

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

VANESSA DIAS REZENDE TRINDADE

**APLICAÇÃO DE EXTRATO DE ALGAS E BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO VIA FOLIAR E POR INOCULAÇÃO DE SEMENTES EM SORGO
DUPLA APTIDÃO**

Ilha Solteira

2020

VANESSA DIAS REZENDE TRINDADE

**APLICAÇÃO DE EXTRATO DE ALGAS E BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO VIA FOLIAR E POR INOCULAÇÃO DE SEMENTES EM SORGO
DUPLA APTIDÃO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira – UNESP
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Agronomia -
Sistema de Produção.

Prof. Dr. Ronaldo da Silva Viana
Orientador

Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá
Co-orientador

Ilha Solteira

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Trindade, Vanessa Dias Rezende.

Aplicação de extrato de algas e bactérias promotoras de crescimento via foliar e por inoculação de sementes em sorgo dupla aptidão / Vanessa Dias Rezende Trindade. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
60 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2021

Orientador: Ronaldo da Silva Viana
Coorientador: Marco Eustáquio de Sá
Inclui bibliografia

1. Bactérias diazotróficas. 2. Produtividade. 3. Nutrição.

Raiane da Silva Santos
Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

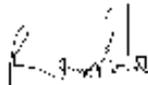
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Aplicação de extrato de algas e bactérias promotoras de crescimento via foliar e por inoculação de sementes de sorgo dupla aptidão

AUTORA: VANESSA DIAS REZENDE TRINDADE

ORIENTADOR: RONALDO DA SILVA VIANA

COORIENTADOR: MARCO EUSTAQUIO DE SA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA,
área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. RONALDO DA SILVA VIANA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Agrônômica / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
de Dracena - UNESP

Prof. Dr. ELCIO HIROYOSHI YANO (Participação Virtual)
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira - UNESP



Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS (Participação Virtual)
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos
Agronegócios - APTA



Ilha Solteira, 15 de janeiro de 2021

Aos meus pais Keilamar Dias e André Luís Rezende Trindade, aos meus irmãos Maria Alice e Rafael, as minhas avós Leda Trindade e Laurita Cândida, e in memoriam ao meu avô José Salomé Trindade. Obrigada pelo apoio e carinho ao longo desta jornada.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, toda honra, glória, pois é o meu Senhor, aquele que me deu a vida para viver este momento.

À minha família, pelo apoio, carinho e incentivo ao longo desta etapa, principalmente à minha vó Leda Rezende Trindade, a qual estive em todos os momentos sendo meu suporte e amparo para conseguir passar os obstáculos. À minha mãe e meu pai por incentivar novos caminhos e me inspirarem a nunca ter medo de sair da zona de conforto e buscar aquilo que me faz feliz.

Ao meu orientador Ronaldo Viana por me aceitar como orientada e me ajudar em todos os momentos, por me inspirar e me orientar os caminhos a serem seguidos.

Ao meu co-orientador Marco Eustáquio por ser tão paciente, amável e bondoso comigo nos momentos mais difíceis, me aconselhando e realmente se preocupando comigo não só como orientada, mas como pessoa também, muito obrigada professor.

Aos meus amigos Maria Gabriela, André Luís Máximo e José Ailton por todo apoio ao longo das avaliações, por me ajudarem e estarem ao meu lado ao longo das etapas.

Aos meus colegas Guilherme Carlos, Giovana, Fernando, Diego, Izabela, Janaína, Arshad, José Carlos, Natália por todos os momentos alegres que vivemos juntos, pelo companheirismo nas aulas e nas atividades, sempre tendo o cuidado de sermos uma equipe.

Aos meus colegas Luan e Rafael pelos conselhos profissionais que ampliaram horizontes a serem explorados. Agradeço ao Douglas por sempre compartilhar suas experiências profissionais que me inspiraram a seguir o caminho que estou atualmente.

À banca examinadora, sendo composta pelo professor Élcio Hiroyoshi Yano que é muito especial para minha carreira estudantil e profissional; meu orientador Ronaldo Viana e pelo professor Gustavo Pavan que gentilmente concordou em participar deste momento. Agradeço pelas sugestões e orientações que colaboraram para conclusão dessa dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Muito obrigada a todos.

“O Senhor é meu refúgio e minha fortaleza, meu Deus,
a quem confio a minha alma.”

(Salmo 91)

RESUMO

A adubação é uma das etapas de maior custo, o que se faz necessário buscar alternativas, sendo a adubação foliar e introdução de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Assim, objetivou avaliar características agronômicas de plantas de sorgo dupla aptidão submetidas a aplicação de fertilizante com extrato de algas e *Azospirillum brasilense* via foliar aos 60 dias após a semeadura (DAS) e inoculado em sementes para avaliar características agronômicas, tecnológicas, bromatológicas, nutricionais e análise de FTIR (infravermelho). Foi realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, no município de Selvíria, MS. O trabalho foi dividido em dois experimentos, sendo um conduzido em campo experimental e o outro em vasos em viveiro de mudas, com tratamentos em esquema fatorial 5x2 sendo cinco doses de fertilizante com extrato de algas (0,0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 L ha⁻¹) e *Azospirillum brasilense* (presença e ausência) (estirpe Abv5 e 6, na dose 1,0 L ha⁻¹) com quatro repetições cada tratamento, diferindo que em campo foi aplicado via foliar aos 60 dias após a semeadura e em vasos inoculado nas sementes. No desenvolvimento inicial do sorgo (em vasos) foram avaliados altura de planta, diâmetro de colmo, número de folhas, volume de raiz, matéria seca de raiz, matéria seca de parte aérea, índice de velocidade de germinação e análise nutricional foliar pelo microscópio eletrônico de varredura. As variáveis analisadas no experimento em campo foram tecnológicas (qualidade de caldo extraído do colmo), bromatológicas (parâmetros de qualidade para alimentação animal), produtivas (características agronômicas) e nutricional (análise de tecido e em microscópio eletrônico de varredura). Em ambos experimentos, a utilização do fertilizante com extrato de algas não incrementou as características do sorgo, porém a aplicação via foliar de *Azospirillum brasilense* proporcionou maior produtividade de grãos.

Palavras-chave: Bactérias diazotróficas. Produtividade. Nutrição. Sorgo. Microbiota. Biomassa.

ABSTRACT

Fertilization is one of the most costly steps, which makes it necessary to seek alternatives, such as foliar fertilization and the introduction of microorganisms that promote plant growth. Thus, it aimed to evaluate agronomic characteristics of double-fit sorghum plants submitted to application of fertilizer with algae extract and *Azospirillum brasilense* through leaf at 60 days after sowing (DAS) and inoculated in seeds to evaluate agronomic, technological, bromatological, nutritional and FTIR (infrared) analysis. It was held at the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE) of the Engineering Faculty of Ilha Solteira, in Selvíria, MS. The work was divided into two experiments, one conducted in an experimental field and the other in pots in a seedling nursery. The treatments was in a 5x2 factorial scheme with five doses of fertilizer with algae extract (0.0, 0.5, 1, 0, 1.5 and 2.0 L ha⁻¹) and *Azospirillum brasilense* (presence and absence) (strain Abv5 and 6, at the dose 1.0 L ha⁻¹) with four replicates each treatment. The difference is that in the field it was applied through leaf at 60 days after sowing and in pots inoculated in the seeds. In the initial development of sorghum (in pots), plant height, stem diameter, number of leaves, root volume, root dry matter, shoot dry matter, germination speed index and leaf nutritional analysis by electron microscope were evaluated scanning. The variables analyzed in the field experiment were technological (quality of juice extracted from the stalk), bromatological (quality parameters for animal feed), productive (agronomic characteristics) and nutritional (tissue analysis and scanning electron microscope). In both experiments, the use of fertilizer with algae extract did not increase the characteristics of the sorghum, however the foliar application of *Azospirillum brasilense* provided greater grain productivity.

Keywords: Diazotrophic bacteria. Productivity. Nutrition. Sorghum. Microbiota. Biomass.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Sorgo	13
2.2. Extrato de Algas	15
2.3. Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Aplicação de Extrato de Algas e <i>Azospirillum brasilense</i> via foliar (em campo)	18
3.2. Inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> (em vasos)	21
3.3. Análise Estatística	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Aplicação de Extrato de Algas e <i>Azospirillum brasilense</i> via foliar (em campo)	25
4.1.1. Análise Agronômica	25
4.1.2. Análise Tecnológica	30
4.1.3. Análise Bromatológica	33
4.1.4. Análise Nutricional	37
4.1.5. Análise FTIR	39
4.2. Inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> (em vasos)	41
5. CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma cultura que está popularizando ao redor do mundo e tem-se estruturado no agronegócio brasileiro através dos benefícios que pode oferecer em períodos secos do ano. É o quinto cereal mais produzido no mundo, sendo amplamente utilizado nos continentes africano, asiático e na América Central principalmente como fonte alimentar humana devido seu alto teor energético, sendo o alimento de milhares de pessoas nas regiões áridas da África e Ásia (BRUINSMA, 2017; BALASUBRAMANIAN, 2020).

Dentre as diversas finalidades de seu uso, o sorgo pode ser utilizado para alimentação humana devido seus grãos serem ricos em proteínas, vitaminas e minerais (DEGENER, 2015). Na alimentação de animais, o sorgo tem sido uma alternativa para substituir o milho na entressafra na forma de silagem (ROBY *et al.*, 2017). As usinas sucroenergéticas tem utilizado o sorgo como matéria prima para produção de etanol visto que os cultivares de sorgo sacarino possuem altos teores de sólidos solúveis e carboidratos insolúveis, podendo ser utilizados também para produção de etanol segunda geração por meio do processo lignocelulósico (MATHUR *et al.*, 2017; WRIGHT *et al.*, 2017; PERRIER *et al.*, 2017).

Com o crescente aumento da população mundial aliado com o impacto das mudanças climáticas na agricultura, é necessário utilizar recursos para incrementar o desenvolvimento e a produtividade de culturas (TAYLOR, 2019). Os bioestimulantes, substâncias benéficas para plantas que não sejam nutrientes, pesticidas ou fertilizantes, tem sido utilizado em diversas culturas para promoção de crescimento, modulação de desenvolvimento de características das plantas, além de aumentar a tolerância a estresse do ambiente (DU JARDIN, 2015).

Dentre os biostimulantes, tem-se utilizado o extrato de algas da espécie *Ascophyllum nodosum*, o qual promove aumento do crescimento e produtividade em várias culturas através da atuação em rotas metabólicas secundárias, produzindo compostos orgânicos (BATTACHARYYA *et al.*, 2015). Modelos sugerem que este extrato pode modular sinais genéticos para produção de compostos fenólicos, e quando aplicado via foliar, pode conferir tolerância ao ataque de patógenos (BATTACHARYYA *et al.*, 2015). Portanto, podem atuar como fertilizantes através do acúmulo de nutrientes, na germinação de sementes e estabelecimento de plantas, além da modulação hormonal que pode promover outras vantagens para o desenvolvimento da planta (WALLY *et al.*, 2013).

Outra alternativa para agricultura com os atuais desafios é a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), sendo o gênero *Azospirillum* um dos mais estudados, devido sua capacidade de promover o crescimento de plantas, e conseqüentemente,

poder ser utilizado como biofertilizantes em culturas comerciais (SAHU; BRAHMAPRAKASH, 2016). Essas bactérias podem atuar de forma direta através da modulação de níveis de hormônios vegetais na planta, além de aumentarem a absorção de macro e micronutrientes pela sua atuação na rizosfera do hospedeiro (VURUKONDA *et al.*, 2018).

Assim, na busca de incorporar alternativas para aumentar a produtividade para acompanhar as mudanças a nível climático, econômico e social que estão ocorrendo no cenário atual, este trabalho objetivou avaliar características agronômicas de plantas de sorgo dupla aptidão submetidas a aplicação de fertilizante com extrato de algas e *Azospirillum brasilense* via foliar aos 60 dias após a semeadura (DAS) e inoculado em sementes para avaliar características agronômicas, tecnológicas, bromatológicas, nutricionais e análise de FTIR (infravermelho).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SORGO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. (Moench)) é uma gramínea da família Poaceae, de origem africana introduzida no Brasil no início do século XX, com crescente expansão nos últimos anos devido a sua adaptabilidade ao ambiente de cultivo e sua variabilidade de utilização. É composto, em sua maioria, por lignina, celulose, hemicelulose e carboidratos (glicose e sacarose) (ARUNA *et al.*, 2018; RATNAVATHI, 2019; BALASUBRAMANIAN, 2020).

É uma planta de ciclo C4, sendo altamente eficiente durante a fotossíntese e suporta elevados níveis de radiação solar, o que confere grande capacidade de produção de fitomassa, principalmente nos tipos sacarino e forrageiro (LANDAU e SANS, 2015).

Devido ao sistema radicular profundo e ramificado, possui tolerância a seca, além de exigir baixa quantidade de água durante seu desenvolvimento, tornando-se uma opção sustentável como forrageira para regiões áridas e períodos secos do ano, principalmente em regiões ameaçadas pelas mudanças climáticas. Além disso, possui baixa exigência nutricional, tolerância à salinidade e ao encharcamento, e a partir de 250 a 400g de água, consegue produzir 1g de matéria seca, sendo mais eficiente que a maioria das gramíneas tropicais (TAYLOR, 2019; XIMENES *et al.*, 2019).

Para cada finalidade pode-se utilizar um tipo de sorgo adequado. O sorgo granífero pode ser o substituto do milho na alimentação animal, uma vez que a quantidade de grãos no mercado nacional é maior em períodos de seca e sua composição bromatológica é semelhante ao outro grão. Ademais, é utilizado na alimentação humana (farinha e industrializados) (YANG *et al.*, 2018; XIMENES *et al.*, 2019).

O tipo forrageiro é produtor de massa e grãos que não se restringe apenas aos pequenos produtores por ser uma planta de fácil manuseio e manejo de produção, sendo uma alternativa na busca de amenizar escassez de pastagem em períodos secos, além de ser utilizado em silagem para ruminantes, uma vez que apresenta alto rendimento e qualidade. O sorgo dupla-aptidão (forrageiro-granífero) pode ser destinado para pastejo, fenação, consórcio com leguminosas e produção de grãos, demonstrando a versatilidade desta cultura em atender diversos propósitos (XIMENES *et al.*, 2019).

O sacarino é destinado à indústria produtora de açúcar e álcool para geração de etanol de 1ª e 2ª geração, sendo uma alternativa no contexto de matérias primas para produção de combustíveis renováveis. Devido seu ciclo curto de produção, fornece quantidade suficiente

de bagaço que é direcionado para geração de vapor que opera as caldeiras, além de ser utilizado na formulação de rações para ruminantes (XIMENES *et al.*, 2019).

O avanço de tecnologias no Cerrado brasileiro tem ampliado as possibilidades para distintos manejos serem adotados, destacando o sorgo como opção para produção de palhada para o sistema de plantio direto, bem como elemento importante para integração lavoura-pecuária (EMBRAPA, 2015).

Na alimentação humana, o sorgo pode atuar como fonte principal de energia, vitaminas e minerais para milhares de pessoas de regiões pobres e áridas, as quais cultivam o sorgo para subsistência. Pode ser consumido como grão ou como farinha em países como Índia, China, Sudão, Etiópia, Nigéria e alguns países da África, podendo fornecer de 70 a 80% das calorias totais de uma dieta. Além disso, fornece componentes bioativos que promovem benefícios à saúde, sendo o principal componente os compostos fenólicos (LEONEL; CEREDA, 2002; EMBRAPA, 2015; MENEZES *et al.*, 2018; ARUNA; VISARADA, 2019; VISARADA *et al.*, 2018; XIMENES *et al.*, 2019).

Em relação à alimentação animal, o sorgo é um importante elemento na base alimentar de ruminantes e suínos, sendo utilizado cerca de 80% do total produzido deste grão para este fim em países da América Latina e Estados Unidos. É consumido na forma de feno, silagem ou pastejo, apresentando alto valor nutritivo, além de alta concentração de carboidratos solúveis, proteína bruta entre 8 a 15% e nutrientes digestíveis totais entre 60 e 70% *in natura* (MOURA *et al.*, 2016; MARTINI *et al.*, 2019; VISARADA *et al.*, 2019; XIMENES *et al.*, 2019).

Como combustível, o sorgo pode ser matéria prima para produção de bioenergia, biogás e bioetanol através do processamento de seus componentes, principalmente açúcares solúveis e carboidratos insolúveis. Ainda pode ser fonte de uma produção de segunda geração de biocombustíveis através do processo de lignocelulósico, permitindo produzir maior quantidade de combustível com a mesma matéria prima (VISARADA *et al.*, 2019).

