

MARIA CLARA LELLES MOREIRA BEGUELINE

**FERTILIZANTES COM BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO DE GRAMA
ESMERALDA SOB DUAS CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO**

Botucatu

2021

MARIA CLARA LELLES MOREIRA BEGUELINE

**FERTILIZANTES COM BIOESTIMULANTES NO CRESCIMENTO DE GRAMA
ESMERALDA SOB DUAS CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Orientador(a): Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy

Botucatu

2021

B418f	<p>Begueline, Maria Clara Lelles Moreira</p> <p>Fertilizantes com bioestimulantes no crescimento de grama Esmeralda sob duas condições de déficit hídrico / Maria Clara Lelles Moreira Begueline. -- Botucatu, 2021</p> <p>80 p. : il., tabs.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu</p> <p>Orientador: Leandro José Grava de Godoy</p> <p>1. Horticultura. 2. Irrigação. 3. Substâncias bioestimulantes. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: USO DE BIOESTIMULANTES NA PRODUÇÃO DE GRAMA ESMERALDA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

AUTORA: MARIA CLARA LELLES MOREIRA BEGUELINE

ORIENTADOR: LEANDRO JOSE GRAVA DE GODOY

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEANDRO JOSE GRAVA DE GODOY (Participação Virtual)
Coordenadoria do Curso de Engenharia Agrônômica / UNESP - Câmpus de Registro



Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD (Participação Virtual)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof.ª Dr.ª CLARICE BACKES (Participação Virtual)
Zootecnia / Universidade Estadual de Goiás

p/



Botucatu, 26 de fevereiro de 2021

À minha mãe Bianca, por toda a dedicação e pela base que me
deu para me tornar a pessoa que sou hoje

As minhas avós Reinilda e Marlene, por toda
a preocupação e cuidados

dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe Bianca e aos meus pais Sebastião e Fernando que não mediram esforços para me ajudar, pelo apoio incondicional, por acreditarem em mim e por serem sempre o meu porto seguro apesar da distância em que tivemos que enfrentar.

Aos meus avós Sebastião, Marlene e Reinilda, e minha tia Paula por todo o apoio ao longo do meu curso.

Um agradecimento especial para meu orientador Leandro, que não mediu esforços para me ajudar, transmitindo todo seu conhecimento e experiência.

A todos os meus amigos, em especial para minha companheira de república Kamila e aos meus amigos João Victor e Patrick que sempre me ampararam nos momentos mais difíceis e auxiliaram na execução do meu trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

E por fim e não menos importante agradeço a Deus por mais essa vitória e por todas essas experiências que vivi.

“Não são as nossas habilidades que mostram o que realmente somos... são as nossas escolhas.”

ROWLING, J. K. **Harry Potter e a câmara secreta**. São Paulo: Editora Rocco, 1998.

RESUMO

A nutrição e a quantidade de água são fatores importantes no crescimento das gramas, busca por um sistema de produção que utilize cada vez menos fertilizantes químicos e forneça água de forma eficiente tem aumentado. Os biofertilizantes são materiais orgânicos que quando aplicados em pequenas quantidades, melhoram o crescimento e auxiliam no desenvolvimento radicular das plantas sob condições de estresse. O experimento foi instalado em vasos, em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar o efeito de fertilizantes com bioestimulantes no crescimento da grama Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.), sob duas condições de déficit hídrico. O delineamento utilizado no experimento foi em parcelas subdivididas, sendo dois déficits hídricos (50% e 80% da capacidade de campo), como parcela principal, e seis tratamentos compostos por fertilizantes com bioestimulantes, mais um controle, como subparcela (1 - controle, 2 - fertilizante com extrato de alga, 3 - fertilizante com ácido húmico, 4 - fertilizante com ácido fúlvico, 5 - mistura de fertilizante com extrato de alga + fertilizante com aminoácido, 6 - mistura de fertilizante com extrato de alga + fertilizante com ácido húmico e 7 - fertilizante com aminoácido), com oito repetições. Foram realizadas as análises de massa da matéria seca das aparas, NDVI (índice de reflectância da folha), taxa de cobertura verde pelo gramado, medida indireta de clorofila, altura do gramado, volume e massa da matéria seca das raízes + estolões + rizomas, concentração foliar de macro e micronutrientes. O tratamento com o fertilizante contendo aminoácidos apresentou os melhores resultados mesmo com déficit hídrico de 50%. A grama apresentou maior necessidade de água no início do desenvolvimento, e no restante do ciclo o déficit de 50% da capacidade de campo foi o suficiente para o desenvolvimento da grama.

