre os fatores estudados: cultivares, época de aplicação e doses do extrato de algas, em qualquer arranjo entre eles. Logo mostra-se a independência dos fatores, embora com significância para os tratamentos separadamente. Nesse sentido, verificou-se que as variáveis produtividade, peso de cem sementes, altura de planta e área foliar são significativas para todos os níveis de tratamento individuais (cultivares, época de aplicação e dose), enquanto as variáveis massa foliar, massa seca total e massa do sistema radicular mostraram significância somente nas variações de doses usadas.

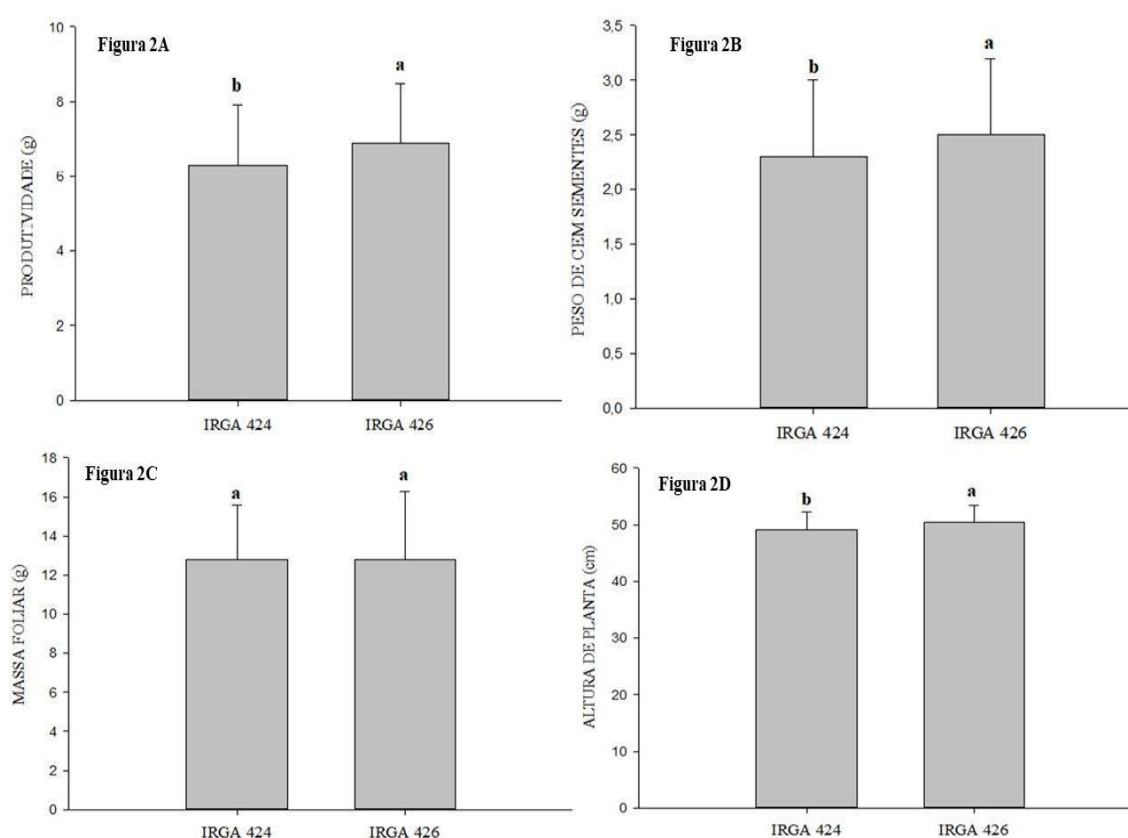
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis: Prod (g), PCS (g), MF (g), MST (g), AP (cm), AF (cm²) e MR (g).

FV	GL	QM						
		PROD	PCS	MF	MST	AP	AF	MR
Cultivares (C)	1	16,200*	3,1822*	0,07 ^{ns}	1,35 ^{ns}	63,606*	1635,38*	3,207 ^{ns}
Época de aplicação (E)	1	88,200*	18,8963*	62,21 ⁿ _s	127,81 ⁿ _s	126,672*	1227,70*	26,964 ⁿ _s
Doses (D)	4	57,926*	1,8869*	93,35*	500,79*	137,244*	2026,13*	69,973*
C x E	1	0,450 ^{ns}	0,7729 ^{ns}	3,71 ^{ns}	5,03 ^{ns}	5,339 ^{ns}	1,86 ^{ns}	10,410 ⁿ _s
C x D	4	0,000 ^{ns}	0,6003 ^{ns}	22,51 ⁿ _s	25,57 ^{ns}	2,689 ^{ns}	45,66 ^{ns}	1,516 ^{ns}
E x D	4	0,000 ^{ns}	1,1135 ^{ns}	8,44 ^{ns}	11,14 ^{ns}	1,756 ^{ns}	51,25 ^{ns}	4,253 ^{ns}
C x E x D	4	0,000 ^{ns}	0,3265 ^{ns}	2,02 ^{ns}	24,12 ^{ns}	6,478 ^{ns}	27,84 ^{ns}	4,714 ^{ns}
Resíduo	160	0,975	0,6116	15,34	33,41	5,59	21,44	9,504
Média		6,5961	2,3095	12,82	39,782 9	49,7611	126,116	17,906 7
CV %		14,87	33,77	30,49	14,50	4,74	3,67	17,20

Prod: produtividade por planta; PCS: peso de cem sementes; MF: massa foliar; MST: massa seca total; AP: altura de planta; AF: área foliar; MR: massa de raiz; *: significativo ao teste Tukey; ^{ns}: não significativo pelo teste Tukey; QM: quadrado médio; FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade
Fonte: Fernandes, (2021).