O sorgo pode gerar outros produtos como malte, produção de cervejas, líquidos, mingaus, amidos, adesivos, material para fundição de metais e refinação de minérios. Também pode ser destinado para fabricação de cercas, vassouras, lenhas, xaropes, óleos vegetais, ceras, corantes e óleos de lubrificação. As plantas vivas também podem ser utilizadas como quebra vento e cultura de cobertura (SZAMBELAN *et al.*, 2018).

2.2. EXTRATO DE ALGAS

O extrato de algas é considerado um estimulante de crescimento natural e orgânico, sendo classificado de acordo com a coloração da alga utilizada como base, sendo *Chlorophyta*, *Ulva* ssp. e *Cladophora* spp. as algas verdes; *Phaeophyta*, *Sargassum* spp. e *Ascophyllum* spp. as algas marrons e *Rhodophyta*, *Lithophyllum* spp. e *Asparagopsis* spp. as algas vermelhas (DU JARDIM, 2015; KHAN *et al.*, 2009).

Dentre as diversas algas disponíveis, a alga marrom ou parda se destaca na agricultura moderna por ser um estimulante ao crescimento vegetal, uma vez que possui em sua composição hormônios vegetais (auxinas, giberelinas, citocininas e ácido abscísico), micro e macronutrientes, carboidratos e aminoácidos (alanina, ácido aspártico, prolina, torisna, triptofano, valina) (HONG *et al.*, 2007; ACADIAN, 2009; CRAIGIE, 2011; HERNANDEZ-HERRERA *et al.*, 2014).

Assim, o extrato de algas é o resultado da fermentação biológica de algas *Ascophyllum nodosum*, sendo formulado produtos compostos por macro e micronutrientes, hormônios vegetais e ácidos orgânicos provenientes desta fermentação. Essa mistura de substâncias biologicamente ativas promovem o efeito estimulante que pode afetar o metabolismo celular e processos metabólicos, promovendo efeitos benéficos no desenvolvimento das plantas. Os bioestimulantes podem ser aplicados via inoculação de sementes, aplicação foliar ou diretamente no sulco de semeadura (KHAN *et al.*, 2009; YUSUF *et al.*, 2012; BULGARI *et al.*, 2015; YAKHIN *et al.*, 2017).

Dentre os resultados promovidos pelo extrato de algas, tem-se verificado que pode aumentar a germinação e vigor de sementes, estabilidade populacional de várias culturas, maximizar teor de clorofila nas folhas pela elevação da taxa fotossintética, além de maior tolerância a condições adversas e resistência a patógenos e nematoides (CRAIGIE, 2011; PAPENFUS *et al.*, 2013; KASIM *et al.*, 2016; AMMAR *et al.*, 2017; KULKARNI *et al.*, 2019). Outros benefícios que o extrato de algas pode conferir são maior produtividade e qualidade de hortícolas, além de alongar a vida de prateleira de produtos perecíveis (KOCIRA *et al.*, 2018; SAKR *et al.*, 2019).

Estes benefícios podem ser constatados em estudos, tais como incremento de acumulação de compostos fitoquímicos em plantas de abóbora (LOLA-LUZ e al., 2013); aumento da concentração da taxa de fenólicos e flavonoides, além de promover atividade antioxidante em folhas de espinafre quando aplicado o extrato de algas marrons via foliar (FAN *et al.*, 2011), ou seja, produzindo respostas endógenas de anti-estresse (CALVO *et al.*,

2014). Da mesma forma, a aplicação de algas marrons na concentração de 3% proporcionou aumento significativo do comprimento de folhas, número de folhas/planta e produtividade em feijoeiro (VASANTHARAJA *et al.*, 2019).

Além de benefícios para as plantas, o extrato de algas pode promover no solo maior retenção de água e aeração do solo através dos polissacarídeos liberados. Esses compostos também contribuirão na troca de cátions, diminuindo a fixação de metais pesados nos colóides do solo. Outra vertente que o extrato de algas pode direcionar é regulação hormonal nas plantas, uma vez que foi constatada presença de hormônios vegetais, tais como citocininas, auxinas, giberelinas, principalmente em extrato de algas *Ascophyllum nodosum*, uma das mais utilizadas na agricultura moderna (CRAIGIE, 2011; WALLY *et al.*, 2013).

2.3. BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL

A agricultura tem considerado cada vez mais novas alternativas para incremento de qualidade e produtividade, buscando alinhar-se com as novas direções da agricultura global. Em busca de manejo sustentável, as bactérias promotoras de crescimento vegetal são formulações que podem facilitar absorção de nutrientes pela planta, aumentar produtividade e desenvolvimento vegetal, além de restaurar a saúde do solo através do fortalecimento da microbiota natural que é a base da agricultura sustentável (RAWAT *et al.*, 2020).

Os mesmos formam um grupo de microrganismos que podem ser encontrados em diversos locais (rizosfera, raízes ou em associação), sendo que a aplicação destas bactérias promove benefícios que dependem das interações biológicas e ambientais, principalmente relacionadas às características físico-químicas do solo, variedades das plantas e a ampla diversidade de organismos (SOUZA *et al.*, 2015).

O nitrogênio é um dos maiores limitantes para o crescimento vegetal, tornando os fertilizantes químicos nitrogenados indispensáveis para alcançar produtividade almejada. Contudo, a eficiência dos fertilizantes é em torno de 1/3 da quantidade aplicada, o que faz necessário alternativas que sejam mais eficientes e econômicas (MARSCHNER, 2012; BALIGAR; FAGERIA, 2015; PII *et al.*, 2019). A utilização de BPCV, principalmente *Azospirillum brasilense*, resultam na redução de fertilizantes nitrogenados devido a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, tornando-o disponível para a planta, podendo reduzir os custos de produção, além de minimizar possíveis impactos ambientais de algumas atividades agrícolas (FUKAMI *et al.*, 2016).

O gênero *Azospirillum* é um dos mais estudados, sendo que em torno de 22 espécies foram identificadas, isoladas e validadas. Dentre os benefícios que este gênero pode conferir são a produção de múltiplos fitormônios, reguladores vegetais, fixação de nitrogênio, solubilização de fosfatos do solo, proliferação do sistema radicular, aumento da eficiência de absorção de água e nutrientes, além de tolerância a condições de estresse (CASSÁN *et al.*, 2020).

Estudos verificaram que pode aumentar até 30% da produtividade de leguminosas quando inoculadas com espécies deste gênero, visto que uma das causas se deve à variabilidade de nutrientes que pode ser disponibilizada para a planta (FUKAMI *et al.*, 2016; GALINDO *et al.*, 2018). Em relação à aplicação das BPCV, o método de inoculação é o mais utilizado, porém alguns estudos têm reportado que tanto em sulco quanto via foliar pode conferir a mesma eficiência da inoculação (SANTINI *et al.*, 2018; RILLING *et al.*, 2019).

Galindo *et al.* (2020) ao estudarem métodos de aplicação de *Azospirillum brasilense* em plantas de milho, verificaram que entre os três modos (inoculação na semente, pulverização no sulco e via foliar), a bactéria demonstrou menor eficiência via foliar, porém alcançou produtividade maior do que tratamento controle. Em outro estudo, Fukami *et al.* (2016) aos avaliarem aplicação desta mesma bactéria em plantas de trigo e milho, constataram que tanto a pulverização nas folhas quanto no solo pode substituir em torno de 25% no nitrogênio aplicado via fertilizante no milho, demonstrando a capacidade de fixação e disponibilização de nitrogênio que a bactéria promove para a cultura.

Outras características agronômicas foram influenciadas pela *Azospirillum brasilense*, visto que Santini *et al.* (2018) verificaram aumento de 24,6% na biomassa de parte aérea e 14% na de raiz quando inoculada as sementes e 15,5% na parte aérea e 8,4% na raiz quando aplicado via foliar. Galindo *et al.* (2020) observaram maior diâmetro de colmo, comprimento de folha, massa 100 grãos e incremento na absorção de N pela raiz e parte aérea.

Para alcançar estes resultados é necessária uma combinação de mecanismos entre inoculante, planta e ambiente, porém, com a grande quantidade de estudos com essa bactéria, é verificado que *Azospirillum brasilense* promove maior crescimento da planta e produtividade das culturas (CASSAN *et al.*, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

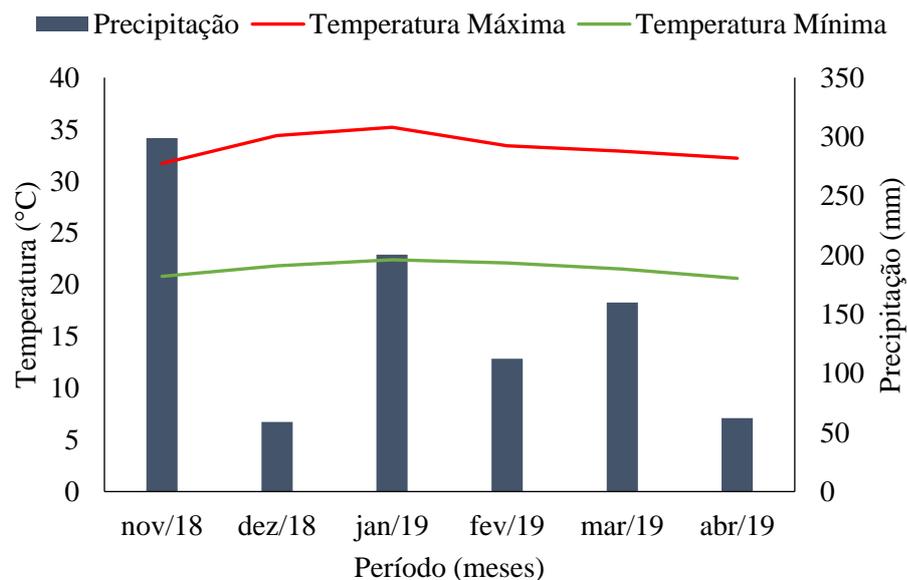
O trabalho foi dividido em dois experimentos que foram instalados e conduzidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada em Selvíria (MS), com as coordenadas geográficas 20° 22' 02'' S e 51° 25' 08'' W.

O clima é caracterizado como tropical úmido Aw conforme classificação de Köppen, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 23°C e com precipitação anual média de 1.322 mm (ALVARES *et al.*, 2013).

3.1. APLICAÇÃO DE EXTRATO DE ALGAS E *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR (EM CAMPO)

O experimento foi instalado e conduzido na safra 2018/2019, entre os meses de novembro de 2018 a abril de 2019, período que compreende desde a semeadura até a colheita das parcelas. A seguir são apresentados os dados de precipitação pluvial e temperaturas mínimas e máximas mensais durante a condução do experimento (Figura 1).

Figura 1. Valores de temperaturas máximas, mínimas e precipitação pluvial referentes ao período de condução do experimento. Selvíria – MS, 2019



Fonte: Canal Clima UNESP (2019)

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico, textura argilosa (EMBRAPA, 2018). Previamente à instalação do experimento

realizou-se a coleta de amostras de solo e análise química para quantificação de macronutrientes, seguindo a metodologia de Raij (2011), de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização do solo da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m. Selvíria – MS, 2019.

Resultados Analíticos									
Profundidade	P (mg dm ⁻³)	MO (g dm ⁻³)	pH	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	CTC	SB
0,00-0,20m	15	28	4,5	3,3	20	14	6	84,3	37,3
Profundidade	V	Ca/CTC	Mg/CTC		m				
			%						
0,00-0,20m	34,5	24	17		14				

Nota: Matéria Orgânica (MO); Capacidade de Troca Catiônica (CTC); Soma de Bases (SB); Saturação de Bases (V); Quantidade de cálcio na CTC (Ca/CTC); Quantidade de magnésio na CTC (Mg/CTC); Saturação por alumínio (m).

Fonte: Laboratório Fertilidade Unesp (2019)

Dois meses antes da instalação do experimento, foi realizada aplicação de calcário dolomítico na recomendação de 1 t ha⁻¹ na área experimental. A semeadura do cultivar de sorgo dupla aptidão Silotec-20 foi realizada em 18 de novembro de 2018, realizando adubação no sulco de semeadura com NPK 08-28-16 na recomendação de 300 kg ha⁻¹ pela semeadora mecânica composta por seis linhas espaçadas 0,85m. Este cultivar pode ser utilizado para produção de etanol, utilizado como matéria prima para silagem animal e para pastoreio, podendo produzir de 30 a 80 t ha⁻¹ de silagem, 40 a 60 t ha⁻¹ de colmos e 1.500 a 4.000 litros ha⁻¹ de etanol. Apresenta ciclo de 105 a 125 dias, alta tolerância a solos ácidos, déficit hídrico e acamamento.

A irrigação foi conduzida por carretel de irrigação com frequência de dois dias entre cada irrigação. Durante a condução do experimento foram aplicados herbicidas para controle de plantas daninhas (grupo atrazina) e inseticidas e fungicidas para controle de pragas e doenças, seguindo os produtos registrados no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT).

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2, sendo cinco doses (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L ha⁻¹) de fertilizante mineral contendo extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) e 10% de zinco e duas situações (ausência e presença de *A. brasilense* (estirpe Abv5 e 6, na dose 1,0 L ha⁻¹), com quatro repetições, totalizando 40 parcelas. As parcelas foram constituídas de 6 linhas espaçadas 0,85 m entre si e com 5 m de comprimento, totalizando 25,5 m² por parcela e 1.020 m² todo o experimento. As duas linhas

laterais foram tomadas como bordadura, sendo as duas linhas centrais com densidade de 10 a 12 plantas por metro linear utilizadas para coleta das amostras

Os tratamentos foram aplicados aos 60 dias após a semeadura (DAS) via pulverização foliar, sendo realizada diluição proporcional de 150 litros (por hectare) para 4 litros de calda. A aplicação foi realizada sobre as três linhas centrais de cada parcela, totalizando 8,5 m² de cada parcela a receber os produtos. Foi utilizado um pulverizador costal pressurizado por CO₂, com uma barra de 2,54 m de comprimento, em forma de T, com 5 pontas AXI 11002 jatos plano espaçados em 0,50 m, possibilitando a aplicação simultânea em três linhas. A barra foi posicionada horizontalmente apoiada sobre outras duas barras verticais que sustentaram a barra pulverizadora a ±50 cm acima do nível da cultura. A pressão utilizada foi de 40 libras/Pol com um volume de calda. Realizou-se a aplicação observando as condições ideais sugeridas pelo fabricante.

O experimento foi colhido aos 127 DAS, sendo avaliadas algumas variáveis: altura de plantas pela medição com uma régua graduada 60 cm acima do solo; diâmetro de colmo com um paquímetro digital medindo o entrenó aos 60 cm; número de folhas a partir da contagem das folhas maduras a partir da base e estimativa da população final de plantas pela contagem de plantas por metro em cada parcela e depois extrapolado para hectare. Foram coletadas duas plantas por parcela, levadas à estufa de ar circulatório a 65° C por 72 horas, e posteriormente, pesada a massa seca para estimativa de matéria seca de planta inteira produzida por hectare (CHIODEROLI, 2010). Após a emissão das panículas, foram protegidas 10 panículas de cada parcela, e por ocasião da colheita, posteriormente coletadas e separados os grãos da panícula para estimativa de produtividade de grãos por hectare (cálculo entre o peso para um metro linear para a quantidade em um hectare) e as panículas, foram pesadas e estimada a produtividade de panículas por hectare.

Previamente à colheita, foram coletadas duas folhas maduras por parcela que foram levadas à estufa de ar circulatório a 65°C, e posteriormente, trituradas por moído estacionário do tipo Willey (peneira 0,85mm). As amostras foram analisadas quimicamente conforme procedimento de Malavolta *et al.* (1997), sendo o nitrogênio extraído por digestão nítrico-perclórica pelo método de Kjeldahl. Os nutrientes P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos por digestão nítrico-perclórica e o fósforo foi determinado por absorção molecular, o potássio por fotometria de emissão de chama, e os demais por espectrofotometria de absorção atômica.

Com a mesma amostra de folhas secas e trituradas foi estimada matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), cinzas (CZ) pela metodologia de Weend e fibra em detergente neutro

(FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina pela metodologia de Van Soest (1994).