Palavras-chave: Algas. Substâncias Húmicas. Aminoácidos. Irrigação.

ABSTRACT

Nutrition and the amount of water are important factors in the production of grass, the search for a production system that uses less chemical fertilizers and provides water efficiently has increased. Biofertilizers are organic materials that, when applied in small quantities, improve growth and assist in the root development of plants under stress conditions. The experiment was installed in pots, in a greenhouse, with the objective of evaluating the effect of fertilizers with biostimulants, in the production of Esmeralda grass (*Zoysia japonica Steud.*), on two irrigation depths. The design used in the experiment was in subdivided plots, with two irrigation depths (50% and 80% of field capacity) as the main plot, six treatments composed of fertilizers with biostimulants and a control as subplots (1 - control, 2 - fertilizer with seaweed extract, 3 - humic acid fertilizer, 4 - fulvic acid fertilizer, 5 - mix of fertilizer with seaweed extract + fertilizer with amino acid, 6 - mix of fertilizer with seaweed extract + fertilizer with humic acid and 7 - fertilizer with amino acid) with eight repetitions. Was analyzed dry matter mass of the cuttings, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), green coverage rate, indirect chlorophyll measure, height, volume and dry matter mass of the roots + stolons + rhizomes, concentration of macro and micronutrients. The treatment with fertilizer containing amino acids showed the best results even with a 50% water deficit. The grass showed a greater need for water at the beginning of development, and in the rest of the cycle the deficit of 50% of the field capacity was sufficient for the development of the grass.

Keywords: Seaweed. Humic substances. Amino acids. Irrigation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo utilizado no experimento - Botucatu, SP, 2020.....	32
Tabela 2 - Resultado da análise física do solo utilizado no experimento - Botucatu, SP, 2020	33
Tabela 3 - Tratamentos e doses utilizadas no experimento - Botucatu, SP, 2020 ...	34
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para taxa de cobertura verde (%) em grama Esmeralda aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT– Botucatu, SP, 2020 ..	43
Tabela 5 - Teste de Tukey para o desdobramento dos produtos dentro dos déficits hídricos para Taxa de Cobertura Verde aos 30 DAT– Botucatu, SP, 2020	46
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para índice de vegetação por diferença normalizada em grama Esmeralda aos 90, 120, 150 e 180 DAT – Botucatu, SP, 2020	47
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para índice SPAD em grama Esmeralda aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT– Botucatu, SP, 2020.....	49
Tabela 8 - Resumo da análise de variância para altura em grama Esmeralda aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT– Botucatu, SP, 2020.....	53
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para massa da matéria seca das aparas (g) em grama Esmeralda aos 90, 120, 150 e 180 DAT– Botucatu, SP, 2020	56
Tabela 10 - Teste de Tukey para o desdobramento dos produtos dentro dos déficits hídricos para massa da matéria seca das aparas (g) aos 90 DAT– Botucatu, SP, 2020	59
Tabela 11 - Resumo da análise de variância para teor de macro nutrientes em grama Esmeralda aos 180 DAT – Botucatu, SP, 2020.....	60
Tabela 12 - Teste de Tukey para o desdobramento dos produtos dentro dos déficits hídricos para análise nutricional de Enxofre aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020	64