A partir da análise dos dados obtidos, conclui-se que para a fonte de variação cultivares (Figura 2A, 2B e 2D), o genótipo IRGA 426 resultou nas maiores médias para a produtividade, peso de cem sementes e altura de planta. Verificou-se que a cultivar IRGA 424 apresentou os maiores índices para a área foliar (Figura 3C). Os fatores abióticos podem acarretar diminuição ou aumento do processo de fotossíntese no dossel da planta o que permite correlacioná-los com as variáveis respostas analisadas.

Figura 2 - - Resultados do teste Tukey para produtividade (2A), peso de cem sementes (2B), massa foliar (2C) e altura de plantas (2D) das cultivares utilizadas no experimento.



Fonte: Dados da pesquisa, (2021).

A radiação ativa da fotossíntese (PAR), que compreende a radiação entre 400 e 700 nanômetros, é responsável pela modelagem de todo o processo fotossintético. (TATAGIBA, 2013). A variável área foliar está correlacionada com essa energia luminosa. Logo materiais tendem a manter sua área foliar máxima por mais tempo, o que foi retratado por Benincasa (1988). Na cultura que foi utilizada no experimento, as folhas bandeiras contribuem com 19% dos índices de área foliar, a parte intermediária do dossel com 28% e as folhas localizadas nas partes mais próximas do solo com 27% (YOSHIDA ET AL 1972).

A área foliar possui relação próxima da PAR e juntas, são em tese, a energia e os receptores de grande parte do processo da fotossíntese. A partir dos estudos de Tanaka et al (1996) e Tatagiba (2013) demonstram-se que a área foliar possui influência do estágio de crescimento, características da planta, além da radiação ativa da fotossíntese.

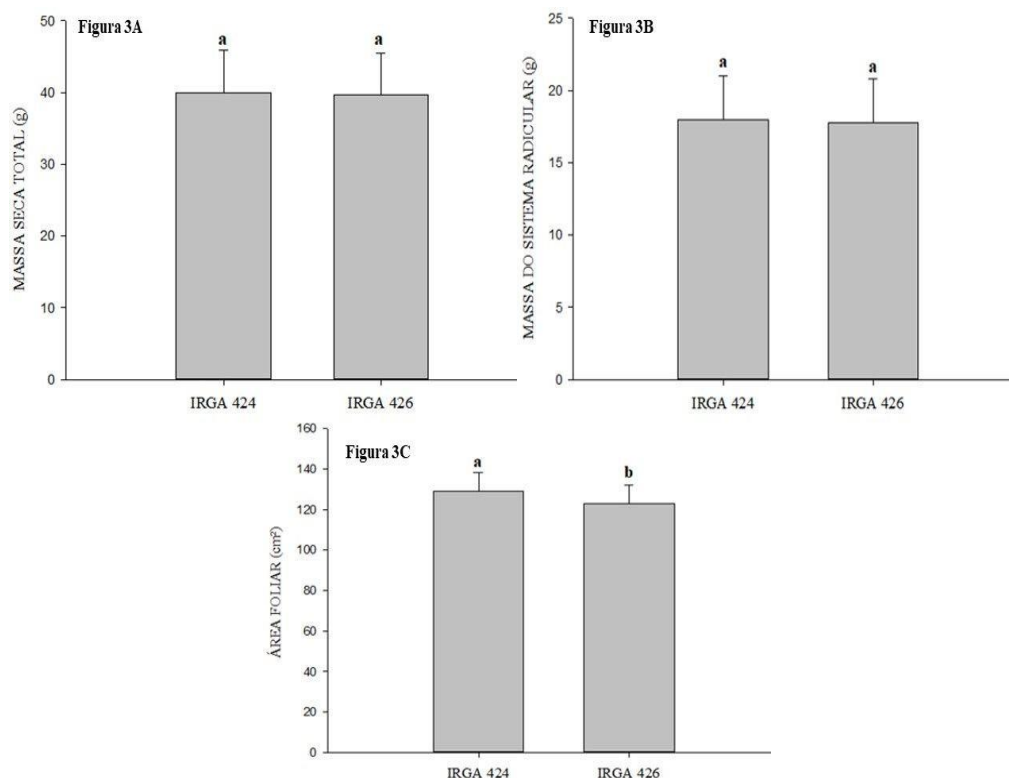
A concentração de gás carbônico no dossel das plantas de arroz é outro fator importante neste estudo pois o dióxido de carbono é um dos componentes das reações que ocorrem na fase escura da fotossíntese, tendo influencia direta no funcionamento dos estômatos (CONCENÇO, 2009).

Nas plantas pertencentes ao genótipo IRGA 426, percebeu-se maior altura das plantas, o que pode ter permitido melhor exposição das folhas a radiação ativa de fotossíntese e concentrar maior quantidade de CO² no dossel, além de facilitar a respiração e aumentar o aproveitamento fotossintético (GUIMARÃES, 2003). A contribuição da luz solar não se restringe somente há participação na fotossíntese, agindo também no conteúdo e qualidade de várias moléculas, desde a formação até o transporte dos assimilados fotossintéticos, o que justifica maiores médias de produtividade e peso de cem grãos obtidos pelos exemplares dessa cultivar que possui maior altura de planta. (FAGERIA,1989 e SHINOMURA et al, 1996).

A taxa fotossintética de um dossel de planta por unidade de área de terra está claramente relacionada com a área e aspecto de suas folhas, mas a avaliação quantitativa é difícil. Estudos com modelos mostraram que para índices de área de folha alto (LAI) a eficiência fotossintética é maior em genótipos que apresentam folhas eretas (DUNCAN,1971), característica presente nas duas cultivares utilizadas no experimento. Terres et al. (1985) afirmam que materiais de arroz que possuem a folha ereta tendem a minimizar o sombreamento, permitindo maior absorção de energia solar e conseqüentemente, maior eficiência fotossintética.

Em outros estudos com cultivares de arroz, resultados semelhantes foram encontrados nos experimentos retratados como por Paranhos et al. (1991) encontraram maiores rendimento de grãos para a cultivar IRGA 409, que possuía área foliar menor comparada as cultivares BLUEBELLE e EEA 406, ambos com maior área foliar.