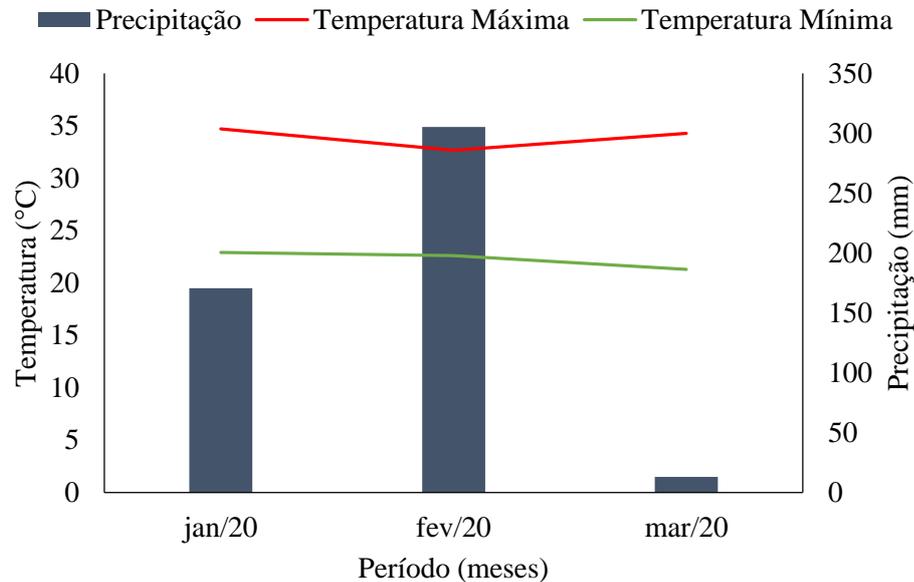
Aos 120 DAS foram coletadas 20 plantas de cada parcela e transportadas até a uma usina produtora de açúcar e etanol para quantificação de parâmetros sólidos solúveis (Brix %); açúcares redutores (AR %); açúcares redutores totais (ART %); fibra (%); pureza (%), açúcar total recuperável (ATR) (kg t^{-1}), umidade do bagaço (%) segundo os métodos de determinações descritos por Consecana (2006).

Outra avaliação realizada foi análise do infravermelho com Transformada de Fourier, a qual foi realizada com parte das amostras secas e trituradas. Primeiramente é realizada a preparação da amostra com sal purificado, no caso brometo de potássio, e posteriormente a mistura é macerada e prensada (em prensa hidráulica) a fim de formar uma pastilha na qual seja possível a luz atravessar. A amostra é inserida em um espectrofotômetro que incide um feixe de infravermelho na pastilha e os dados são processados e arquivados em banco de dados. Através desta metodologia, é possível explorar a interação da radiação eletromagnética com átomos e moléculas, fornecendo informações químicas qualitativas, quantitativas e físicas pelo comprimento de onda (O'SULLIVAN; CONDON, 1999). Cada molécula tem espectro característico na região do infravermelho, permitindo a identificação de diferentes amostras (análise qualitativa), e os picos presentes no gráfico representam as frequências de vibrações, sendo a altura destes picos relacionados à quantidade de vibrações (análise quantitativa) (MORGANO *et al.*, 2005).

3.2. INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM *Azospirillum brasilense* (EM VASOS)

A segunda parte do ensaio foi realizado em vasos, utilizando a mesma cultivar de sorgo no período de janeiro a março de 2020. Os vasos foram alocados em um viveiro de mudas com sombreamento de 50%, ou seja, a irrigação das plantas foi composta por irrigação por aspersão e pelas chuvas deste período. A seguir tem-se o gráfico com o regime pluviométrico e temperaturas máximas e mínimas durante a condução do experimento.

Figura 2. Valores de temperaturas máximas, mínimas e precipitação pluvial referentes ao período de condução do experimento. Selvíria – MS, 2020



Fonte: Canal Clima UNESP (2020)

O solo utilizado nos vasos foi coletado na FEPE e foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico, textura argilosa (EMBRAPA, 2018). Previamente à instalação do experimento realizou-se a coleta de amostras de solo e análise química para quantificação de macronutrientes, seguindo a metodologia de Raij (2011), de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização do solo da área experimental. Selvíria – MS, 2020.

Resultados Analíticos									
Profundidade	P (mg dm ⁻³)	MO (g dm ⁻³)	pH	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	CTC	SB
-	4	14	3,9	0,9	4	3	18	59,9	7,9
Profundidade	V	Ca/CTC	Mg/CTC	%					
-	13	7	5					69	

Nota: Matéria Orgânica (MO); Capacidade de Troca Catiônica (CTC); Soma de Bases (SB); Saturação de Bases (V); Quantidade de cálcio na CTC (Ca/CTC); Quantidade de magnésio na CTC (Mg/CTC); Saturação por alumínio (m).

Fonte: Laboratório Fertilidade Unesp (2020).

O solo foi preparado para o envasamento através da peneiração e retirada de torrões, raízes e outros elementos que poderiam contaminar. Os vasos (de oito litros) foram dispostos 15 centímetros uns dos outros de forma alinhada. Após o solo ser colocado nos vasos, foi

realizada aplicação de calcário para correção do pH e maior disponibilização de micronutrientes, aplicando 3 gramas por vaso. Após uma semana do envasamento, foi realizada a semeadura das sementes, as quais foram previamente inoculadas com *Azospirillum brasilense* e fertilizante com extrato de algas, utilizando as mesmas doses do experimento anterior como tratamentos, porém diferindo apenas no modo de aplicação. Foi realizada a redução proporcional das doses e preparada as caldas para inoculação, emergindo as sementes na calda e semeando 4 sementes por vaso distribuídas em um distanciamento semelhante.

Em relação ao controle de pragas, aos 17DAS foi aplicado inseticida com ingrediente ativo triflumurom (fisiológico inibidor de quitina) e imidacloprida (sistêmico) para controle de lagartas no período inicial de desenvolvimento do sorgo. Aos 30DAS, utilizou-se fungicida com ingrediente ativo trifloxistrobina para controle de cercosporiose, doença que foi constatada no início e foi controlada. Também foi realizada adubação de cobertura com ureia na recomendação de 320 kg ha, o qual representou 2 gramas por vaso, aplicando próximo à base da planta.

A irrigação foi realizada por aspersores que operavam de uma a duas vezes por dia, aplicando lâmina de 20mm. Devido a irrigação não ser realizada todos os dias, a demanda por água pelas plantas foi complementada pelas chuvas, uma vez que o sombreamento não poderia barrar completamente o caimento da água nos vasos.

Dentre as avaliações, estimou-se o índice de velocidade de germinação através da contagem de plântulas emergidas diariamente até o estabelecimento, seguindo metodologia de Maguire (1962). Posteriormente, no intervalo de sete dias até a colheita, realizou-se análise de características biométricas da planta, sendo estas: altura da planta com régua graduada a partir da base até 10 cm acima da superfície do vaso; diâmetro do colmo com paquímetro digital medindo o entrenó 10 cm acima da base e número de folhas desenvolvidas.

A colheita foi realizada aos 65 DAS, retirando as plantas do vaso, e após a análise biométrica, mediu-se o comprimento da terceira folha madura (de baixo para cima) para avaliar a área foliar seguindo metodologia de Sangoi *et al.* (2009). Foi separada a parte aérea da raiz e pesadas estas partes separadamente e levadas para a estufa a 65°C para posteriormente estimar a matéria seca de planta e matéria seca de raiz. Antes de levar à estufa, as raízes foram submersas em uma proveta de 1000ml para quantificação do volume de raízes, sendo preenchida de água até 500 ml, e após a inserção das raízes, anotada a diferença entre o volume inicial e final, de acordo com Hunter (1974).

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após a coleta dos dados foi realizada a análise estatística a partir do teste F através do software AGROESTAT® (BARBOSA; MALDONADO, 2010). Para os fatores qualitativos, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de significância para comparação de médias. Para fatores quantitativos, foram utilizadas a regressão linear e quadrática com intuito de obter linha de tendência que se ajuste aos dados e facilite o entendimento. Complementarmente, foi realizada a correlação de Pearson entre as variáveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. APLICAÇÃO DE EXTRATO DE ALGAS E *Azospirillum brasilense* VIA FOLIAR (EM CAMPO)

4.1.1. Análise Agronômica

As características agronômicas população final, altura de planta, diâmetro e número de folhas não foram distintas entre as doses aplicadas e a bactéria estudada (Tabela 3). Em relação ao estande de plantas, todos os tratamentos foram menores do que 140.000 plantas (população estimada para o número de sementes semeado), sendo que apenas a dose 1,0 L ha⁻¹ apresentou número de plantas inferior a 100.000 plantas, representando uma redução de 44.410 plantas durante a condução da cultura. Em discordância, Haach e Primieri (2012) ao avaliarem aplicação de extrato de algas na cultura da soja, verificaram que a aplicação via foliar em estádios mais avançados promoveu maior estande de plantas ao final da condução do estudo.

Quanto à altura de plantas, Galindo *et al.* (2015) ao avaliarem doses de extrato de algas aplicadas via foliar em plantas de milho, constataram resultado semelhante ao não encontrar diferença estatística entre a aplicação do extrato e a testemunha. Em semelhança, Pereira *et al.* (2018) ao avaliarem diferentes doses de extrato de algas aplicadas em diferentes estádios de crescimento de milho também não verificaram distinção estatística, constatando que não houve efeito no desenvolvimento vegetativo da cultura, assim como no presente estudo. Em relação ao diâmetro e número de folhas, as doses não proporcionaram diferença estatística, em discordância com Mogor *et al.* (2008) os quais encontraram maior número de folhas ao aplicar maior dose de extrato de algas via foliar em plantas de feijoeiro.

A aplicação de *Azospirillum brasilense* não promoveu diferenças estatísticas entre as variáveis, em concordância com Nakao *et al.* (2018) que ao avaliar o cultivo de sorgo dupla-aptidão na presença ou ausência de aplicação de *Azospirillum brasilense*, verificaram ausência de distinção estatística para a mesma situação com a bactéria (presença ou ausência). Andrade *et al.* (2019) não verificaram diferenças significativas para altura de planta e diâmetro de colmo de plantas de milho na presença ou ausência da bactéria. Martins *et al.* (2016) ao avaliarem bioestimulantes em dois híbridos de milho, verificaram que a aplicação de *Azospirillum brasilense* e hormônios vegetais não proporcionaram distinção estatística para diâmetro de colmo de plantas. De outro modo, Lopes (2019) avaliando linhagens de sorgo sob

adubação de cobertura com ureia e aplicação de *Azospirillum brasilense*, não constatou diferença estatística, demonstrando que a bactéria proporcionou crescimento satisfatório e proporcional à aplicação de adubo químico.

Tabela 3. Valores de Test F para população final (plantas ha⁻¹), altura de plantas (m), diâmetro de colmo (mm) e número de folhas aos 127 DAS quando aplicadas doses de fertilizante com extrato de algas (L ha⁻¹), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação	População Final (plantas ha ⁻¹)	Altura de Planta (m)	Diâmetro (mm)	Nº Folhas
Doses	Médias			
0,0	123287	3,00	19,86	10,75
0,5	110051	2,92	19,45	11,12
1,0	95590	2,96	19,04	11,25
1,5	107845	2,97	19,92	11,12
2,0	102944	3,12	20,10	11,12
<i>Azospirillum brasilense</i>	Médias			
Presença	108924	2,95	19,76	10,85
Ausência	106963	3,03	19,59	11,30
Doses	2,186 ^{ns}	0,916 ^{ns}	0,803 ^{ns}	0,449 ^{ns}
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,101 ^{ns}	1,055 ^{ns}	0,154 ^{ns}	3,165 ^{ns}
D x B	2,213 ^{ns}	0,308 ^{ns}	1,678 ^{ns}	0,332 ^{ns}
CV (%)	18,10	7,61	6,83	7,22
Regressão Linear	3,854 ^{ns}	1,376 ^{ns}	0,390 ^{ns}	0,703 ^{ns}
Quadrática	2,816 ^{ns}	2,071 ^{ns}	1,919 ^{ns}	0,893 ^{ns}
Desvio	1,038 ^{ns}	0,108 ^{ns}	0,676 ^{ns}	0,100 ^{ns}

Nota: *: significativo a 5% probabilidade pelo teste F. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5%.

Fonte: Próprio autor.

Quanto à matéria seca de planta inteira (Tabela 4), não foi constatada diferença estatística entre as doses aplicadas, embora a testemunha tenha produzido 25.732 kg ha⁻¹ mais matéria seca do que a dose 1,0 L ha⁻¹ que demonstrou ser inferior em quantidade produzida. Em discordância, Sousa *et al.* (2019) ao avaliarem diferentes doses de extrato de algas em plantas de amendoim aplicadas via foliar, verificaram menor quantidade de matéria seca produzida na dose 0,5 L ha⁻¹. Em contrapartida, Faria (2018) verificou que ao aplicar o dobro da dose recomendada de extrato de algas obteve maior produção de matéria seca.

Em relação à produtividade de grãos, foi constatada diferença estatística entre as doses de fertilizante com extrato de algas, sendo que a testemunha foi superior em 64,20% de quando aplicado 2,0 L ha⁻¹, demonstrando que a produtividade não foi influenciada pela aplicação do fertilizante. Em semelhança, Haach e Primieri (2012) verificaram maior produtividade quando aplicado extrato de algas em combinação com zinco e molibdênio em

soja. Pereira *et al.* (2018) não verificaram diferença estatística quando aplicadas doses de extrato de algas durante o desenvolvimento vegetativo de milho.

A produtividade de panícula também apresentou diferença estatística entre as doses, sendo a testemunha e a dose 0,5 L ha⁻¹ os tratamentos superiores em relação aos demais, enquanto a dose 1,0 L ha⁻¹ foi inferior, produzindo 38,23% menos panícula em relação à testemunha. Porém, apresentando comportamento distinto à variável anterior, a relação grão/panícula, ao apresentar diferença estatística, foi verificada que as doses 1,0 e 1,5 L ha⁻¹ foram superiores em relação à dose 2,0 L ha⁻¹, demonstrando que mesmo apresentando menor produtividade de grãos, a quantidade de palha foi reduzida, sendo proporcional a produção da planta. Costa *et al.* (2015) ao estudarem espaçamentos para condução do sorgo, verificaram que no espaçamento de 0,80 m apresentou relação grão/panícula igual 0,63, demonstrando que o valor obtido pela dose 2,0 L ha⁻¹, mesmo sendo inferior em relação às demais doses, ainda assim foi um valor satisfatório.

A aplicação da bactéria não proporcionou diferença estatística para as variáveis da Tabela 4. Em concordância, Andrade *et al.* (2019) avaliando inoculação de *Azospirillum brasilense* em duas cultivares de sorgo constataram que a aplicação desta bactéria e a testemunha não foram distintos para matéria seca de plantas. Em semelhança, Lopes (2019) não constatou diferença entre a aplicação desta bactéria e utilização de ureia em cobertura, demonstrando que o uso de *Azospirillum brasilense* pode oferecer a quantidade de nitrogênio necessária para produção de grãos. Em discordância, Nakao *et al.* (2018) verificaram diferença estatística para a quantidade de matéria seca de plantas produzida, sendo a presença da bactéria superior em 1,44 t ha⁻¹ em relação à ausência da aplicação.

Quanto à produtividade de grãos, Martins *et al.* (2016) também não verificaram diferença estatística para aplicação da bactéria na cultura do milho. Em relação à produtividade de panículas, Nakao *et al.* (2018) também não verificaram diferença estatística entre a presença ou ausência da bactéria em plantas de sorgo dupla-aptidão.

Tabela 4. Valores de Test F para matéria seca de planta inteira (kg ha^{-1}), produtividade de grãos (kg ha^{-1}), produtividade de panícula (kg ha^{-1}) aos 127 DAS quando aplicadas doses de fertilizante com extrato de algas (L ha^{-1}), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação		MS Planta Inteira (kg ha^{-1})	Produtividade de Grãos (kg ha^{-1})	Produtividade de Panícula (kg ha^{-1})
Doses		Médias		
	0,0	65083	4478	782
	0,5	52643	3584	775
	1,0	42999	3196	483
	1,5	39351	3505	532
	2,0	44441	2727	569
<i>Azospirillum brasilense</i>		Médias		
	Presença	47341	3511	595
	Ausência	50466	3486	661
Doses		2,244 ^{ns}	2,329 ^{ns}	4,122 [*]
<i>Azospirillum brasilense</i>		0,260 ^{ns}	0,004 ^{ns}	1,159 ^{ns}
D x B		1,694 ^{ns}	3,777 [*]	3,884 [*]
CV (%)		39,65	34,05	31,19
Regressão	Linear	6,338 [*]	7,215 [*]	9,346 [*]
	Quadrática	2,562 ^{ns}	0,345 ^{ns}	2,747 ^{ns}
	Desvio	0,038 ^{ns}	0,878 ^{ns}	2,198 ^{ns}

Nota: *: significativo a 5% probabilidade pelo teste F. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5%.