Tabela 13 - Resumo da análise de variância para teor de micronutrientes em grama Esmeralda aos 180 DAT – Botucatu, SP, 2020.....	64
Tabela 14 - Resumo da análise de variância para volume (ml) e massa da matéria seca de raízes + rizomas + estolões (g) em grama Esmeralda aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020	66
Tabela 15 - Teste de Tukey para o desdobramento dos produtos dentro dos déficits hídricos para volume (ml) e massa da matéria seca das raízes + estolões + rizomas (g) aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020.....	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	Produção de grama.....	21
2.2	Irrigação em gramados.....	23
2.3	Biofertilizantes nas gramas.....	25
2.3.1	Extrato de Algas na agricultura	26
2.3.2	Substâncias húmicas na agricultura.....	28
2.3.3	Aminoácidos na agricultura	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Localização e caracterização da área experimental	31
3.2	Caracterização do clima	31
3.3	Caracterização do solo	32
3.4	Produção de mudas.....	33
3.5	Delineamento experimental e tratamentos	33
3.6	Manejo de irrigação e monitoramento do teor de água no solo	35
3.7	Sistema de irrigação	35
3.8	Características avaliadas	37
3.8.1	Massa da matéria seca das aparas.....	37
3.8.2	Teor de nutrientes extraídos pela aparas	38
3.8.3	Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).....	38
3.8.4	Altura do gramado	39
3.8.5	Taxa de cobertura verde (TCV)	39
3.8.6	Medida Indireta de Clorofila	41
3.8.7	Volume e Massa seca da raiz + rizoma + estolão.....	41
3.8.8	Tratamento estatístico	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	Taxa de Cobertura Verde (TCV)	43
4.2	Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).....	47
4.3	Medida Indireta de clorofila (Índice SPAD)	49
4.4	Altura do gramado	53
4.5	Massa da matéria seca das aparas.....	55
4.6	Teor foliar de nutrientes	60
4.6.1	Macro nutrientes	60
4.6.2	Micronutrientes	64
4.7	Volume e massa da matéria seca das raízes + estolões + rizomas.....	66
5	CONCLUSÃO	70
	REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

As gramas são produzidas em fazendas e, após a colheita, são transportadas na forma de tapetes ou rolos, para serem utilizadas em gramados ornamentais, recreacionais, esportivos ou funcionais. Além da melhoria da qualidade do ar, devido à produção de oxigênio e a redução da temperatura do solo, um gramado de qualidade proporciona o controle da erosão do solo e a absorção de água de forma mais eficiente (GRAMA LEGAL, 2018).

No Brasil, a maioria dos gramados até o ano de 1970, era formada pela grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge). A partir de 1975 foi introduzida a grama São Carlos (*Axonopus* sp.) que proporcionava um gramado mais uniforme e de melhor qualidade. Nesse mesmo ano, a cultivar *Zoysia japonica* foi introduzida no Brasil, com o nome de Grama Esmeralda devido ao ser verde intenso.

O gênero *Zoysia* sp. é composto por gramas de clima quente, originário da orla do Pacífico e vem sendo utilizada no Brasil devido a sua adaptação as condições climáticas. Devido a sua boa capacidade de resistência ao pisoteio e ao grande número de rizomas formados foi durante muitos anos a variedade dos principais gramados de futebol do Brasil. É constituída principalmente por três espécies: *Z. japonica*, *Z. matrella* e *Z. pacifica* onde a mais utilizada no Brasil é a *Z. japonica*. (VILLAS BÔAS et al., 2020).

A busca por um sistema de produção de gramas sustentável que utilize cada vez menos fertilizantes químicos e forneça água de forma eficiente tem aumentado. Com isso, tem se buscado práticas de manejo que favoreçam a manutenção da qualidade dos solos e a reposição de nutrientes essenciais às plantas de forma que não agridam o meio ambiente e proporcionem a economia de água através dos sistemas de irrigação.

Os biofertilizantes são produzidos a partir de materiais orgânicos que quando aplicados em pequenas quantidades, melhoram o crescimento e desenvolvimento das plantas através do processo de regular negativamente ou positivamente os hormônios vegetais. Geralmente, esses produtos se enquadram em uma das três categorias: extratos de algas, produtos contendo aminoácidos e produtos com ácido húmico (TACHIBANA et al., 2011).