Figura 3 - Resultados do teste Tukey para massa seca total (3A), massa do sistema radicular (3B) e área foliar (3C) das cultivares utilizadas no experimento.



Fonte: Dados da pesquisa, (2021).

Ao analisar os valores de massa seca total, percebe-se proximidade com a massa do sistema radicular (Figura 3B), ao comparar as duas cultivares utilizadas no experimento, provavelmente esse fato é consequência de ambos os materiais genéticos pertencerem a mesma instituição IRGA, apresentando estreita base genética e semelhança genotípicas.

Os traços morfológicos têm sido usados como base para determinar a variabilidade genética, mas, observa-se algumas desvantagens nesse tipo de interpretação em relação ao tempo, espaço, custo e requisitos de trabalho. Segundo Roy e Sharma (2014), não se recomenda definir o nível preciso de variabilidade genética entre cultivares devido à ação aditiva de genes para a expressão de traços e o efeito ambiental no desempenho fenotípico.

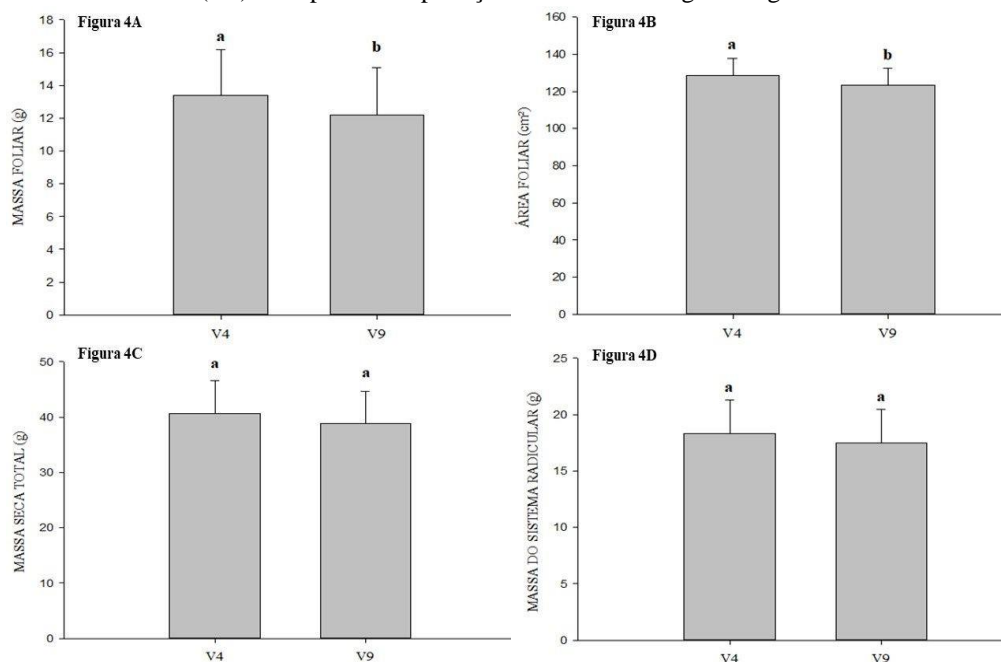
Os estudos de Busanello et al. descrevem a variabilidade genética na cultura do arroz no Brasil, analisando os caracteres morfológicos, número de panículas por planta, peso da panícula, número de grãos e grãos estéreis por panícula, peso de 1000 grãos, cor do lema, cor da gluma estéril e comprimento da cariopse, largura e espessura, nos marcadores moleculares genéticos e conteúdo mineral do grão para 91 cultivares de arroz irrigado. No Brasil, 75% dos materiais genotípicos em questão foram agrupados em um determinado conjunto denominado:

“Current South Brazilian elite cultivars” (CSBEC), o qual inclui a maioria dos materiais utilizados para o cultivo de arroz irrigado em território nacional.

Estruturas morfológicas são influenciadas por fatores ambientais e não fornecem informações tão precisas quanto às fornecidas por marcadores moleculares genéticos, contudo, essas mensurações podem ser úteis na identificação de possíveis interações entre respostas fisiológicas de um determinado material genético e o efeito do extrato de algas de água doce sobre ele.

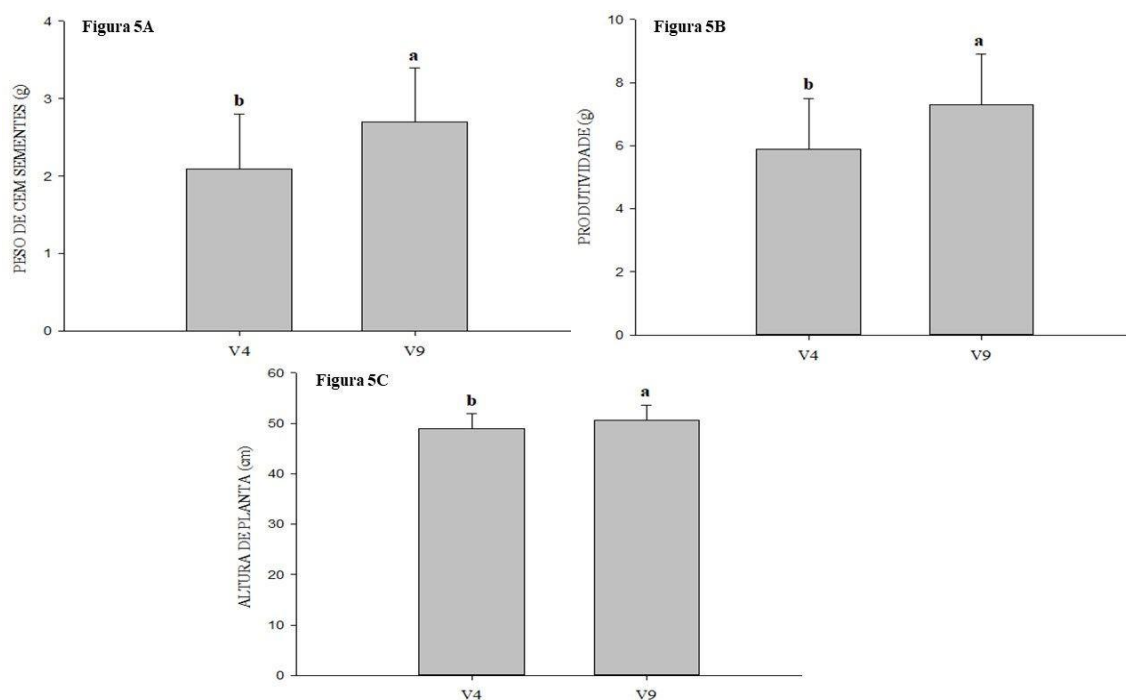
Ao analisar os resultados do teste Tukey para as épocas de aplicação do extrato de algas (Figuras 4 e 5), percebe-se que a primeira época de aplicação (Figura 4A e 4B), correspondente ao estágio fenológico V4 (quarta folha totalmente expandida), resultou em incremento significativo para a massa foliar e área foliar. Para a segunda época de aplicação (Figura 5A, 5B e 5C) que corresponde ao estágio fenológico V9 (início da diferenciação das panículas) proporcionou as maiores médias para às características peso de cem sementes, produtividade de grãos e altura de planta.