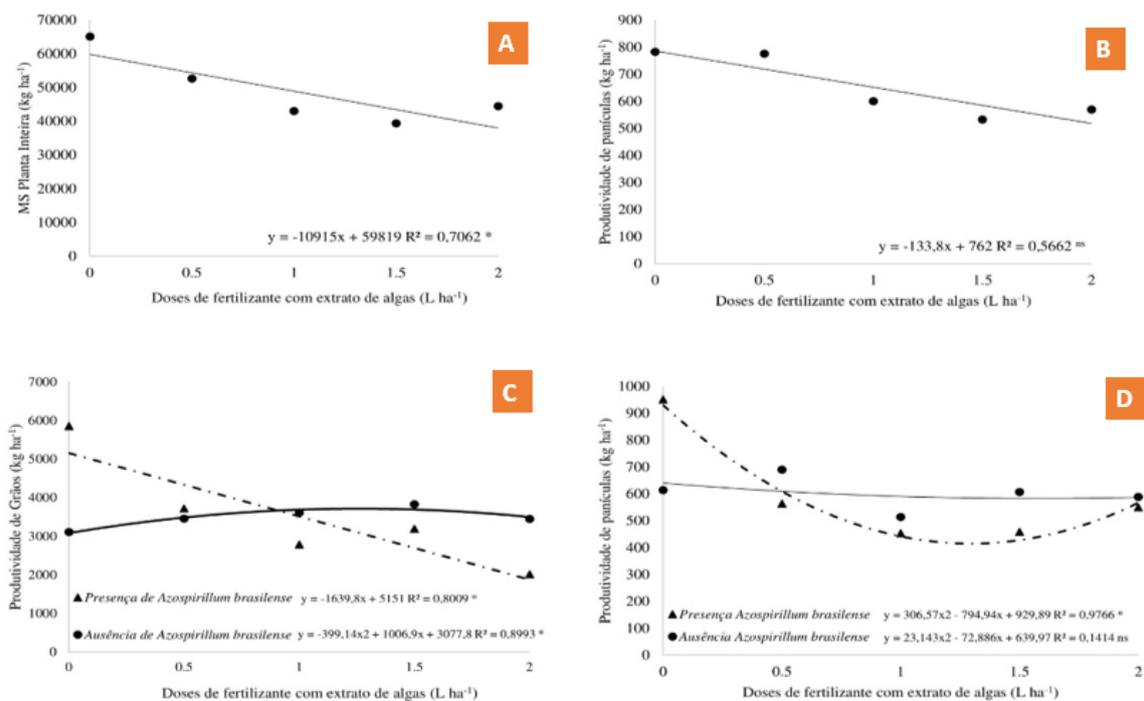
Fonte: Próprio autor.

A quantidade de matéria seca de planta inteira ajustou-se linearmente às doses de extrato de algas (Figura 3A), alcançando valor superior à $60.000 \text{ kg ha}^{-1}$, demonstrando que a presença da bactéria aplicada na ausência do extrato de algas proporcionou maior acúmulo de nutrientes. Em relação à produtividade de panículas (Figura 3B), também foi verificado ajuste linear decrescente para os dados, sendo o mesmo comportamento da variável anterior semelhante à esta, ou seja, a testemunha foi superior em relação às demais doses.

Em relação ao desdobramento dos fatores para produtividade de grãos (Figura 3C), é visto que para a ausência da bactéria (linha contínua) tem-se um modelo de regressão quadrático com coeficiente de determinação significativo, demonstrando que houve uma tendência de aumento da produtividade, sendo a dose $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ superior ligeiramente em relação às demais. Quanto à aplicação da bactéria (linha tracejada), foi encontrado ajuste linear para explicação dos dados, apresentando tendência negativa com o aumento das doses, uma vez que a testemunha foi a dose com maior produtividade de grãos. Quanto ao desdobramento dos fatores para produtividade de panículas (Figura 3D), para a presença da bactéria (linha contínua), foi encontrado ajuste quadrático, porém com coeficiente de determinação não significativo, sendo que a dose $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ proporcionou maior quantidade de

panículas em associação com a bactéria, enquanto na ausência da bactéria (linha tracejada), foi encontrado ajuste quadrático e coeficiente de determinação significativo, demonstrando que a testemunha proporcionou maior quantidade de panículas, semelhante ao comportamento da produtividade de grãos.

Figura 3. Modelos de regressão: (A) Matéria seca de planta inteira (kg ha^{-1}); (B) produtividade de panículas; (C) desdobramento dos fatores para produtividade de grãos; (D) desdobramento dos fatores para produtividade de panículas, aos 127 DAS quando aplicadas doses de fertilizante com extrato de algas (L ha^{-1}), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.



Fonte: Próprio autor.

Em relação à análise de correlação de Pearson (Tabela 5), houve relações significativas entre variáveis. O número de folhas apresentou correlação significativa negativa com o diâmetro de colmo, demonstrando comportamento distinto do convencional, uma vez que com o aumento do diâmetro espera-se maior absorção de nutrientes, e conseqüentemente, maior formação de folhas para fotossíntese. Em relação à quantidade matéria seca de plantas inteiras, houve correlação positiva com o número de folhas, visto que maior número de folhas proporciona maior quantidade de matéria seca final para a planta. Esta variável também apresentou correlação com a população de plantas (negativa), demonstrando que quanto maior o estande, maior competição pelos fatores bióticos de crescimento (luz, água, nutrientes), ocorrendo menor absorção de nutrientes por planta.

A produtividade apresentou correlação positiva com os fatores população de plantas e matéria seca de plantas, visto que maior quantidade de plantas proporciona maior quantidade de grãos produzidos e também promove incremento na matéria seca das plantas inteiras. A produtividade de panículas apresentou correlação positiva com número de folhas, população final, matéria seca de plantas e produtividade de grãos, apontando a importância de manejos adequados durante a condução das plantas, uma vez que resultados satisfatórios destas variáveis beneficiam a quantidade de panículas produzidas.

Tabela 5. Valores de Test F para correlação de Pearson para as variáveis analisadas aos 127 DAS quando aplicadas doses de fertilizante com extrato de algas (L ha⁻¹), com a ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

	Altura de Plantas	Diâmetro	Nº Folhas	População Final	MS de Planta Inteira	Produtividade de Grãos
Diâmetro	0,1052 ^{ns}					
Nº Folhas	0,0502 ^{ns}	-0,4049 [*]				
População Final	-0,0970 ^{ns}	0,0708 ^{ns}	0,2192 ^{ns}			
MS de Planta Inteira	-0,0469 ^{ns}	-0,1327 ^{ns}	0,3398 [*]	-0,7407 ^{**}		
Produtividade de Grãos	0,0785 ^{ns}	-0,0331 ^{ns}	0,2162 ^{ns}	0,6303 ^{**}	0,350991 [*]	
Produtividade de Panículas	0,0070 ^{ns}	-0,1134 ^{ns}	0,3259 [*]	0,5723 ^{**}	0,5373 ^{**}	0,5474 ^{**}

Nota: ^{ns} = Não significativo pelo Teste F a 5% de significância.

Fonte: Próprio autor.

4.1.2. Análise Tecnológica

Em relação às variáveis tecnológicas (Tabela 6), não houve distinção estatística entre as doses de extrato de algas. Em semelhança à Silva (2020), ao avaliar extrato de *Ascophyllum nodosum* em plantas de pimentão verificaram que não houve interação entre as doses de extrato de algas com a quantidade de sólidos solúveis (Brix). Diferentemente, Silva *et al.* (2019) ao avaliarem bioestimulantes em videira, constataram menor produção nos parâmetros de qualidade, obtendo menor teor de Brix com a aplicação das algas. Em plantas de tomate, Peripolli (2019) constatou que aplicação de dois biostimulantes à base de algas proporcionaram maior quantidade de sólidos solúveis em condições de estresse hídrico, independente do momento da aplicação.

Quanto à quantidade de sacarose aparente (Pol%), não foi verificada distinção estatística entre as doses, em semelhança à Oliveira *et al* (2013) os quais não encontraram

resposta estatística para acúmulo de sacarose ao aplicar bioestimulante. Costa, Daros e Moraes (2011) ao avaliarem bioestimulantes em cana de açúcar também não verificaram distinção estatística entre a presença e a ausência, não havendo incremento de sacarose. Em relação à pureza do caldo, as doses de bioestimulante não foram distintas entre si, em semelhança à Menezes (2017) ao avaliar a presença ou ausência de bioestimulante em cana de açúcar, verificou a igualdade estatística, não influenciando no aumento de pureza.

Quanto à porcentagem de fibra no sorgo, as doses de extrato de algas não influenciaram a variável, em discordância à Costa, Daros e Moraes (2011), os quais verificaram distinção estatística entre a aplicação de bioestimulante e a testemunha, sendo o etephon o tratamento que promoveu maior quantidade de fibras. Diferentemente, Menezes (2017) não obteve diferença estatística entre a presença e a ausência.

Quanto à situação da bactéria, não houve distinção estatística para *Azospirillum brasilense*. Em relação ao Pol% e ao AR do caldo, Jadoski (2015) apresentou dados semelhantes ao presente trabalho ao avaliar plantas de sorgo sacarino sob aplicação de desta bactéria e não encontrar diferença estatística para o uso da mesma. Souza *et al.* (2014) também não verificaram incremento no Pol% e no Brix de plantas de sorgo sacarino ao serem inoculadas por *Azospirillum brasilense*.

Peres *et al.* (2020) ao avaliar o cultivo de milho inoculado com *A. brasilense* constataram altos teores de fibra, indicando possível redução na digestibilidade da silagem, em distinção ao presente trabalho que, embora não tenha apresentado diferença estatística para a situação da bactéria, a quantidade de fibra é menor, proporcionando maior atratividade para silagem.

Tabela 6. Valores de Test F para Brix (%), Pol (%), Pureza do caldo (%), Fibra (%) e Açúcares Redutores (AR) do caldo (%) aos 127 DAS sob doses de extrato de algas com zinco ($L\ ha^{-1}$), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação	Brix (%)	Pol (%)	Pureza do caldo (%)	Fibra (%)	AR caldo (%)	
Doses	Médias					
0,0	17,58	9,14	52,01	18,87	1,85	
0,5	16,96	8,99	53,49	18,96	1,80	
1,0	17,02	9,07	53,60	18,99	1,80	
1,5	17,19	8,93	51,97	18,79	1,85	
2,0	17,20	9,20	53,39	18,36	1,80	
<i>Azospirillum brasilense</i>	Médias					
Presença	17,14	9,13	53,26	18,74	1,81	
Ausência	17,24	9,01	52,52	18,85	1,84	
Doses	0,440 ^{ns}	0,067 ^{ns}	0,105 ^{ns}	0,550 ^{ns}	0,106 ^{ns}	
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,106 ^{ns}	0,107 ^{ns}	0,105 ^{ns}	0,133 ^{ns}	0,123 ^{ns}	
D x B	1,204 ^{ns}	1,243 ^{ns}	0,531 ^{ns}	1,930 ^{ns}	0,574 ^{ns}	
CV (%)	6,00	13,16	13,68	5,21	13,08	
Regressão	Linear	0,217 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,023 ^{ns}	1,207 ^{ns}	0,027 ^{ns}
	Quadrática	1,021 ^{ns}	0,153 ^{ns}	0,037 ^{ns}	0,966 ^{ns}	0,032 ^{ns}
	Desvio	0,261 ^{ns}	0,058 ^{ns}	0,179 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,183 ^{ns}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

Na tabela 7 são descritas as variáveis ART, ATR, umidade do bagaço e peso do bolo úmido, compondo a análise tecnológica das plantas. Não foram encontradas diferenças estatísticas para estas variáveis em relação às doses de extratos de algas.

Independente do uso de deste produto, Costa, Daros e Moraes (2011) não verificaram incremento no ATR com a aplicação de bioestimulantes, assim como Silva *et al* (2010), os quais avaliando diferentes produtos em cana de açúcar não obtiveram diferença estatística entre os tratamentos. Em semelhança, Raposo Júnior (2010) ao avaliar fertilizantes foliares em cana soca, verificou que bioestimulante não influenciou a quantidade de ATR, porém em relação de massa de colmos, a utilização deste fertilizante foi superior, promovendo ganho de produtividade de 16,1%, discordando do presente estudo, o qual não verificou distinção estatística.

Em relação à *Azospirillum brasilense*, não foi verificada distinção estatística para a presença e ausência. Estes dados são semelhantes à Jadoski (2015) que não constatou incremento no ATR ao inocular *Azospirillum brasilense* em sorgo sacarino. Em outro estudo com esta classe de sorgo, Souza *et al.* (2014) constataram ao estudar inoculação desta bactéria

que não houve influência da aplicação para massa verde de plantas, indicando que a umidade de ambas situações (com e sem a bactéria) não interferem nesta variável.

Tabela 7. Valores de Test F para Açúcares Redutores Totais (ART) (%), Açúcar Total Recuperável (ATR) (kg t^{-1}), Umidade do bagaço (%) e Peso do Bolo Úmido (PBU) (g) aos 127 DAS sob doses de extrato de algas com zinco (L ha^{-1}), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação		ART (%)	ATR (kg t^{-1})	Umidade do bagaço (%)	PBU (g)
Doses		Médias			
	0,0	76,7	78,70	63,66	225,02
	0,5	72,5	77,19	64,19	229,38
	1,0	73,5	77,62	63,97	226,48
	1,5	75,5	77,25	64,00	224,00
	2,0	76,2	79,51	64,43	218,56
<i>Azospirillum brasilense</i>		Médias			
	Presença	75,1	78,49	64,16	223,33
	Ausência	74,6	77,62	63,94	226,05
	Doses	1,127 ^{ns}	0,162 ^{ns}	0,201 ^{ns}	0,775 ^{ns}
<i>Azospirillum brasilense</i>		0,092 ^{ns}	0,151 ^{ns}	0,142 ^{ns}	0,454 ^{ns}
	D x B	1,226 ^{ns}	1,148 ^{ns}	1,027 ^{ns}	1,940 ^{ns}
	CV (%)	6,47	9,11	2,80	5,69
Regressão	Linear	0,135 ^{ns}	0,044 ^{ns}	0,454 ^{ns}	1,639 ^{ns}
	Quadrática	2,950 ^{ns}	0,511 ^{ns}	0,000 ^{ns}	1,286 ^{ns}
	Desvio	0,711 ^{ns}	0,047 ^{ns}	0,176 ^{ns}	0,088 ^{ns}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

4.1.3. Análise Bromatológica

Em relação à análise bromatológica das plantas de sorgo (Tabela 8), as doses não foram significativas entre si. A matéria seca de plantas não apresentou distinção estatística, em concordância com Luna (2019), a qual ao avaliar plantas de girassol sob aplicação de extrato de algas não verificou influência deste produto no acúmulo de matéria seca, tanto de parte aérea quanto de raiz. Em discordância, Guimarães *et al* (2012) constataram diferença estatística ao aplicarem extrato de alga em mudas de mamão, obtendo acréscimo na matéria seca total. Porém, altas doses da alga *A. nodosum* podem reduzir o acúmulo de nutrientes, como visto por Garcia *et al* (2014) que observaram redução de 19,21% quando aplicaram dose máxima do produto.

A aplicação do fertilizante foliar não apresentou diferença estatística para produção de óleo, em semelhança à Luna (2019) que não verificou distinção entre a presença ou ausência

do extrato de algas. Porém, em leguminosas, nota-se que esse extrato pode aumentar a quantidade de óleo produzida, sendo relacionada à disponibilidade de hormônios vegetais, enzimas e maior atividade iônica que promovem maior crescimento das raízes, e conseqüentemente, maior acúmulo de nutrientes (CALVO *et al.*, 2014; KOCIRA *et al.*, 2018).

Em relação à quantidade de fibra em detergente neutro (celulose, hemicelulose e lignina), Freitas (2016) ao avaliar aplicação foliar de bioestimulante em *Urochloa* híbrida verificou que independente da dose do produto não foi constatada diferença significativa, em semelhança ao presente estudo. De acordo Hongergolt & Muller (1998), material para silagem com teores de FDN em torno de 40 a 50% são consideradas material de alta qualidade, enquadrando o material do presente estudo nesta classificação.

A quantidade fibra em detergente ácido (celulose e lignina) não apresentou diferença estatística entre as doses, em semelhança à Freitas (2016) que também não verificou influência do bioestimulante para esta variável. Embora não significativo, os teores de FDA encontram-se abaixo da faixa ideal, a qual é citada pela literatura ser entre 30 a 40% (SANCHES *et al.*, 2015). Em relação às cinzas, Lima (2017) ao avaliar indicadores de qualidade de plantas de aveia com o uso de bioestimulantes verificou que estes não influenciaram o teor de cinzas, em semelhança ao presente estudo.

Quanto à *Azospirillum brasilense*, a presença também proporcionou este efeito, sendo semelhante à dose supracitada, reduzindo os teores destas variáveis. Porém, em termos de matéria seca, a presença da bactéria promoveu maior acúmulo de matéria seca, além de maior quantidade de extrato etéreo, o qual indica maior teor de óleo disponível para a silagem.