Esses compostos promovem o equilíbrio nutricional e hormonal da planta, atuando diretamente nas diferentes estruturas celulares, propiciando alterações físicas,

químicas e metabólicas, processos vitais e estruturais da planta (BINSFELD et al., 2014). Estudos mostraram que mesmo sobre estresse hídrico, o uso desses produtos favorece o desenvolvimento radicular da grama. Os biofertilizantes auxiliam as plantas a tolerar estresses ambientais e melhoram, principalmente, o desenvolvimento da raiz e, conseqüentemente, aumentam a eficiência de utilização dos nutrientes, reduzindo o tempo de formação do tapete (SCHMIDT; ERVIN; ZHANG, 2003).

A irrigação é outro fator importante na produção de grama, porém na maioria dos casos não possui um manejo. Em áreas gramadas, um manejo correto da irrigação é fundamental para garantir a qualidade da grama, além de evitar desperdícios, e conseqüentemente, aumento de custos de manutenção.

O objetivo com este trabalho foi avaliar o crescimento e desenvolvimento da grama Esmeralda submetida a duas condições de déficits hídricos e a fertilizantes com bioestimulantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de grama

As gramas tem assumido no Brasil e no mundo lugar de destaque tanto por seu valor estético, quanto por suas diversas funcionalidades, como componente das paisagens nos mais distintos cenários e sistemas ecológicos. Além disso, vêm ocupando um importante segmento na agricultura e na indústria de insumos e máquinas pela necessidade de um intenso manejo para o cultivo e manutenção (CARRIBEIRO, 2010).

No Brasil, o cultivo de grama é feito em quase todos os estados brasileiros, chegando a uma estimativa total de 16.790 hectares de área plantada. O estado de São Paulo é responsável por 43% da produção nacional, seguido pelo Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso e Rio Grande do Sul (ZANON e PIRES, 2010). Não foram encontrados na literatura nacional, dados atuais da produção, no entanto, a Associação Grama Legal estima que a área de produção de grama, em 2019, seja de, aproximadamente 23 mil hectares.

As gramas, em geral, são classificadas em dois tipos, as de clima quente e as de clima frio. No Brasil, as de clima quente são as que mais se adaptam, pois possuem uma alta capacidade de se desenvolver em altas temperaturas, sendo que algumas variedades toleram geadas esporádicas e outras espécies toleram baixas temperaturas (GURGEL, 2003).

Segundo Silva (2008), o Brasil tem se destacado nesse ramo devido ao crescimento do paisagismo no país. Os principais estados produtores de grama para fim esportivo são: São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e com uma menor produção ficam em seguida o Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e Rio de Janeiro.

De acordo com Watson e Dallwitz (1992), com origem da família botânica das gramíneas, as gramas em geral abrangem mais de 10.000 espécies por todo o mundo, sendo que as mais importantes servem como alimentação humana, como o arroz, milho e o trigo, ou como alimentação animal como as brachiarias. Entretanto, menos de 50 espécies das gramíneas podem ser utilizadas na formação de gramados.

As espécies de grama que mais se adaptam as condições do clima do Brasil são as de clima quente. Essas espécies são divididas em dois grupos, rizomatosas e estoloníferas, e é a partir dessa classificação que se pode determinar quais espécies

podem ser utilizadas em diferentes situações de cultivo, forma de comercialização e manejo (GODOY, 2005).

As espécies mais cultivadas são as gramas japonesas (*Zoysia spp.*), São Carlos (*A. affinis Chase*), Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e as bermudas híbridas (*Cynodon dactylon x C. transvalensis*) (SILVA, 2008).

A espécie *Zoysia japonica* é uma das principais gramas produzidas e comercializadas no Brasil, conhecida popularmente como grama Esmeralda, apresentando crescimento do tipo rizomatoso e estolonífero, com alta densidade e tonalidade de verde média (GURGEL, 2003). Essa espécie possui altas taxas de crescimento e adapta-se bem tanto em gramados esportivos como jardins em residenciais.

As gramas do tipo *Zoysia* apresentaram características genéticas superiores em repetidos ensaios de estresse, por possuírem um extenso sistema radicular que, somado a grande quantidade de estolões e ao crescimento dos rizomas, produz uma grama densa e compacta que se recupera rapidamente de períodos com déficit hídrico acentuado (GREEN GRASS, 2017).