Figura 4 - Resultados do teste Tukey (0,05%) para a massa foliar (4A), área foliar (4B), massa seca total (4C) e massa do sistema radicular (4D) das épocas de aplicação do extrato de algas de água doce.



Fonte: Dados da pesquisa, (2021).

Figura 5 - Resultados do teste Tukey (0,05%) para o peso de cem sementes (5A), produtividade (5B) e altura de planta (5C) das épocas de aplicação do extrato de algas de água doce.



Fonte: Dados da pesquisa, (2021).

Observa-se que para primeira época de aplicação (V4), houve incremento significativo para a massa e área foliar, evidenciando-se o aumento na divisão celular, promovido pela citocinina presente no extrato de algas, resultando na expansão foliar e partição de assimilados das plantas. Segundo Arthur et al (2003), pelo fato de o estágio fenológico V4 ainda não possuir o dreno dos grãos, os nutrientes, hormônios vegetais, carboidratos e proteínas presentes no extrato de algas podem ter contribuído para o acúmulo de massa e área foliar

Nos dias atuais, ainda são escassos os estudos referentes a diferentes épocas de aplicação de extrato de algas na cultura do arroz, existindo assim, muitas dúvidas pertinentes no que diz respeito ao efeito dos componentes dos extratos em estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos. O incremento das variáveis produtividade, peso de cem sementes e altura da planta, na segunda época de aplicação, realizada na diferenciação de panículas, pode ser explicado pela maior oferta de nutrientes e hormônios vegetais provindos da aplicação do extrato de algas e dessa forma potencializando as atividades metabólicas relacionadas à “relação fonte-dreno” que permitirá a formação dos grãos. As melhorias nos parâmetros de rendimento das culturas em consequência do extrato de algas podem ser referentes ao aumento do movimento de fotoassimilados oriundos de partes vegetativas para parte dos grãos em

desenvolvimentos (Shah et al, 2013).

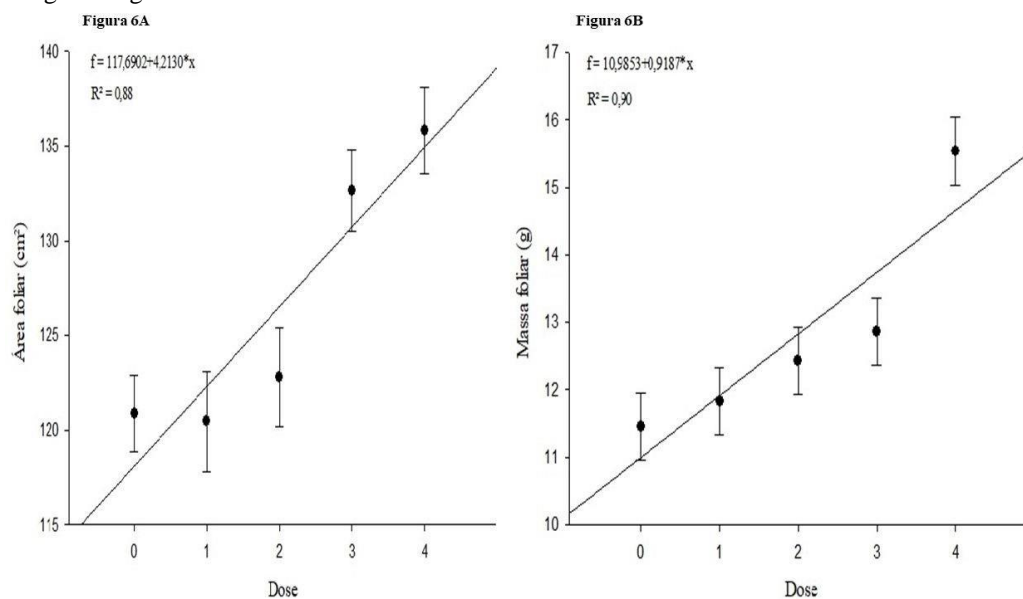
Os reguladores naturais de crescimento de plantas (por exemplo, auxina, giberelina e citocinina), presentes nos extratos de algas, podem oferecer grande impulso ao rendimento das safras, acelerando diversas funções metabólicas das plantas (Zhang e Ervin, 2008).

Um dos pontos-chaves na manutenção do crescimento vegetal é a coordenação entre a disponibilidade e o uso de recursos. Os órgãos que disponibilizam e exportam os recursos são denominados fonte, podem ser folhas maduras ou órgãos de reserva, por outro lado os órgãos que importam esses recursos são denominados drenos, que são tecidos não fotossintetizantes ou que não produzem fotoassimilados suficientes. (Souza, 2011). Essa distribuição, principalmente, da matéria seca entre os diferentes órgãos de uma planta, é o resultado de um conjunto ordenado de processos metabólicos e de transporte que governam o fluxo de fotoassimilados através de um sistema fonte-dreno e com isso, o balanço apropriado entre o aporte e a demanda de assimilados da planta tem grande importância para maximizar a produção, e pode ser obtido através de adequada relação fonte-dreno (DUARTE et al., 2010).