Corroborando com o presente trabalho, Nakao *et al.* (2018) ao avaliarem utilização desta bactéria em consórcio de sorgo com *Urochloa* sp. verificaram que não houve incremento em matéria seca de plantas de sorgo. Porém, Nakao *et al.* (2014) ao aplicar via foliar *Azospirillum brasilense* em plantas de sorgo constatou ganhos na matéria seca de folhas, colmo e panículas. Em relação ao teor de FDA, Peres *et al.* (2020) verificaram altos teores deste componente para esta cultura, corroborando com o comportamento das plantas de sorgo do presente trabalho.

Tabela 8. Valores de Test F para Matéria Seca (MS) (%), Extrato Etéreo (EE) (%), Fibra em Detergente Neutro (FDN) (%), Fibra em Detergente Ácido (FDA) (%) e Cinzas (CZ) (%) aos 127 DAS sob doses de extrato de algas com zinco ($L\ ha^{-1}$), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação	MS	EE	FDN	FDA	Cinzas	
	%					
Doses	Médias					
0,0	87,35	1,62	48,81	29,79	4,70	
0,5	86,71	1,57	47,05	28,41	4,33	
1,0	87,12	1,80	49,99	29,86	4,71	
1,5	86,70	1,55	46,50	28,10	4,28	
2,0	87,61	1,79	49,30	29,81	5,15	
<i>Azospirillum brasilense</i>	Médias					
Presença	87,23	1,69	47,03 b	28,46 b	4,44	
Ausência	86,96	1,65	49,63 a	29,93 a	4,83	
Doses	0,718 ^{ns}	0,844 ^{ns}	1,825 ^{ns}	1,453 ^{ns}	2,368 ^{ns}	
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,425 ^{ns}	0,133 ^{ns}	6,889*	5,275*	4,085 ^{ns}	
D x B	0,274 ^{ns}	2,444 ^{ns}	0,081 ^{ns}	0,332 ^{ns}	0,761 ^{ns}	
CV (%)	1,53	22,03	6,47	6,96	13,25	
Regressão	Linear	0,120 ^{ns}	0,633 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,013 ^{ns}	1,579 ^{ns}
	Quadrática	1,650 ^{ns}	0,056 ^{ns}	0,420 ^{ns}	1,214 ^{ns}	4,209 ^{ns}
	Desvio	0,550 ^{ns}	1,344 ^{ns}	3,432 ^{ns}	2,292 ^{ns}	2,381 ^{ns}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

Quanto aos componentes da fibra (Tabela 9), a quantidade de celulose e hemicelulose não foram distintas para as doses de extrato de algas, apresentando valores inferiores quando comparado com a classe sacarino, o qual pode ter em sua composição de 43,4 a 45,2% de celulose e 26,5 a 28% de hemicelulose (RAY *et al.*, 2019). Em semelhança, Lima (2017) não verificou distinção significativa para a utilização de bioestimulantes na quantidade de celulose em plantas de aveia.

Referente ao teor de lignina, não houve diferença estatística para as doses do fertilizante foliar. Plantas C4, como o sorgo, apresentam células do mesófilo menos lignificadas e mais digestíveis, o que influencia diretamente na qualidade da silagem, uma vez que a lignina é o fator principal que dita a digestibilidade de um material (AKIN, 1989; JUNG e FAHEY, 1983, BHAT, 2019).

Em relação à proteína bruta, as doses apresentaram o mesmo comportamento, em semelhança à Freitas (2016) o qual não constatou diferença estatística entre doses de extrato de algas para quantidade de proteína produzida em *Urochloa* híbrida. De acordo com a literatura, o teor de proteína em plantas de sorgo pode variar de 7 a 16%, tendo em média

11%, corroborando com o presente estudo, o qual apresentou teores em torno de 14%, demonstrando que a aplicação do fertilizante foliar não influenciou no incremento de proteínas da planta (SERNA-SALDIVAR; ROONEY, 1995; TAYLOR; ANYANGO, 2011).

A quantidade de hemicelulose presente nas plantas de sorgo, não houve diferença estatística com a aplicação de *Azospirillum brasilense*, sendo a ausência ligeiramente superior. Patógenos que secretam enzimas hidrolase podem adentrar facilmente células com baixa quantidade de hemicelulose, demonstrando assim, a importância de ter quantidade suficiente deste componente (OLANREWAJU *et al.*, 2017).

A presença de *Azospirillum brasilense* não influenciou a quantidade de proteína bruta, em semelhança à Peres *et al.* (2020) que não constataram incremento no teor de nitrogênio com a aplicação da bactéria, porém o presente estudo apresenta teores superiores em relação ao indicado para silagem de milho (material mais utilizado) que é de 7,8 a 8,6% (VIEIRA *et al.*, 2013). Portanto, as plantas de sorgo proporcionaram maior quantidade de proteína, apresentando teores acima de 14%.

Tabela 9. Valores de Test F para Celulose (%), Hemicelulose (%), Lignina (%) e Proteína Bruta (PB) (%) aos 127 DAS sob doses de extrato de algas com zinco ($L\ ha^{-1}$), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação	Celulose	Hemicelulose	Lignina	PB	
	%				
Doses	Médias				
0,0	26,41	19,02	4,09	14,27	
0,5	24,37	18,63	4,02	14,23	
1,0	25,43	20,12	4,43	14,99	
1,5	24,00	18,40	3,80	14,69	
2,0	25,46	19,48	4,35	14,90	
<i>Azospirillum brasilense</i>	Médias				
Presença	24,51	18,57	4,13	14,86	
Ausência	25,76	19,69	4,14	14,37	
Doses	1,893 ^{ns}	2,213 ^{ns}	1,156 ^{ns}	0,251 ^{ns}	
<i>Azospirillum brasilense</i>	3,959 ^{ns}	3285 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,611 ^{ns}	
D x B	0,325 ^{ns}	0,116 ^{ns}	0,264 ^{ns}	1,503 ^{ns}	
CV (%)	7,85	6,86	16,13	13,61	
Regressão	Linear	1,049 ^{ns}	0,233 ^{ns}	0,165 ^{ns}	0,596 ^{ns}
	Quadrática	2,969 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,049 ^{ns}	0,042 ^{ns}
	Desvio	1,777 ^{ns}	3,296 ^{ns}	2,206 ^{ns}	0,184 ^{ns}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

4.1.4. Análise Nutricional

Em relação à análise nutricional de macronutrientes (Tabela 10), não foi verificada diferença estatística entre as doses de extrato de algas, porém é possível notar a tendência da dose 1,5 L ha⁻¹ promover maior quantidade de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre. Em semelhança, Silva *et al.* (2019b) também não verificaram diferenças entre as doses de extrato de algas para macronutrientes em videira.

Em discordância, Fan *et al.* (2011) verificaram incremento dos nutrientes N, P, K, Ca, Zn e Fe em plantas de tomate depois de utilizar fertilizante a base de algas marrom, sendo este incremento de até 23,91% para a quantidade de potássio em grãos quando aplicado via foliar (SHAH *et al.*, 2013). Em outro estudo, Zodape *et al.* (2009) constatou incremento da produtividade de grãos em plantas de trigo após aplicado fertilizante a a base de algas via foliar.

Esses estudos demonstram que a aplicação de extrato de algas pode influenciar a composição química de culturas destinadas à alimentação, podendo ser um elemento para a biofortificação. Além disso, é visto que esses produtos podem gerar oportunidades de incrementar não apenas a qualidade das plantas, mas também a produtividade (SANGHA *et al.*, 2014).

Quanto à situação com *Azospirillum brasilense*, não foi constatada diferença estatística para a aplicação, indicando que a planta não foi influenciada pela presença da bactéria. Neste sentido, Souza *et al.* (2014) também verificaram tal efeito, uma vez que com a inoculação da bactéria em sorgo sacarino não houve incremento em teor foliar de N. Assim como o autor anterior, Pires *et al.* (2015) não verificaram distinção estatística ao aplicar *Azospirillum brasilense* em plantas de milho. Em discordância, Cura *et al.* (2017) ao estudarem a bactéria em plantas de milho constataram incremento nos teores de nitrogênio, e conseqüentemente, maior produção de clorofila que levou a maior produtividade.

Em relação aos outros macronutrientes, a bactéria não incrementou os teores foliares, em semelhança à Pires *et al.* (2015) que também não verificaram aumento de absorção de macronutrientes através da inoculação da bactéria. Em outro estudo com *Urochloa decumbens*, Fernandes (2016) também não verificou distinção para os teores de fósforo, potássio e magnésio, porém a inoculação da bactéria proporcionou redução no teor cálcio de 43,62%. Em discordância, Askary *et al.* (2009) em estudo com trigo avaliaram incremento de potássio e fósforo nos grãos quando utilizado *Azospirillum brasilense* inoculado na semeadura.

Tabela 10. Valores de Test F para macronutrientes em folhas de sorgo aos 116 DAS sob doses de extrato de algas com zinco ($L ha^{-1}$), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação	g kg ⁻¹						
	N	P	K	Ca	Mg	S	
Doses	Médias						
0,0	22,84	4,34	6,59	7,77	7,26	2,70	
0,5	22,76	4,19	6,30	8,24	7,68	2,55	
1,0	23,99	4,32	6,24	8,29	7,57	2,58	
1,5	23,50	4,94	6,20	8,44	7,83	2,85	
2,0	23,85	4,55	6,14	8,21	7,41	2,63	
<i>Azospirillum brasilense</i>	Médias						
Presença	23,78	4,53	6,25	8,33	7,40	2,76	
Ausência	22,99	4,40	6,33	8,05	7,70	2,56	
Doses	0,251 ^{ns}	0,684 ^{ns}	0,697 ^{ns}	1,425 ^{ns}	0,759 ^{ns}	0,280 ^{ns}	
<i>Azospirillum brasilense</i>	0,612 ^{ns}	0,157 ^{ns}	0,197 ^{ns}	2,302 ^{ns}	1,687 ^{ns}	0,971 ^{ns}	
D x B	1,503 ^{ns}	0,353 ^{ns}	0,604 ^{ns}	1,111 ^{ns}	1,019 ^{ns}	0,276 ^{ns}	
CV (%)	13,61	22,42	9,43	7,20	9,52	23,95	
Regressão	Linear	0,596 ^{ns}	1,078 ^{ns}	2,260 ^{ns}	2,645 ^{ns}	0,291 ^{ns}	0,048 ^{ns}
	Quadrática	0,041 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,367 ^{ns}	2,722 ^{ns}	1,891 ^{ns}	0,015 ^{ns}
	Desvio	0,184 ^{ns}	0,829 ^{ns}	0,080 ^{ns}	0,166 ^{ns}	0,426 ^{ns}	0,529 ^{ns}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

Os micronutrientes (Tabela 11), as doses não causaram influência nas quantidades dos nutrientes. Silva *et al.* (2019b) constataram que ao aplicar $2 L ha^{-1}$ de extrato de algas obteve menor quantidade de zinco, assim como no presente trabalho, porém em distinção, o tratamento testemunha proporcionou maior quantidade de cobre, ferro e manganês, diferindo do trabalho citado.

Como fertilizante, Villares *et al.* (2007) demonstraram que algas marrons podem aumentar a quantidade de micronutrientes como cobre, zinco, boro e reduzir conteúdo de manganês e ferro, discordando da quantidade de manganês do presente estudo, que apresentou incremento com as doses crescentes de extrato de algas, porém o teor de ferro foi semelhante ao estudo citado, com o mesmo comportamento.

Em relação à bactéria, não houve incremento de micronutrientes nas plantas de sorgo com a utilização de *Azospirillum brasilense*, em discordância com PII *et al.* (2016) os quais constataram incremento de ferro em pepino após aplicação da bactéria. Em outro estudo, Eleiwa *et al.* (2012) observaram que a inoculação da bactéria incrementou o teor de zinco em 18% em plantas de trigo. Em milho, Rosa (2017) ao estudar inoculação desta bactéria

verificou que a ausência da aplicação proporcionou incremento de cobre na planta, porém não diferiu estatisticamente para outros micronutrientes como zinco, manganês e ferro.

Tabela 11. Valores de Test F para micronutrientes em folhas de sorgo aos 116 DAS sob doses de extrato de algas com zinco ($L ha^{-1}$), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2019.

Fontes de Variação		Cu	Fe	Mn	Zn
		mg kg ⁻¹			
Doses		Médias			
	0,0	15,62	117,12	189,37	40,62
	0,5	7,50	103,75	187,00	36,00
	1,0	9,75	107,12	212,00	40,37
	1,5	8,62	105,77	172,00	45,62
	2,0	12,00	114,87	186,37	35,75
<i>Azospirillum brasilense</i>		Médias			
	Presença	10,90	111,16	188,50	37,55
	Ausência	10,50	108,30	190,20	41,80
	Doses	1,560 ^{ns}	1,222 ^{ns}	1,186 ^{ns}	1,784 ^{ns}
	<i>Azospirillum brasilense</i>	0,030 ^{ns}	0,359 ^{ns}	0,021 ^{ns}	2,452 ^{ns}
	D x B	0,243 ^{ns}	0,322 ^{ns}	1,133 ^{ns}	2,124 ^{ns}
	CV (%)	68,09	13,76	19,74	21,63
Regressão	Linear	0,565 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,253 ^{ns}	0,001 ^{ns}
	Quadrática	4,147 ^{ns}	4,053 ^{ns}	0,406 ^{ns}	0,719 ^{ns}
	Desvio	0,764 ^{ns}	0,406 ^{ns}	2,043 ^{ns}	3,209 ^{ns}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

4.1.5 Análise FTIR

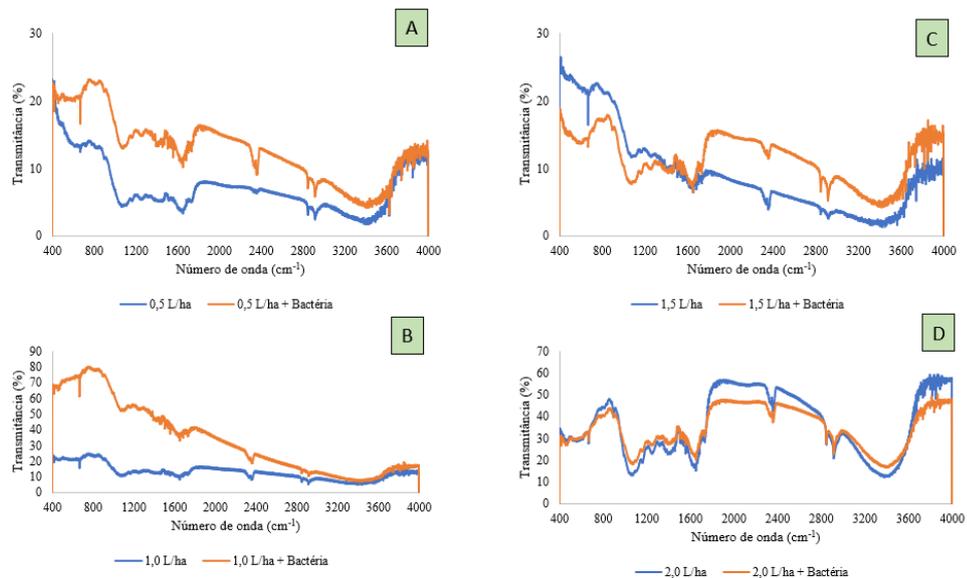
De acordo com a análise de infravermelho, nota-se que as doses 0,5 (Figura 4A) e 1,5 $L ha^{-1}$ (Figura 4C), independentemente da situação com a bactéria, proporcionou menor quantidade de substâncias devido a absorvância (o contrário da transmitância) ser abaixo de 30%. Em relação aos grupos químicos encontrados pela análise, percebe-se que a presença de *Azospirillum brasilense* reduziu a quantidade de componentes devido a alta transmitância apresentada ao longo das ondas, indicando menor quantidade de luz absorvida (menor quantidade de material vegetal).

Em relação às substâncias, em todas as doses houve maior absorvância na região superior a $3000 cm^{-1}$ a qual indica grupos de ligações N-H, podendo inferir que a dose 1,5 $L ha^{-1}$ apresentou maior quantidade de grupos aminas que possivelmente poderiam estar na forma livre NH_4^+ ou NO_3^- as quais são as formas presentes de N na planta. Também é verificado a presença de anéis aromáticos devido pico na região de 800 a $1000 cm^{-1}$ nas doses

0,5, 1,0 (Figura 4B) e 2,0 L ha⁻¹ (Figura 4D), porém na dose 1,5 L ha⁻¹ verificou que a presença da bactéria proporcionou maior quantidade deste componente.

Outro comportamento é o pico na região de 1.400 a 1.700 cm⁻¹ em todas as doses sem a utilização da bactéria, indicando maior absorvância nessa região que compreende as amidas de sódio, componente que em reação com água, podem ser base formação de amônia. Também é percebido uma queda na transmitância a partir de 1.700 cm⁻¹ até próximo 2.800 cm⁻¹ que representa maior quantidade de luz sendo absorvida pelo material orgânico, sendo essa região compreendida pelas ligações duplas de carbono. Nesta última verificação, apenas a dose 2,0 L ha⁻¹ apresentou maior quantidade de carbono com a presença da bactéria.

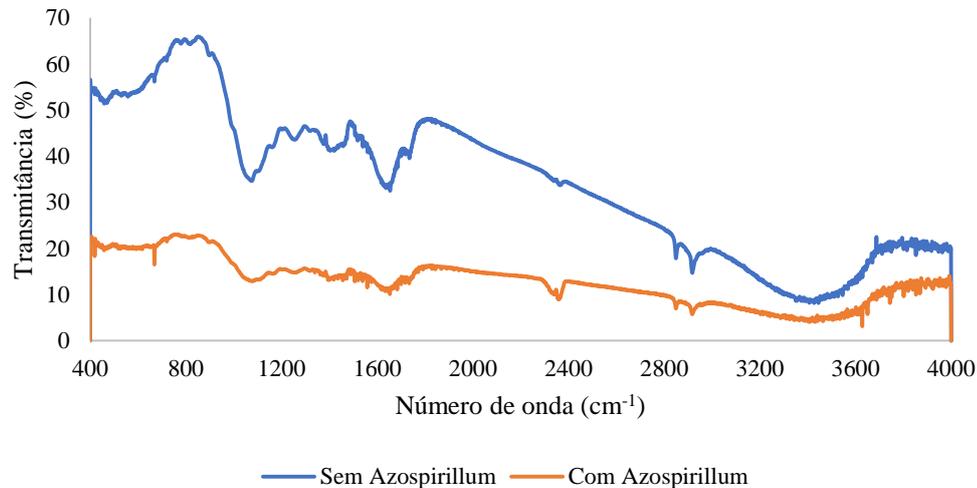
Figura 4. Espectros de ondas de amostras de plantas de sorgo dupla aptidão aos 127 DAS sob aplicação de fertilizante com extrato de algas e *Azospirillum brasilense*.



Fonte: Próprio autor.

Em relação à *Azospirillum brasilense* (Figura 5), a ausência da bactéria proporcionou maior transmitância, indicando menor quantidade de materiais sólidos. Assim, pelos picos apresentados pelo gráfico, a utilização da bactéria promoveu maior quantidade de anéis aromáticos (900 a 1200 cm⁻¹), amidas de sódio (1400 a 1700 cm⁻¹), componentes com ligações carbônicas (1700 a 2800 cm⁻¹) e componentes com nitrogênio (acima de 3000 cm⁻¹). Desta forma, a presença da bactéria pode contribuir no acúmulo de nutrientes, que conseqüentemente, promoveu maior produção de matéria seca devido maior absorvância da luz.

Figura 5. Espectros de ondas de amostras de plantas de sorgo dupla aptidão aos 127 DAS na ausência e presença de *Azospirillum brasilense*.



Fonte: Próprio autor.

4.2. INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM *Azospirillum brasilense* (EM VASOS)

Em relação às variáveis analisadas (Tabela 12), as doses de fertilizante não diferiram entre si estatisticamente. Em semelhança, Silva (2015) ao estudar os impactos do uso de extrato de algas em sementes de alface e arroz, verificou que independente da dose do extrato não houve incremento na velocidade de germinação. Em contrapartida, Rayorath *et al.* (2008) ao avaliarem extrato de *Ascophyllum nodosum* em cevada verificaram que houve aumento de 87% na emergência das plantas, além de maior comprimento de raiz e matéria seca. Esse resultado sugere que os compostos presentes no extrato podem ativar a enzima amilase independentemente da presença de ácido giberélico, pode gerar um aumento na germinação e no vigor. Silva *et al.* (2019b) confirmam tal efeito com resultado superior de germinação de azeitona e alface sob aplicação de fertilizante líquido a base de extrato de algas.

Embora o fertilizante com extrato de algas não tenha interferido na altura de plantas, diâmetro, número de folhas e área foliar, Ali *et al.* (2016) ao estudarem a influência da alga *Ascophyllum nodosum* em batata inglesa verificaram aumento na altura de plantas e no comprimento radicular. Popescu e Popescu (2014) ao avaliarem a utilização do extrato da alga citada anteriormente em videira, perceberam maior diâmetro de caule e área foliar após sua aplicação.

Em semelhança ao presente trabalho, Mogor *et al.* (2008) ao analisarem feijoeiro sob aplicação de bioestimulantes também não constataram influência do extrato de algas no número de folhas, porém, em relação à área foliar, o bioestimulante reduziu 180 dm² comparado ao tratamento com ácido glutâmico, diferindo dos dados expostos pelo trabalho.

Em relação à bactéria, não houve distinção significativa para as variáveis, em discordância com Fukami *et al.* (2016) os quais ao avaliarem plantas de milho sob aplicação de *Azospirillum brasilense*, verificaram maior altura de planta quando realizada inoculação. Também é visto que a aplicação desta bactéria pode reduzir o tempo de germinação, aumentar teor matéria seca e quantidade de água, como demonstra Lade *et al.* (2018) e Bacilio *et al.* (2004).

Quanto ao diâmetro, a ausência de *Azospirillum brasilense* foi estatisticamente superior em relação a inoculação, diferindo de Skonieski *et al.* (2019), os quais em estudo com híbridos de milho verificaram maior diâmetro e altura de planta quando utilizaram essa bactéria. Salantur *et al.* (2006) também verificaram maior altura de planta e área foliar com aplicação desta bactéria em plantas de trigo, em semelhança ao estudo de Alamri e Mostafa (2009) que utilizaram esta bactéria em conjunto com irrigação com água salina e verificaram maior altura de plantas de trigo.

A bactéria também pode influenciar o número de folhas, onde Hossain *et al.* (2015) ao estudarem plantas de arroz sob inoculação via sementes verificaram maior número de folhas e área foliar. Em outro estudo, Marini *et al.* (2015) constataram maior área foliar de plantas de milho ao aplicar a bactéria quando comparado com o tratamento controle. Ambos estudos apresentam outra vertente de resultados que *Azospirillum brasilense* pode apresentar dependendo as condições de campo.

Tabela 12. Valores de Test F para Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (%), altura de planta (cm), diâmetro de colmo (mm), número de folhas por planta e área foliar (AF) (cm²) de plantas de sorgo dupla aptidão 65 DAS sob doses de fertilizante com extrato de algas (L ha⁻¹), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2020.

Fontes de Variação	IVG (%)	Altura de Planta (cm)	Diâmetro (mm)	Nº Folhas	AF (cm ²)	
Doses	Médias					
0,0	46,25	59,94	11,52	5,89	1307	
0,5	55,87	58,72	10,52	5,72	1619	
1,0	49,50	58,70	10,21	5,73	1651	
1,5	53,00	61,73	11,06	5,73	1230	
2,0	42,75	69,82	11,76	5,72	1647	
<i>Azospirillum brasilense</i>	Médias					
Presença	53,60	62,30	10,52 b	5,80	1540	
Ausência	45,49	61,26	11,51 a	5,71	1489	
Doses	0,810 ^{ns}	0,990 ^{ns}	2,230 ^{ns}	0,050 ^{ns}	2,580 ^{ns}	
<i>Azospirillum brasilense</i>	2,480 ^{ns}	0,060 ^{ns}	6,450*	0,100 ^{ns}	1,150 ^{ns}	
D x B	0,150 ^{ns}	0,090 ^{ns}	0,590 ^{ns}	0,970 ^{ns}	2,450 ^{ns}	
CV (%)	33,06	11,19	15,70	24,22	25,10	
Regressão	Linear	0,290 ^{ns}	2,370 ^{ns}	0,550 ^{ns}	0,110 ^{ns}	0,520 ^{ns}
	Quadrática	1,910 ^{ns}	1,530 ^{ns}	7,770*	0,070 ^{ns}	0,250 ^{ns}
	Desvio	1,050 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,380 ^{ns}	0,010 ^{ns}	1,880 ^{ns}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

Em relação a produção de material vegetal (Tabela 13), as variáveis não foram distintas estatisticamente para as doses de fertilizante foliar, em discordância com Sharma *et al.* (2012) os quais verificaram incremento em matéria seca de planta e de raízes de feijoeiro ao aplicar extrato de algas marrons. Em outro estudo, Matos, Simonetti e Oliveira (2015) estudaram plantas de trigo sob doses de extrato de algas e verificaram que independente da dose utilizada não houve incremento na matéria seca raízes, em semelhança ao presente trabalho.

Biomassa e produtividade de material pelas plantas dependem de múltiplos fatores, sendo as práticas e insumos agrícolas pontos fundamental para incremento dessas variáveis (CRAIGIE *et al.*, 2011). Assim, a aplicação de fertilizantes a base de extrato de algas pode favorecer acúmulo de nutrientes, como visto por Ali *et al.* (2016) que verificaram maior quantidade de matéria seca com aplicação de *Ascophyllum nodosum* em batata inglesa. Em trigo também foi verificado aumento da produção da planta pela aplicação de fertilizante líquido a base de algas, ocasionando efeito sinérgico nos fertilizantes nitrogenados e incrementou crescimento vegetal (GHAFARIZADEH *et al.*, 2017).

Independente da dose de fertilizante líquido, não houve influência nas características morfológicas de raiz, embora a dose 2,0 L ha⁻¹ proporcionou maior quantidade de matéria seca de raiz, assim como maior volume de raiz e matéria seca de planta. Esse comportamento demonstra maior crescimento da planta proporcionado pelo extrato de algas. Em semelhança, Rengasamy *et al.* (2015) constataram em plantas de milho que concentrado com *Ascophyllum nodosum* estimularam crescimento de raiz e seu volume, além de aumentar o número de raízes laterais. Vijayakumar *et al.* (2019), ao utilizarem fertilizante líquido a base de algas, verificaram maior crescimento e produtividade de matéria seca em pimentão.

Quanto à bactéria, não houve diferença estatística para as variáveis, em discordância com Isawa *et al.* (2010) que verificaram aumento na biomassa de plantas de arroz ao inocular via semente *Azospirillum brasilense*. Devido a potencial capacidade desta bactéria em fixar nitrogênio, a quantidade deste nutriente na planta pode ser parcialmente suprida, como demonstra Riggs *et al.* (2001) os quais avaliaram plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* na ausência de fertilizantes nitrogenados e verificaram incremento na matéria seca de planta e de raiz nas plantas inoculadas.

Em relação à matéria seca de raiz, Alamri e Mostafa (2009) verificaram maior matéria seca com a inoculação, além incremento na matéria seca da planta, em discordância com os dados do presente trabalho. Em estudo com plantas de sorgo, Andrade *et al.* (2019) verificaram que a inoculação pelas sementes proporcionou aumento na matéria seca de raízes quando comparado com pulverização no sulco de semeadura. Quanto ao volume de raízes, Fukami *et al.* (2016) encontraram maior volume de raiz ao inocularem a bactéria, em discordância com o presente trabalho.

Tabela 13. Valores de Test F para biomassa de plantas ($t\ ha^{-1}$), matéria seca (MS) de plantas ($t\ ha^{-1}$), matéria seca de raízes ($t\ ha^{-1}$), volume de raízes (dm^3) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE), altura de planta (cm), diâmetro de colmo (mm), número de folhas por planta e Índice de Área Foliar (IAF) de plantas de sorgo dupla aptidão 65 DAS sob doses de fertilizante com extrato de algas ($L\ ha^{-1}$), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2020.

Fontes de Variação		Biomassa ($t\ ha^{-1}$)	MS Planta ($t\ ha^{-1}$)	MS Raiz ($t\ ha^{-1}$)	Volume de Raiz (dm^3)
Doses		Médias			
	0,0	15,15	13,68	4,58	127,87
	0,5	13,23	12,03	5,50	145,20
	1,0	14,36	13,74	5,06	132,76
	1,5	14,41	12,93	4,15	120,85
	2,0	18,07	14,25	6,48	150,00
<i>Azospirillum brasilense</i>		Médias			
	Presença	14,19	13,32	5,06	122,58
	Ausência	15,90	14,13	5,56	131,59
Doses		1,430 ^{ns}	1,140 ^{ns}	2,670 ^{ns}	2,110 ^{ns}
<i>Azospirillum brasilense</i>		1,560 ^{ns}	0,380 ^{ns}	0,580 ^{ns}	3,990 ^{ns}
D x B		0,720 ^{ns}	0,670 ^{ns}	2,200 ^{ns}	2,570 ^{ns}
CV (%)		28,67	20,37	30,20	26,04
Regressão	Linear	2,120 ^{ns}	1,140 ^{ns}	1,980 ^{ns}	0,090 ^{ns}
	Quadrática	3,130 ^{ns}	0,380 ^{ns}	1,330 ^{ns}	0,740 ^{ns}
	Desvio	0,480 ^{ns}	0,670 ^{ns}	0,380 ^{ns}	0,320 ^{ns}

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si nas colunas pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Próprio autor.

Em relação à análise com microscopia eletrônica de varredura (Tabela 14), a presença de *Azospirillum brasilense* proporcionou maiores teores de silício, magnésio, enxofre, cloro e potássio na superfície da folha, quando comparado ao tratamento sem aplicação da bactéria. Em relação às doses de fertilizante na ausência da bactéria, destaca-se a dose $1,5\ L\ ha^{-1}$ para a quantidade de silício. Quanto aos outros elementos, a dose $2,0\ L\ ha^{-1}$ é superior para os elementos magnésio, fósforo, enxofre e potássio e a dose $0,5\ L\ ha^{-1}$ apresentou maior quantidade de cloro e cálcio.

Quanto às doses de fertilizante em conjunto com a aplicação da bactéria, o destaque é para $0,5\ L\ ha^{-1}$ que proporcionou maior quantidade de magnésio, silício, cloro, cálcio e molibdênio e a dose $1,5\ L\ ha^{-1}$ obteve maior quantidade de potássio e manganês. A partir do exposto pode-se sugerir que a dose $0,5\ L\ ha^{-1}$ na presença da bactéria pode promover maior acúmulo de nutrientes na folha, porém é necessário estudo mais detalhado para verificar a extensão da influência do extrato de algas.

Tabela 14. Porcentagem de elementos presentes em folhas secas e trituradas de sorgo dupla aptidão aos 65 DAS sob doses de fertilizante com extrato de algas ($L\ ha^{-1}$), na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense*. Selvíria – MS, 2020.

Doses	Ausência de <i>Azospirillum brasilense</i>					Presença de <i>Azospirillum brasilense</i>				
	0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2
Elementos	%					%				
C	47,98	53,93	56,76	52,68	51,00	51,98	51,98	51,34	54,69	53,90
O	41,41	42,67	37,26	33,38	42,51	43,12	34,80	42,24	36,51	35,40
Mg	0,02	0,47	0,30	0,33	0,64	0,31	0,65	0,30	0,30	0,34
Si	0,08	1,04	3,38	12,42	1,98	3,51	9,78	4,79	6,22	7,87
P	-	0,14	0,19	-	0,40	0,12	-	-	-	-
S	0,03	0,11	-	0,04	0,11	0,07	0,02	0,02	-	0,05
Cl	0,02	0,67	0,60	0,44	0,39	0,31	1,57	0,39	0,49	0,79
K	0,02	0,35	0,66	0,43	2,27	0,32	0,19	0,51	1,08	1,01
Ca	0,02	0,54	0,31	0,24	0,50	0,25	0,65	0,36	0,54	0,52
Mn	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	-	0,02	0,02	0,04	0,02
Zn	0,04	0,05	0,05	-	-	-	-	0,03	-	0,07
Cu	-	-	0,04	-	-	-	0,14	-	-	-
Mo	0,11	-	0,08	0,03	0,10	-	0,13	0,08	0,13	0,02

Fonte: Próprio autor.

5 CONCLUSÕES

A utilização de fertilizante com extrato de algas tanto via foliar quanto inoculado em sementes de sorgo dupla aptidão não promoveu incrementos significativos em características tecnológicas, bromatológicas e nutricionais.

A bactéria *Azospirillum brasilense* promoveu maior produtividade de grãos quando aplicado via foliar, porém por inoculação de sementes, não houve influência significativa nas características agronômicas das plantas.

Assim, estudos são necessários para verificação dos efeitos destes dois produtos alternativos para verificar as extensões de seus benefícios.