O efeito das diferentes dosagens do extrato de alga doce apresentou significância perante as variáveis estudadas, além da melhor análise através do método de regressão linear por meio das médias de todos os componentes usados. Percebendo-se, através dos resultados experimentais, um acréscimo na altura de planta, massa de perfilho, massa do sistema radicular, massa de folhas, área foliar, peso de cem sementes, produtividade e massa secatotal.

A partir da análise do aumento das doses do produto em questão, notou-se um acréscimo nas variáveis área foliar e massa de folhas (Figura 6A e 6B). A dose responsável pelo acréscimo em área foliar (136cm^2), que representa 15% a mais que na testemunha, além de promover ganho de 15,8g de massa foliar.

Figura 6 - Área foliar (6A) (cm²) e massa de folhas (6B) (g) em função da aplicação de diferentes doses de extrato de algas de água doce.



Fonte: Dados da pesquisa, (2021).

A combinação de extrato de algas e inoculantes microbianos, mostrou efeitos significativos na área da folha do arroz e foram comprovados por Xie et al (2021) em comparação com o grupo controle.

A cianobactéria *Espirulina*, presente no extrato utilizado no experimento, proporcionou maior valor de caracteres de crescimento, rendimento de grãos e componentes de rendimento em comparação com outros tratamentos. (HABET E ELSADANY, 2020). Não se encontra na literatura estudos relacionados à peso de folhas e extrato de algas na cultura do arroz, embora Goyal (2015) tenha constatado aumento do número total de folhas na cultura do arroz utilizando extrato de algas.

O extrato de algas é uma fonte de citocininas, o que levou a maiores valores de área foliar e massa foliar encontrados para a maior dose de aplicação (REIBER e NUEMAN, 1999; ZHANG e SCHMIDT, 2000), classe de hormônios vegetais que entre suas propriedades promovem a divisão celular, com efeito sobre a expansão foliar e partição de assimilados das plantas (MUSGRAVE, 1994, TATAGIBA, 2013).

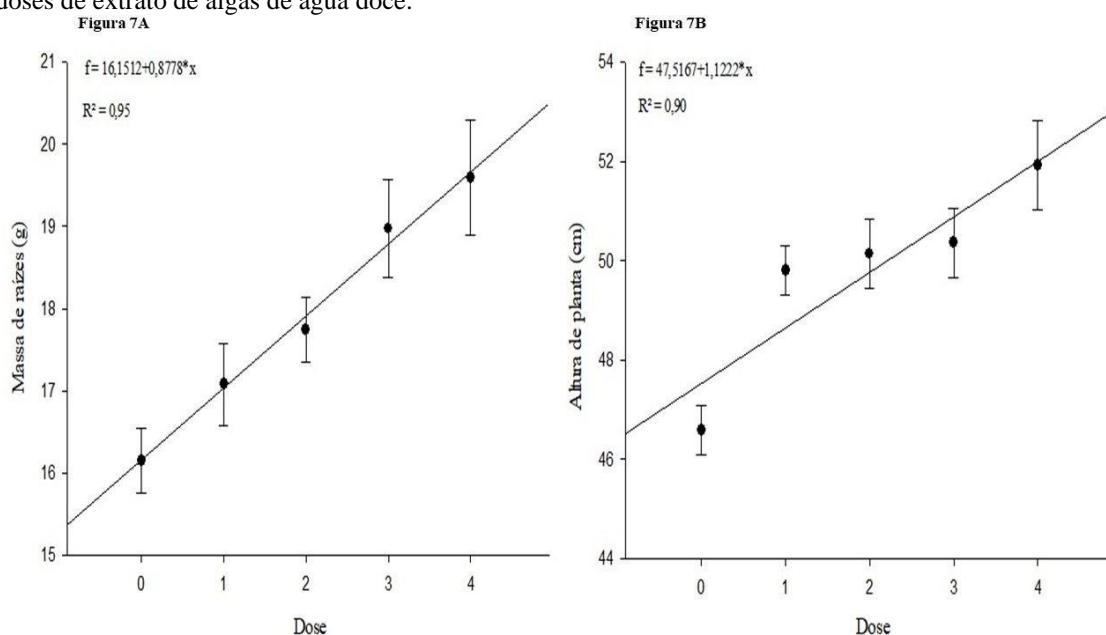
Para a massa do sistema radicular (Figura 7A), a maior massa de raízes (19,7g) foi atingida através da aplicação da dose de (40ml-EAAD/L de calda), corroborando Mulyatni, (2018) que através de experimento com diferentes doses extrato de algas e ácidos húmicos, constatou aumento em comprimento e massa seca de sistema radicular na cultura do arroz,

quando comparado ao grupo controle. As raízes são extremamente sensíveis à auxina, hormônio presente no extrato de algas, que ao serem aplicadas em pequenas quantidades resulta em acréscimo na resposta do crescimento radicular (Ferri, 1985).

Em relação à altura das plantas (Figura 7B), as maiores médias (52cm) foram obtidas através da utilização da dose mais elevada do EAAD (40ml-EAAD/L de calda). Semelhante aos dados obtidos por Sunarpi et al (2010), que obteve maiores índices de altura de plantas e perfilho na cultura do arroz através de aplicações de três diferentes tipos de extrato de algas.