REFERÊNCIAS

- ACADIAN AGRITECH. **Ciência das plantas**. [S. l.], 2009. Disponível em: <http://www.acadianagritech.ca/portuguese/PSansA.htm>. Acesso em: 06 jan. 2021.
- AKIN, D.E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 17-25, 1989.
- ALAMRI, S. A.; MOSTAFA, Y. S. Effect of nitrogen supply and *Azospirillum brasilense* Sp-248 on the response of wheat to seawater irrigation. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 101-107, 2009.
- ALI, N.; FARRELL, A.; RAMSUBHAG, A. *et al.* The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. **Journal Applied Phycology**, Dordrecht, v. 28, p. 1353–1362, 2016.
- ALVARES CA, STAPE JL, SENTELHAS PC, MORAES G, LEONARDO J, SPAROVEK G, Köppen's. Climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, p. 711-728, 2013.
- AMMAR, N.; BEN ABDALLAH, A.R.; JABNOUN-KHIAREDDINE, H.; NEFZI, A.; RGUEZ, S.; DAAMI-REMADI, M. Sargassum vulgare extracts as an alternative to chemical fungicide for the management of *Fusarium* dry rot in potato. **Journal Agriculture Science Food Research**, Madison, v. 8, n. 4, p. 1000197, 2017. Disponível em: <https://www.longdom.org/open-access/sargassum-vulgare-extracts-as-an-alternative-to-chemical-fungicide-forthe-management-of-fusarium-dry-rot-in-potato.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2021.
- ANDRADE, A. D. F.; ZOZ, T.; ZOZ, A.; OLIVEIRA, C. E. D. S.; WITT, T. W. *Azospirillum brasilense* inoculation methods in corn and sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, p.e53027, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pat/v49/1983-4063-pat-49-e53027.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2021.
- ARUNA, C.; VISARADA, K. B. R. S. Other industrial uses of sorghum. *In*: ARUNA, C.; VISARADA, K. B. R. S. **Woodhead publishing series in food science, technology and nutrition, breeding sorghum for diverse end uses**. New York: Woodhead Publishing, 2019. Cap. 17, p. 271-292.
- ASKARY, M.; MOSTAJERAN, A.; AMOOAGHAEI, R.; MOSTAJERAN, M. Influence of the co-inoculation *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium meliloti* plus 2,4-D on grain yield and N, P, K content of *Triticum aestivum* (cv. Baccros and Mahdavi). **American Eurasian Journal Agricultural Environmental Science**, Dubai, v. 5, n. 3, p. 296-307, 2009.
- BACILIO, M.; RODRIGUEZ, H.; MORENO, M.; HERNANDEZ, J. P.; BASHAN, Y. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. **Biology and Fertility Soils**, Berlin, v. 40, p. 188-193, 2004.
- BALASUBRAMANIAN, V.; MADHURI, N.; RUDAKIYA, D. M.; DATTA, M. **Sweet sorghum**: a potential resource for bioenergy production, refining biomass residues for sustainable energy and bioproducts. New York: Academic Press, 2020. p. 215-242.

- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Nutrient use efficiency in plants: an overview. *In*: RAKSHIT, A.; SINGH, H. B.; SEN, A. (ed.). **Nutrient use efficiency: from basics to advances**. New Delhi: Springer, 2015.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.1. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.
- BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z., RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, 196, 39–48, 2015.
- BHAT, B. V. Breeding forage sorghum. *In*: BHAT, B. V. **Breeding sorghum for diverse end uses**. New York: Woodhead Publishing, 2019. Cap. 11, p. 175-191.
- BRUINSMA, J. **World Agriculture: towards 2015/2030: An FAO Study**. Routledge, 2017.
- BULGARI, R., COCETTA, G., TRIVELLINI, A., VERNIERI, P., & FERRANTE, A. Biostimulants and crop responses: a review. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 31, n. 1, p. 1-17, 2015.
- CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, Petrská čtvrť, v. 383, p. 03-41, 2014.
- CANAL CLIMA. Rede **Agrometeorológica do Noroeste Paulista**. 2019. Disponível em <https://clima.feis.unesp.br/>.
- CASSÁN, F.; CONIGLIO, A.; LÓPEZ, G.; MOLINA, R.; NIEVAS, S.; DE CARLAN C. L. N.; DONADIO, F.; TORRES, D.; ROSAS, S.; PEDROSA, F.O.; DE SOUZA, E.; DÍAZ ZORITA, M.; DE-BASHAN, L.; MORA, V. Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. **Biology Fertility Soils**, Berlin, v. 56, p. 461–479, 2020.
- CHIODEROLI, A.C. **Consortiação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura – pecuária**. 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
- CONSECANA - Conselho dos Produtores de Cana de açúcar, Açúcar, Álcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. Consecana, Piracicaba: Consecana, 2006. 112 p.
- COSTA, N. L.; DAROS, E.; MORAES, A. Utilização de bioestimulantes na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 22, ed. 169, Art. 1137, 2011.

- COSTA, S. M. S.; MASSOCATTO, E.; LIMA, F. B.; MARQUES, J. S.; PEQUENO, M. V. Densidade de semeadura para sorgo granífero em Latossolo Vermelho, na Zona da Mata rondoniense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35. 2015, Natal. **Anais [...]**. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. p. 1 - 3.
- CURÁ, J. A., FRANZ, D. R., FILOSOFÍA, J. E., BALESTRASSE, K. B., & BURGUEÑO, L. E. Inoculation with *Azospirillum* sp. and *Herbaspirillum* sp. bacteria increases the tolerance of maize to drought stress. **Microorganisms**, Basel, v. 5, n. 3, p. 41, 2017.
- DEGENER, Jan F. Atmospheric CO₂ fertilization effects on biomass yields of 10 crops in northern Germany. **Frontiers in Environmental Science**, v. 3, p. 48, 2015.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 196, p. 3-14, 2015.
- ELEIWA, M. E.; HAMED, E. R.; SHEHATA, H. S. The role of biofertilizers and/or some micronutrients on wheat plant (*Triticum aestivum* L.) growth in newly reclaimed soil. **Journal of Medicinal Plants Research**, [s. l.], v. 6, n. 17, p. 3359-3369, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 353 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema de produção**. 9 ed. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2015. 61 p
- FAN, D.; HODGES, D. M.; ZHANG, J.; KIRBY, C. W.; JI, X.; LOCKE, S. J.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress **Food Chemistry**, London, v. 124, p. 195-202, 2011.
- FARIA, O. C. O. **Uso de bioestimulantes à base de substâncias húmicas e extrato de algas no desenvolvimento inicial do arroz de terras altas**. 2018. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças, 2018.
- FERNANDES, J. S. ***Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na *Brachiaria decumbens***. 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.
- FREITAS, Renato Aurélio Severino de Menezes. **Variáveis de acúmulo de massa seca e teor nutricional de *Urochloa híbrida* submetida à aplicação de bioestimulante**. 2016. 25 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- FUKAMI, J., NOGUEIRA, M. A., ARAUJO, R. S., & HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **Amb Express**, v. 6, n. 1, p. 1-13, 2016.
- GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVES, C. J.; GARCIA, C. M. P.; NOGUEIRA, L. M. Extrato de algas como bioestimulante da produtividade do trigo

irrigado na região do cerrado. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 1, p. 130-140, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332682508_Extrato_de_algas_como_bioestimulante_na_nutricao_e_produtividade_do_trigo_irrigado_na_regiao_de_Cerrado. Acesso em: 06 jan. 2021.

GALINDO, F. S.; PAGLIARI, P. H.; RODRIGUES, W. L.; DE AZAMBUJA PEREIRA, M. R.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Investigation of *Azospirillum brasilense* Inoculation and Silicon Application on Corn Yield Responses. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Heidelberg, v. 20, n. 4, p. 2406-2418, 2020.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, W. L.; FERNANDES, G. C.; BOLETA, E. H. M.; BARCO NETO, M.; BIAGINI, A. L. C.; BARATELLA, E. B., SOUZA, J. S. Nitrogen rates associated with the inoculation of *Azospirillum brasilense* and application of Si: effects on micronutrients and silicone concentration in irrigated corn. **Open Agriculture**, Berlin, v. 3, p. 510–523, 2018.

GARCIA, K. G. V.; SILVA, C. P.; CUNHA, C. S. M.; NASCIMENTO, C. D. V. Extrato da alga *Ascophyllum Nodosum* (l.) no desenvolvimento de porta - enxertos de cajueiro. **Enciclopédia biosfera**, Jandaia, v. 10, n. 18; p. 2014.

GHAFAZADEH, A.; NEJAD, S. N. S.; GILANI, A. Synergistic effect of seaweed extract and urea fertilizer on growth and biochemical parameters of *triticum aestivum* at vegetative stage. **European Online Journal of Natural and Social Sciences**, Cacovice, v. 6, n. 4, p. 545-556, 2017.

GUIMARÃES, I. P.; BENEDITO, C. P.; CARDOSO, E. A.; PEREIRA, F. E. C. B.; OLIVEIRA, D. M. Avaliação do efeito do uso do extrato de alga (raiza®) no desenvolvimento de mudas de mamão. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 8, n. 15, p. 312, 2012.

HAACH, R.; PRIMIERI, C. Aplicação de zinco e molibdênio em tratamento de sementes e via foliar na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 5, n. 1, p. 21-29, 2012.

HERNÁNDEZ-HERRERA, R. M.; SANTACRUZ-RUVALCABA, F.; RUIZ-LÓPEZ, M. A.; NORRIE, J.; HERNÁNDEZ-CARMONA, G. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.) **Journal Applied Phycology**, Dordrecht, v. 26, p. 619-628, 2014.

HONG, D.D.; HIEN, H.M.; SON, P.N. Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. **Journal Applied Phycology**, Dordrecht, v. 19, p. 817-826, 2007.

HONGERHOLT, D. D.; MULLER D. Supplementation of rúmen undergrable protein to diets of early lactation Holstein cows grazing grass pasture. **Journal Dairy Science**, Champaing, v. 81, n. 12, p. 2204-2214, 1998.

HOSSAIN, M.; JAHAN, I.; AKTER, S.; RAHMAN, N.; RAHMAN, S. M. Effects of *Azospirillum* isolates from paddy fields on the growth of rice plants. **Research Biotechnology**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 15–22, 2015.

HUNTER, A.H. **Laboratory an analysis of vegetal tissues samples**: international soil fertility and improvement laboratory procedures Raleigh. Raleigh: North Caroline State University, Department of Soil Science, 1974.

ISAWA, T.; YASUDA, M.; AWAZAKI, H.; MINAMISAWA, K.; SHINOZAKI, S.; NAKASHITA, H. *Azospirillum* sp. Strain B510 enhances rice growth and yield. **Microbes Environments**, Ibaraki, v. 25, p. 58-61, 2010.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal Applied Phycology**, Dordrecht, v. 23, p. 371-393, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/226121967_Seaweed_extract_stimuli_in_plant_science_and_agriculture. Acesso em: 06 jan. 2021.

JADOSKI, C. J. **Avaliações fisiológicas de sorgo sacarino inoculado com *Azospirillum brasilense* em função da adubação nitrogenada e reguladores vegetais**. 2015. 98 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

JUNG, H. G., FAHEY JÚNIOR., G. C. Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: a review. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 57, p. 206-219, 1983.

KASIM, W. A. E.; SAAD-ALLAH, K. M.; HAMOUDA, M. Seed priming with extracts of two seaweeds alleviates the physiological and molecular impacts of salinity stress on radish (*Raphanus sativus*). **International Journal Agriculture and Biology**, Faisalabad, v. 18, p. 653-660, 2016.

KOCIRA, A.; KOCIRA, S.; ŚWIECA, M.; ZŁOTEK, U.; JAKUBCZYK, A.; KAPELA, K. Effect of foliar application of a nitrophenolate-based biostimulant on the yield and quality of two bean cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 214, p. 76-82, 2017.

KOCIRA, A.; ŚWIECA, M.; KOCIRA, S.; ZŁOTEK, U.; JAKUBCZYK, A. Enhancement of yield, nutritional and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application of seaweed extract (*Ecklonia maxima*). **Saudi Journal Biology Science**, Amsterdam, v. 25, p. 563-571, 2018.

KULKARNI, M. G.; RENGASAMY, K. R.; PENDOTA, S. C.; GRUZ, J.; PLAČKOVÁ, L.; NOVÁK, O.; DOLEŽAL, K. Bioactive molecules derived from smoke and seaweed *Ecklonia maxima* showing phytohormone-like activity in *Spinacia oleracea* L. **New Biotechnology**, Amsterdam, v. 48, p. 83-89, 2019.

Laboratório de Fertilidade de solos do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2019.

Laboratório de Fertilidade de solos do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2020.

LADE, S.; ROMAN, C.; CUETO-GINZO, A.; MANEIRO, L.; MUÑOZ, P.; MEDINA, V. Root development in agronomically distinct six-rowed barley (*Hordeum vulgare*) cultivars inoculated with *Azospirillum brasilense* Sp7. **Plant Breeding**, Berlin, v. 137, n. 3, 338-345, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sarah-Lade-2/publication/325015259_Root_development_in_agronomically_distinct_six-

rowed_barley_Hordeum_vulgare_cultivars_inoculated_with_Azospirillum_brasilense_Sp7/links/5af6bc954585157136cbf320/Root-development-in-agronomically-distinct-six-rowed-barley-Hordeum-vulgare-cultivars-inoculated-with-Azospirillum-brasilense-Sp7.pdf. Acesso em: 06 jan. 2021.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Cultivo do sorgo. **Sistemas de Produção**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 2-3, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3cPD0OW>. Acesso em: 06 jan. 2021.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. *Food Science and Technology*, v. 22, n. 1, p. 65 – 69, 2002. MUTISSYA, J. Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 166, p. 428-434, 2009.

LIMA, Andressa Raquel Cyzeski de. **A tecnologia dos bioestimulantes sobre os indicadores de produtividade, qualidade industrial e química de grãos de aveia**. 2017. 53 f. Monografia (Especialização) – Curso de Agronomia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2017.

LOLA-LUZ, T.; HENNEQUART, F.; GAFFNEY, M. Enhancement of phenolic and flavonoid compounds in cabbage (*Brassica oleraceae*) following application of commercial seaweed extracts of the brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*). **Agriculture Food Science**, London, v. 22, p. 288-295, 2013.

LOPES, É. M. G. **Perspectivas de uso de formulação de Azospirillum brasilense via foliar em linhagens de sorgo**. 2019. 27 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2019.

LUNA, N. R. S. **Aplicação de extrato de algas marinhas em sistema de produção de girassol irrigado com água salina**. 2019. 134 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MAGUIRE, J. D. **Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor**. Madison: Crop Science, 1962. 177 p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. P. 115-230.

MARINI, Deniele *et al.* Growth and yield of corn hybrids in response to association with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, Viçosa, G, v. 62, n. 1, p. 117-123, 2015.

MARSCHNER P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 2012.

MARTINI, A. P. M.; BRONDANI, I. L.; SILVA, V. S.; ALVES FILHO, D. C.; MARTINI, P. M.; ARGENTA, F. M. Características morfogênicas e estruturais do sorgo forrageiro submetido a lotação contínua com novilhos de corte suplementados. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 20, p. e45172, 2019.

MARTINS, D. C.; BORGES, I. D.; CRUZ, J. C.; MARTINS NETTO, D. A. Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes fertilizantes líquidos e *Azospirillum* sp. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 217-228, 2016.

MATHUR, S.; UMAKANTH, A.V.; TONAPI, V. A.; SHARMA, R.; SHARMA, M. K. Sweet sorghum as biofuel feedstock: recent advances and available resources. **Biotechnology Biofuels**, London, v. 10, p. 146, 2017.

MATOS, S. E.; SIMONETTI, A. P. M. M.; OLIVEIRA, E. Uso de produto a base de extrato de algas na cultura do trigo IPR Catuara na região Oeste do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, n. esp., p. 138-147, 2015. Disponível em: https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/566ec5eceabcf.pdf. Acesso em: 06 jan. 2021.

MATYSIAK, K.; KACZMAREK, S.; KRAWCZYK, R. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. **Acta Science Pol. Agric.**, Bydgoszcz, v. 10, p. 33-45, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/50392774_Influence_of_seaweed_extract_and_mixture_of_humic_and_fulvic_acids_on_germination_and_growth_of_Zea_mays_L. Acesso em: 06 jan. 2021.

MENEZES, C. B.; COELHO, A. M.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MENDES, S. M.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; RODRIGUES, J. A. S. É possível aumentar a produtividade de sorgo granífero no Brasil? *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32, 2018, Lavras. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil**: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. Cap. 4, p. 106-139.

MENEZES, F. G. de. **Qualidade tecnológica e rendimento da cana-de-açúcar adubada com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano Morrinhos, Morrinhos, 2017.

MÓGOR, Á. F.; ONO, O. E.; RODRIGUES, J. D.; MÓGOR, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido l-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, 2008, p. 431-437.

MORGANO, M. A.; FARIA, C. G.; FERRÃO, M. F. *et al.* Determination of protein in raw coffee for NIR spectroscopy and regression PLS. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 25-31, 2005.

MOURA, M. M. A., PIRES, D. A. DE A., RODRIGUES, J.A.S., SALES, E.C.J., COSTA, R. F., & TOLENTINO, D. C. Chemical composition of sorghum genotypes silages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 369-373, 2016.