O extrato de algas possui em sua composição substâncias ligadas ao crescimento vegetal, citocininas, aminoácidos, açúcares e vitaminas que permite alavancar o crescimento em altura das plantas. Quando presentes no solo, também podem influenciar positivamente suas características físicas e biológicas, melhorando a estabilidade dos agregados, e conseqüentemente, proporcionando melhor ambiente para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais (VENKATARAMAN E NEELAKANTAN, 1967). Como comprovado por Khan et al (2011), sabe-se que extratos de algas são capazes de aumentar a expressão gênica de hormônios como auxina e citocinina, que são dois moduladores endógenos do desenvolvimento vegetal.

Figura 7 - Massa do sistema radicular (7A) (g) e altura de planta (7B) (cm) em função da aplicação de diferentes doses de extrato de algas de água doce.

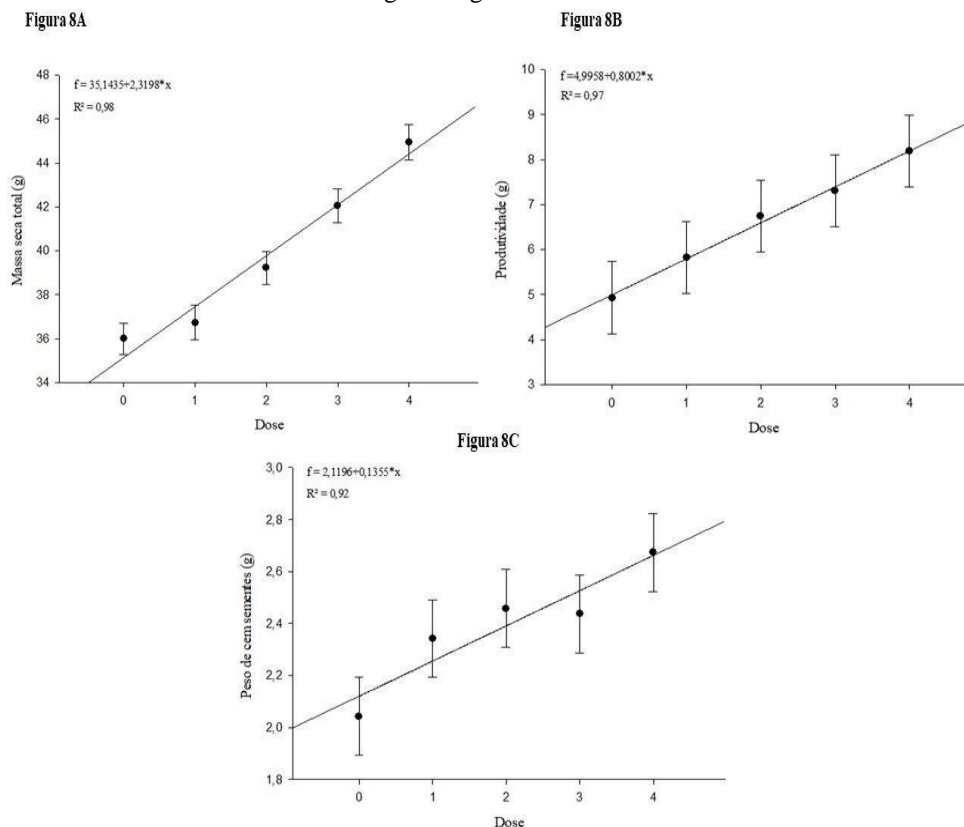


Fonte: Dados da pesquisa, (2021).

A análise das médias de massa seca total (Figura 8A), (45g) foram obtidas através da utilização da maior dose do EAAD utilizada no experimento (40ml-EAAD/L de calda). O peso da planta é afetado pela concentração de nutrientes, bem como pela quantidade de produtos fotossintéticos da planta. Seguindo os estudos de Sunarpi et al (2010), a aplicação do extrato de algas na planta é sugerida como capaz de aumentar as concentrações de nutrientes nas folhas, por meio do envolvimento do hormônio do crescimento no processo de absorção e movimentação dos nutrientes em uma planta, aumentando o peso da planta.

A produção de grãos (Figura 8B e 8C), faz notar que a produtividade por planta e peso de cem sementes, para ambos, possui os maiores valores obtidos para a maior dose de EAAD utilizada no experimento (40ml EAAD/L de calda). A dose 4 proporcionou rendimento médio de 8 gramas de grãos por planta, 3 gramas a mais do que a testemunha (5g). Plantas tratadas com a dose 4 (40ml EAAD/L de calda) apresentaram peso médio de cem sementes de 2,7g, enquanto o grupo controle apresentou média de 2,04g a cada cem sementes.

Figura 8 - Massa seca total (8A) (g), produtividade (8B) (g) e peso de cem sementes (8C) (g) em função da aplicação de diferentes doses de extrato de algas de água doce.



Fonte: Dados da pesquisa, (2021).

Semelhante a resultados obtidos por Singh (2015), verificou-se a obtenção de maior

massa de grãos de arroz através da aplicação de extrato de algas (3,5 ton/ha) em comparação a fertilização mineral (3,1 ton/ha). O encontro de resultados próximos ao do estudo em questão mostra que produtos comerciais à base de extrato de algas são eficientes em acúmulo de massa de estruturas morfológicas, o que pode acarretar maior produção de grãos. Observa-se que o efeito cumulativo de massa oriundo de diferentes extratos de algas pode estar ligado a dois fatores: o acréscimo positivo de nutrientes, vitaminas e aminoácidos presentes nos produtos e a ação hormonal de auxinas e citocininas que também se encontram presentes nas algas.

A partir dos estudos de Michalak (2014), a composição bioquímica dos extratos de algas é complexa (polissacarídeos, minerais, vitaminas, óleos, gorduras, ácidos, antioxidantes, pigmentos, hormônios), portanto, compreender seu mecanismo de ação, muitas vezes requer abordagem multidisciplinar devido à interação múltipla entre os números substanciais de compostos bioativos dentro do mesmo extrato.

As citocininas e as auxinas atuam no processo de divisão celular. Como foi demonstrado por Pasternak (2000), no que se refere à regulação da atividade das CDK's (Cyclinas dependentes das kinases) e das Cyclinas, que são por sua vez proteínas responsáveis pela transição da fase G1 para a fase S e G2 no ciclo mitótico, verifica-se que as CDK'S e as Cyclinas são responsáveis pela disponibilização da energia (ATP) necessária para a divisão celular. A auxina se relaciona com o estímulo de produção de CDK'S e Cyclinas, enquanto que a citocininas ativam as presentes proteínas através do processo de fosforização oxidativa, permitindo a transição de fases do processo mitótico.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variáveis morfológicas detectadas entre as cultivares utilizadas IRGA 424 e 426 obtiveram diferenças mínimas, o que provavelmente se deve a base genética muito próxima dos materiais de arroz desenvolvidos no Brasil.

A segunda época de aplicação (V9) proporcionou maior produtividade de grãos e peso de cem sementes, já a primeira aplicação (V4) viabilizou maior incremento para a massa e área foliar. Onde foi aplicada a dose de (40ml de extrato/L de calda) obteve-se incremento de todas as variáveis analisadas, tanto para crescimento e desenvolvimento, como para produtividade.

5 REFERÊNCIAS

- ALADOS, I.; FOYO-MORENO, I. Y.; ALADOS-ARBOLEDAS, L. Photosynthetically active radiation: measurements and modelling. *Agricultural and forest meteorology*, v. 78, n. 1-2, p. 121-131, 1996.
- ARDIET, Denis-Luc; VON DER WEID, Denis. SPIRULINA AS A FOOD COMPLEMENT TO SUPPORT HEALTH AND COGNITIVE DEVELOPMENT. *Indian Pediatrics*, v. 41, n. 1, 2004.
- Arthur, G. D., Stirk, W. A., Van Staden, J. (2003). Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annum*. *South African journal of botany*, 69(2), 207-211.
- AZEVEDO, Carolina AA; NAUER, Fábio. Biodiversidade e Ecologia de Macroalgas Marinhas Brasileiras. *BOTÂNICA NO INVERNO*, p. 118, 2012.
- BENINCASA, Margarida Maria Pereira. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 1988.
- BUSANELLO, Carlos et al. Is the genetic variability of elite rice in southern Brazil really disappearing?. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 20, 2020.
- CHOJNACKA, Katarzyna et al. Biologically active compounds in seaweed extracts-the prospects for the application. In: *The open conference proceedings journal*. 2012.
- CONAB Boletim Grãos Julho 2020 – Online. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em 25 de setembro de 2021.
- CRAIGIE, James S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of applied phycology*, v. 23, n. 3, p. 371-393, 2011.
- DE SOUZA, Lauro M. et al. Structural characterization and anti-HSV-1 and HSV-2 activity of glycolipids from the marine algae *Osmundaria obtusiloba* isolated from Southeastern Brazilian coast. *Marine Drugs*, v. 10, n. 4, p. 918-931, 2012.
- DUNCAN, W. G. Leaf angles, leaf area, and canopy photosynthesis 1. *Crop Science*, v. 11, n. 4, p. 482-485, 1971.
- EL-HABET, Howida BI; ELSADANY, A. Y. Maximize Growth and Productivity of Rice by Using N₂-Fixing *Anabaena oryzae* and *Spirulina platensis* Extract. *Journal of Plant Production*, v. 11, n. 11, p. 1105-1114, 2020.
- FAGERIA, N. K. Yield physiology of rice. *Journal of plant nutrition*, v. 30, n. 6, p. 843-879, 2007.
- Ferri, M.G.,1985. *Fisiologia Vegetal 1*. 2ed. Ed. EPU, São Paulo. 362p.

GOYAL, Prinka; THIND, S. K. Morphological parameters and carbohydrate accumulation of rice cultivars as influenced by seaweed extract application under aerobic conditions. *ORYZA- An International Journal on Rice*, v. 52, n. 2, p. 131-136, 2015.

HENRIKSON, R. Microalga Spirulina, superalimento del futuro. Ronore Enterprises. 2• ed. Ediciones Urano, Barcelona, España. 1994; 222 p.

JULIANO, B.O. Rice in human nutrition. Rome: FAO, 1993. Acesso em 24 de maio de 2021. Online. Disponível na internet: <http://www.fao.org>>

KRISHNAN, P. et al. High-temperature effects on rice growth, yield, and grain quality. *Advances in agronomy*, v. 111, p. 87-206, 2011.

Kuroda E, Ookawa T, Ishihara K. 1989. Analysis on difference of dry matter production between rice cultivars with different plant height in relation to gas diffusion inside stands.

Jpn. J. Crop Sci. 58(3):374-382.

LEMBI, Carole A.; WAALAND, J. Robert (Ed.). *Algae and human affairs*. Cambridge University Press, 1988 APUD Moe, Tin, 2020.

MICHALAK, Izabela; CHOJNACKA, Katarzyna. Algal extracts: Technology and advances. *Engineering in Life Sciences*, v. 14, n. 6, p. 581-591, 2014.

MULYATNI, Agustin Sri; PRAPTANA, R. H.; SANTOSO, D. The effect of biostimulant in root and population of phosphate solubilizing bacteria: A study case in upland rice. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2018. p. 012016.

MUSGRAVE, M. E. Cytokinins and oxidative processes. In: MOK, D. W. S, MOK, M. C. (Ed.) *Cytokinins, chemistry, activity and function*. Boca Raton: CRC Press, 1994, p. 167-178.

PACIEVITCH, Thais. *Geografia do Tocantins*. Info Escola, 2018.

PARANHOS, Juçara Terezinha et al. Índice de área foliar de três cultivares de arroz irrigado. *Ciência Rural*, v. 21, p. 35-41, 1991.

PAUDEL, Y. P. et al. Role of blue green algae in rice productivity. *Agriculture and Biology Journal of North America*, v. 3, n. 8, p. 332-335, 2012.

PASTERNAK, T. et al. Exogenous auxin and cytokinin dependent activation of CDKs and cell division in leaf protoplast-derived cells of alfalfa. *Plant Growth Regulation*, v. 32, n. 2, p. 129-141, 2000.