NAKAO, A. H.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; RODRIGUES, R. A. F. Resposta do sorgo granífero à aplicação de diferentes doses e épocas de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2702-2714, 2014.

NAKAO, A. H.; ANDREOTTI, M.; SOARES, D. DE A.; MODESTO, V. C.; DICKMANN, L. Intercropping *Urochloa brizantha* and sorghum inoculated with *Azospirillum brasilense* for silage. **Revista de Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 501-511, 2018.

O'SULLIVAN, E.; CONDON, S. Relationship between acid tolerance, cytoplasmic pH, and ATP and H⁺-ATPase levels in chemostat cultures of *Lactococcus lactis*. **Applied and Environmental Microbiology**, Whashington, v. 65, n. 6, p. 2287-2293, 1999.

OLANREWAJU, O. S.; GLICK, B.R.; BABALOLA, O.O. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Oxford, v. 33, n. 11, p. 197, 2017.

OLIVEIRA, C. P.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, S. F.; CONTARDI, L. M. Produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar com o uso de condicionador de solo e bioestimulantes. **Revista Agrarian**, Maringá, v. 6, n. 21, p. 245-251, 2013.

PAPENFUS, H. B.; KULKARNI, M. G.; STIRK, W. A.; FINNIE, J. F.; VAN STADEN, J. Effect of a commercial seaweed extract (Kelpak®) and polyamines on nutrient-deprived (N, P and K) okra seedlings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 151, p. 142-146, 2013.

PEREIRA, H. D.; FIORINI, R. G.; PINHO, F. R.; RESENDE, E. L.; Pereira, C. S. *Ascophyllum nodosum* seaweed extract effects in maize crop. **Scientific Eletronic Archives**, Lavras, v. 11, n. 5, p. 94-98, 2018.

PERES, M. S.; MAIA, M. S.; VALICHESKI, R. R.; CARVALHO, E. R.; XAVIER, L. O.; CAIRES, B. C.; ALVES, E. M.; LELLIS, F. V. Qualidade nutricional e bromatológica da silagem de milho inoculado com *azospirillum* em cultivo solteiro e consorciado / nutritional and bromatological quality of corn silage inoculated with *azospirillum* in single and consortiated crops. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 11, p. 85974-85988, 2020.

PERIPOLLI, M. **Bioestimulantes na morforlogia, fisiologia e qualidade de frutos de tomate submetido ao estresse hídrico**. 2019. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

PERRIER, L.; ROUAN, L.; JAFFUEL, S.; CLE´MENT-VIDAL, A.; ROQUES, S.; SOUTIRAS, A.; BAPTISTE, C.; BASTIANELLI, D.; FABRE, D.; DUBOIS, C.C.; POT, D.; LUQUET, D. Plasticity of sorghum stem biomass accumulation in response to water deficit: a multiscale analysis from internode tissue to plant level. **Frontiers Plant Science**, Amsterdam, v. 8, 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01516/full>. Acesso em: 06 jan. 2021.

PII, Y., ALDRIGHETTI, A., VALENTINUZZI, F., MIMMO, T., CESCO, T. *Azospirillum brasilense* inoculation counteracts the induction of nitrate uptake in maize plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 70, n. 4, p. 1313–1324, 2019.

PII, Y.; MARASTONI, L.; SPRINGETH, C.; FONTANELLA, M. C.; BEONE, G. M.; CESCO, S. Modulation of Fe acquisition process by *Azospirillum brasilense* in cucumber plants. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 130, p. 216-225, 2016.

PIRES, A. H. M.; SIQUEIRA, T. P.; FREITAS, L. G.; VASCONCELOS, A. C. P.; FARIA, M. V.; LANA, R. M. Q. Teores de macronutrientes foliares em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em solo de cerrado. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 35, 2015, Natal. **O Solo e suas múltiplas funções**. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. p. 1-5.

POPESCU, G.C.; POPESCU, M. Effect of the brown alga *Ascophyllum nodosum* as biofertilizer on vegetative growth in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Current Trends in Natural Science**, London, v. 3, n. 6, p. 61-67, 2014. Disponível em: <https://natsci.upit.ro/media/1508/paper-8.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2021.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2011. 285 p. Boletim Técnico, 100.

RAPOSO JÚNIOR, J. L. **A espectrometria de absorção atômica com diagnóstico nutricional foliar de cana-de-açúcar e na avaliação de fertilizantes foliares**. 2010. 127 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010.

RATNAVATHI, C. **Grain structure, quality, and nutrition. Breeding Sorghum for Diverse End Uses**. New York: Elsevier, p. 193-207, 2019.

RAWAT, J.; YADAV, N.; PANDE, V. Role of rhizospheric microbial diversity in plant growth promotion in maintaining the sustainable agrosystem at high altitude regions, MANDAL, S.; BHATT, P. (ed.). **Recent advancements in microbial diversity**, Academic Press, 2020. Cap. 7, p. 147-196.

RAY, R. C.; UPPULUR, K. B.; TRILOKESH, C.; LAREO, C. Chapter 5 - Sweet Sorghum for Bioethanol Production: Scope, Technology, and Economics. In: RAY, Ramesh C. **Bioethanol Production from Food Crops**. Bhubaneswar: Elsevier, 2019. p. 81-100.

RAYORATH, P., KHAN, W., PALANISAMY, R. *et al.* Extracts of the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* Induce Gibberellic Acid (GA₃)-independent Amylase Activity in Barley. **Journal Plant Growth Regulation**, New York, v. 27, p. 370–379, 2008.

REDDY, B. V. S.; RAMESH, S.; REDDY, P. S. Sorghum genetic resources, cytogenetics and improvement. *In: SINGH, R. J.; JAUHAR, P. P. (ed.). Genetic resources chromosome engineering and crop improvement*. Cereals: CRC, 2006.

RENGASAMY, K. R. R.; KULKARNI, M. G.; STIRK, W. A. *et al.* Eckol - a new plant growth stimulant from the brown seaweed *Ecklonia maximum*. **Journal Applied Phycology**, Dordrecht, v. 27, p. 581–587, 2015.

RIGGS, P. J.; CHELIUS, M. K.; INIGUEZ, A. L.; KAEPLER, S. M.; TRIPLETT, E. W. Enhanced maize productivity by inoculation with diazotrophic bacteria. **Australian Journal Plant Physiology**, Melbourne, v. 28, p. 89-836, 2001.

RILLING, J. I.; ACUN, J. A.; NANNIPIERI, P.; CASSAN, F. D.; MARUYAM, F.; JORQUER, M. Current opinion and perspectives on the methods for tracking and monitoring

plant growth-promoting bacteria. **Soil Biology Biochemistry**, Elmsford, v. 130, p. 205–219, 2019.

ROBY, M. C.; SALAS FERNANDEZ, M. G.; HEATON, E. A.; MIGUEZ, F. E.; VANLOOCKE, A. Biomass sorghum and maize have similar water-use-efficiency under non-drought conditions in the rain-fed Midwest U.S. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 247, p. 434–444, 2017.

ROSA, P. A. L. **Acúmulo de matéria seca, extração e exportação de nutrientes por híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense***. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/150131>. Acesso em: 06 jan. 2021.

SAHU, P. K., BRAHMAPRAKASH, G.P. Formulations of biofertilizers – approaches and advances. SINGH, D.; SINGH, H.; PRABHA, R. (ed.). **Microbial Inoculants in sustainable agricultural productivity**. New Delhi: Springer, 2016. p. 179-198.

SAKR, M. T.; IBRAHIM, H. M.; ELAWADY, A. E.; ABO ELMAKAREM, A. A. Effect of humic acid, seaweed extract and essential oils as antioxidants on pre-and post-harvest quality of red radish plants. **Horticulture International Journal**, Madison, v. 3, p. 129-138, 2019.

SALANTUR, A.; OZTURK, R.; AKTEN, S. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. **Plant Soil Environmental**, Prague, v. 52, p. 111-118, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242694374_Growth_and_yield_response_of_spring_wheat_Triticum_aestivum_L_to_inoculation_with_rhizobacteria. Acesso em: 06 jan. 2021.

SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FASOLI, N, J. P.; SOARES, M. R. C.; GOES, R. H. T. B. de. Produtividade e valor nutritivo do capim Tifton 85 irrigado e sobresemeado com aveia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 126 133, 2015.

SANGHA, J. S.; KELLOWAY, S.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. **Seaweeds (Macroalgae) and their extracts as contributors of plant productivity and quality**. 189–219, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/278675781_Seaweeds_Macroalgae_and_Their_Extracts_as_Contributors_of_Plant_Productivity_and_Quality_The_Current_Status_of_Our_Understanding. Acesso em: 06 jan. 2021.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SALDANHA, A.; FIORENTIN, C. F.; PLETSCHE, A. J.; VIEIRA, J.; GATELLI, M. A. Rendimento de grãos de híbridos de milho em duas densidades de plantas com e sem a retirada dos perfilhos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 325-331, 2009.

SANTINI, J. M. K.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.; COAGUILA, D. N.; BOLETA, E. H. M. Doses and forms of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, p. 373–377, 2018.

SERNA-SALDIVAR, S.; ROONEY, L. W. Structure and chemistry of sorghum and millets. *In: DENDY, D. A. V. (ed.). Sorghum and millets: chemistry and technology.* St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1995. p. 69-124.

SHAH, M. T.; ZODAPE, S. T.; CHAUDHARY, D. R.; ESWARAN, K.; CHIKARA, J. Seaweed sap as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 36, n. 2, p. 192-200, 2013.

SHARMA, S. H. S.; LYONS, G.; MCROBERTS, C.; MCCALL, E.; CARMICHAEL, E.; ANDREWS, F.; SWAN, R.; MCCORMARCK, R.; MELLON, R. Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa chinensis* L.). **Journal Applied Phycology**, Dordrecht, v. 24, p.1081–1091, 2012.

SILVA, A. S. **Aspectos produtivos, qualitativos e fisiológicos do pimentão submetido à aplicação foliar de extrato de *Ascophyllum nodosum* e suplementação luminosa.** 2020. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, D. J.; LEÃO, P. C. S.; CHAVES, A. R. M.; SIMÕES, W. L. Efeito de bioestimulantes sobre a produção e a qualidade dos frutos de videiras BRS Vitoria. *In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 5.; CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 28.; SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE SALINIDADE, 1., 2019, Fortaleza. Anais [...]* Fortaleza: Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada, 2019.

SILVA, L. D.; BAHCEVANDZIEV, K.; PEREIRA, L. Production of bio-fertilizer from *Ascophyllum nodosum* and *Sargassum muticum* (Phaeophyceae). **Journal of Oceanology Limnology**, Qingdao, v. 37, p. 918–927, 2019b.

SILVA, L. D. S. **Avaliação do potencial dos extratos de algas marinhas *Sargassum muticum* e *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyceae) como fertilizante agrícola.** 2015. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Biotecnologia Vegetal) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

SILVA, M. A.; CATO, S. C.; COSTA, A. G. F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 774-780, 2010.

SKONIESKI, F. R.; VIEGAS, J.; MARTIN, T. N.; MINGOTTI, C. C. A.; NAETZOLD, S.; TONIN, T. J.; DOTTO, L. R.; MEINERZ, G. R. Effect of nitrogen topdressing fertilization and inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* on corn yield and agronomic characteristics. **Agronomy**, Madison, v. 9, p. 812, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/12/812/htm>. Acesso em: 06 jan. 2021.

SOUSA, J. A.; SOUSA, R. R.; ALMEIDA, M. V. S.; BECALLI, R. A.; LEITE, M. R. P. Resposta do amendoim forrageiro submetido a diferentes doses de bioestimulante. *In:*

JORNAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15, 2019, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: Instituto Federal de Tocantins, 2019.

SOUZA, L. G. M.; LAZARINI, E.; SOBRINHO PIVETTA, R.; JUNIOR COLETTI, A.; GOES, R. J. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de sorgo sacarino inoculados com *Azospirillum brasilense* Tarrand. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 777-784, 2014.

SOUZA, R.; AMBROSINI, A.; PASSAGLIA, L. M. P. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genetics and Molecular Biolology**, Ribeirão Preto, v. 38, n. 4, p. 401- 419, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/gmb/v38n4/1415-4757-gmb-S1415-475738420150053.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2021.

SUBZWARI, S.; BRYANT, G.; SMALL, D. M. Characterisation of sorghum starch granules using SAXS: effects of moisture on crystallinity and structure. **Food Science Technology**, London, v. 54, n. 3, p. 744-751, 2018.

SZAMBELAN, K.; NOWAK, J.; FRANKOWSKI, J.; SZWENGIEL, A.; JELEA°, H.; BURCZYK, H. The comprehensive analysis of sorghum cultivated in Poland for energy purposes: separate hydrolysis, fermentation, simultaneous saccharification and fermentation methods, and their impact on bioethanol effectiveness and volatile by-products from the grain and the energy potential of sorghum straw. **Bioresource Technology**, Essex, v. 250, p. 750-757, 2018.

TAYLOR, J. R. N. Sorghum and Millets: Taxonomy, History, Distribution, and Production. In: **Sorghum and Millets**. [S. l.]: AACC International Press, 2019. p. 1-21.

TAYLOR, J. R. N.; ANYANGO, J. O. Sorghum flour and flour products: production, nutritional quality, and fortification. In: **Flour and breads and their fortification in health and disease prevention**. [S. l.]: Academic Press, 2011. p. 127-139.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VASANTHARAJA, R.; ABRAHAM, L. S.; INBAKANDAN, D.; THIRUGNANASAMBANDAM, R.; SENTHILVELAN, T.; JABEENB, S. K. A.; PRAKASH, P. Influence of seaweed extracts on growth, phytochemical contents and antioxidant capacity of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Amsterdam, v. 17, p. 589-594, 2019.

VIEIRA, V. C.; MARTIN, T. N.; MENEZES, L. F. G.; ORTIZ, S.; BERTONCELLI, P. E. STORCK, L. Caracterização bromatológica de silagens de milho de genótipos super precoce. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, p. 1925-1931, 2013.

VIJAYAKUMAR, S.; DURGADEVI, S.; ARULMOZHI, P.; RAJALAKSHMI, S.; GOPALAKRISHNAN, T.; PARAMESWARI, N. Effect of seaweed liquid fertilizer on yield and quality of *Capsicum annum* L. **Acta Ecologica Sinica**, Beijing, v. 39, n. 5, p. 406-410, 2019.

VILLARES, R.; CARRAL, E.; LORENZANA, F.; MOSQUERA, E. L. Drift-seaweed evaluation for fertilizer use in galiza (Northwest Spain): Tissue elemental characterization and site-sampling differences. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 31, n. 1, p. 45-60, 2007.

VISARADA, K.; ARUNA, C.; BHAT, B. V.; TONAPI, V. A. **Breeding sorghum for diverse and uses**. New York: Woodhead Publishing, 2018.

VURUKONDA, S. S. K. P.; GIOVANARDI, D.; STEFANI, E. Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. **International Journal Molecular Sciences**, London, v. 19, p. 952, 2018.

WALLY, O. S. D.; CRITCHLEY, A. T.; HILTZ, D.; CRAIGIE, J. S.; HAN, X.; ZAHARIA, L. I.; ABRAMS, S. R.; PRITHIVIRA, J. B. Erratum to: regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in arabidopsis following treatment with commercial extract from the marine macroalga *ascophyllum nodosum*. **Journal Plant Growth Regulation**, New York, v. 32, p. 340–341, 2013.

WRIGHT, M.; LIMA, I.; BIGNER, R. Stability and use of sweet sorghum bagasse. **SugarTech**, v. 19, 451e457, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311718464_Stability_and_Use_of_Sweet_Sorghum_Bagasse. Acesso em: 06 jan. 2021.

XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L.; BRITO, L. T. L. (ed.). **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. Cap. 4, p. 515-569.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in Plant Science**, New Haven, v. 7, n. 2049, p. 1-32, 2017.

YANG, X.; LI, M.; LIU, H. Technical feasibility and comprehensive sustainability assessment of sweet sorghum for bioethanol production in China. **Sustainability**, v.10, n.2, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323613296_Technical_Feasibility_and_Comprehensive_Sustainability_Assessment_of_Sweet_Sorghum_for_Bioethanol_Production_in_China. Acesso em: 06 jan. 2021.

YUSUF, R.; KRISTIANSEN, P.; WARWICK, N. Potential effect of plant growth regulators on two seaweed products. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 958, p. 133-138, 2012.

ZODAPE, S. T.; GUPTA, A.; BHANDARI, S. C.; RAWAT, U. S.; CHAUDHARY, D. R.; ESWARAN, K.; CHIKARA, J. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (2011) **Journal of Scientific and Industrial Research**, New Delhi, v. 70, n. 3, p. 215-219, 2011.