PENG, S. Single-leaf and canopy photosynthesis of rice. In: *Studies in Plant Science*. Elsevier, 2000. p. 213-228.

RAYORATH, P.; KHAN, W.; PALANISAMY, R.; MACKINNON, S. L.; STEFANOVA, R.; HANKINS, S. D.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. Extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* induce gibberellic acid (GA3) – independente amylase activity in barley. *Journal of Plant Growth Regulation, Secaucus*, v.27, p.370-379, 2008a.

RADWAN, Fathi I.; EL-SEOUD, A. I.; EL-HAM, A. B. Response of two rice cultivars to blue green algae. A Mycorrhizal inoculation and mineral nitrogen fertilizer. *Journal of Plant Science and Biotechnology*, v. 2, n. 1, p. 29-34, 2008.

REIBER, J. M.; NUEMAN, D. S. Hybrid weakness in *Phaseolus vulgaris* disruption of development and hormonal allocation. *Plant Growth Regulators*, v. 24, p. 101-106, 1999.

ROCHA, K. C. et al. Slow pyrolysis of *Spirulina platensis* for the production of nitrogenous compounds and potential routes for their separation. *Bioresource Technology*, v. 313, p. 123709, 2020.

RODRIGUES, Eva Regina de Oliveira ET al. Extratos alcalinos das algas pardas *Ascophyllum nodosum* e *Sargassum cymosum* como bioestimulantes de cultivares de *Oryza sativa*. 2018.

Roy SC and Sharma DB (2014) Assessment of genetic diversity in rice [*Oryza sativa* L.] germplasm based on agro-morphology traits and zinc-iron content for crop improvement. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 20: 209-224.

Shah MT, Zodape ST, Chaudhary DR, Eswaran K, Chikara J (2013) Seaweed sap as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *J Plant Nutr* 36:192–200.

SANTOS, Marcos Paulo dos et al. Yield and morphophysiological indices of irrigated rice genotypes in contrasting ecosystems. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 47, p. 253-264, 2017.

SANTOS, A. B.; da Silva, M.A.S.; Stone, L. F.; Heinemann, A. B. (2020). Arroz irrigado em clima tropical no Brasil. In: Lorenzo Dalcin Meus et al. (eds.). *Ecofisiologia do arroz visando altas produtividades*. Santa Maria. p. 201-209.

Shinomura, T. et al. Action spectra for phytochrome A- and B-specific photoinduction of seed germination in *Arabidopsis thaliana*. *P Natl Acad Sci USA* 93, 8129–8133 (1996).

SILVA, Gleyce. PARTIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE MELÃO EM FUNÇÃO DA RELAÇÃO FONTE:DRENO. UFCG, Pombal – PB, 2016.

SINGH, S. K. et al. Effect of fertilizer level and seaweed sap on productivity and profitability of rice (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Agronomy*, v. 60, n. 3, p. 420-425, 2015.

STEPHENSON, William Anthony; BOOTH, Ernest. *Seaweed in agriculture and horticulture*. London: Faber & Faber, 1968.

SOUZA, Amanda. Mecanismos fotossintéticos e relação fonte-dreno em cana-de-açúcar cultivada em atmosfera enriquecida em CO₂. USP, São Paulo, 2011.

STONE, Luis Fernando; DE OLIVEIRA, Aldo Bezerra; STEINMETZ, Silvio. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro, ao nitrogênio. *Embrapa Arroz e Feijão- Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 1979.

SUNARPI, SUNARPI et al. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Nusantara Bioscience*, v. 2, n. 2, 2010.

Taiz, L. & Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre. Artimed. 2004, p.719.

Tanaka A, Kawano K, Yamaguchi J. 1966. Photosynthesis, respiration, and plant type of the tropical rice plant. *IRRI Tech Bull.* 7:1-46.

TANAKA, A. & FUJITA, K. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. *J. Fac. Agric. Hokkaido., Univ., Sapporo*, 59(2):145-238, 1979.

TATAGIBA, Sandro. FOTOSSÍNTESE, METABOLISMO ANTIOXIDATIVO E RESPOSTAS DE DEFESA DE PLANTAS DE ARROZ INFECTADAS POR *Microdochium oryzae* E SUPRIDAS COM SILÍCIO. UFV, Viçosa-MG, 2013.

TERRES, A.L., GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas e Clima Temperado (Pelotas, RS). Fundamentos para a cultura do arroz irrigado. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.83-94.

VENKATARAMAN, G. S.; NEELAKANTAN, S. Effect of the cellular constituents of the nitrogen-fixing blue-green alga, *Cylindrospermum muscicola*, on the root growth of rice plants. *The Journal of General and Applied Microbiology*, v. 13, n. 1, p. 53-61, 1967.

VERKLEIJ, F. N. Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*, v. 8, n. 4, p. 309-324, 1992.

VONSHAK, A. Appendices. In: Vonshak, A., Ed. *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, Cell biology and Biotechnology*. Taylor and Francis, London, Great Britain, 1997; 213- 226.

WANDER, Alcido Elenor; DA SILVA, Osmira Fátima. Rentabilidade da produção de arroz no Brasil. Embrapa Arroz e Feijão-Capítulo em livro científico (ALICE), 2014.

XIE, Huimin et al. Synthetic nitrogen coupled with seaweed extract and microbial inoculants improves rice (*Oryza sativa* L.) production under a dual cropping system. *Italian Journal of Agronomy*, 2021.

Yoshida S, Cock JH, Parao FT. 1972. Physiological aspects of high yields. In: *Rice breeding*. Manila (Philippines): International Rice Research Institute. p 455-514.

Zhang X, Ervin EH (2008) Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bent grass heat tolerance. *Crop Sci* 48:364–370.

ZHANG, X.; SCHMIDT, R. E. Hormone containing products impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bentgrass subjected to drought. *Crop Science*, v. 40, p. 1344-1349, 2000.