Um fator essencial para a produção de gramas é o tempo e qualidade de formação do tapete. Acelerar esse processo de fechamento da área de produção encurta o ciclo da cultura, o que gera economia no processo final de produção (BACKES et al., 2010).

O enraizamento do gramado também está atrelado aos parâmetros de qualidade do tapete, além da absorção e armazenamento de nutrientes, auxilia no estabelecimento da grama. Estolões e rizomas permitem que as plantas sobrevivam em ambientes heterogêneos, além de suprirem a planta no seu desenvolvimento inicial antes do estabelecimento da raiz. Esse sistema promove o fechamento do tapete e aumentam sua resistência evitando perdas no momento da colheita (GUO et al., 2019).

Outro ponto importante, tanto para a produção como para gramados já instalados, são as operações de manutenção. Um gramado que possua um crescimento menor reduz as operações de corte, e por consequência, ocorre a redução dos custos de mão-de-obra (MACIEL et al., 2011).

2.2 Irrigação em gramados

Nos últimos anos, a crise hídrica tem tornado a economia de água um fator crucial na agricultura. Dessa forma, manter a produtividade tem sido um grande desafio para o homem do campo. Uma solução simples para esse problema seria o uso racional dos sistemas de irrigação, que tornam o uso de água eficiente, reduzindo o consumo do recurso hídrico e, conseqüentemente, os custos de produção.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), o Brasil está entre os países com a maior área irrigada, ficando entre os 10 países com maior área equipada para irrigação do mundo, totalizando 6,95 milhões de hectares. Apesar da variedade tecnológica que o país possui para irrigar de forma eficiente, apenas uma pequena parte desse potencial para a atividade é explorado.

Em campos esportivos, por exemplo, a irrigação é fundamental para um gramado de qualidade. Em alguns casos, esses campos, são irrigados de uma a quatro vezes no dia, e um manejo inadequado da água pode ocasionar doenças e perdas de qualidade. Em gramados com a finalidade do paisagismo, o sistema de irrigação é voltado para facilitar o manejo, podendo ser altamente tecnológico e contar com softwares que automatizam o sistema (TAPIA, 2015).

Existe uma expectativa de aumento da demanda de água para o futuro próximo, e conseqüentemente, o uso eficiente da água na irrigação se torna um fator importante. Portanto, a irrigação aborda todo um conjunto de fatores visando suprir as necessidades da planta, e não somente um processo que visa atender às condições de umidade do solo, evitando assim, excessos ou faltas de água, sempre levando em conta um estudo do clima e do solo utilizado (PAULINO et al., 2009).

Para os gramados, a importância da irrigação está atrelada a manutenção, envolvendo coloração e produção de material verde, e o desenvolvimento dos parâmetros de qualidade. A grama quando submetida a um estresse hídrico produz uma resposta fisiológica como o enrolamento das folhas e uma coloração verde opaca. Ademais, a absorção de nutrientes fica comprometida, o que acarreta em problemas nas atividades metabólicas, e posteriormente, redução da propagação lateral. Um gramado onde foi fornecida a quantidade suficiente de água ocorre o aumento da turgidez das folhas, ocasionando uma maior resistência ao pisoteio (GEROLINETO, 2008).

Segundo Harivanti (2009) as estações do ano interferem na irrigação dos gramados. Em períodos mais frios as gramas do tipo Ryegrass e Bentgrass amplamente utilizadas na Califórnia, possuem uma necessidade hídrica ideal de 80% e 60% da evapotranspiração de referência (ET_o) respectivamente. Já as gramas de estações quentes como as bermudas, Santo Agostinho, Paspalum e Zoysias, possuem uma necessidade hídrica de 60% da ET_o.

A seca é uma causa de estresse comum que provoca perda de massa no gramado e combinada com o aumento de temperatura, são fatores importantes que restringem o crescimento e a fotossíntese das plantas, desta forma, a irrigação é necessária para manter uma qualidade ao longo do período de crescimento da grama (XU; ZHOU, 2005).

A absorção da água pela grama ocorre a partir da pilosidade das raízes. A resistência à seca abrange mecanismos de prevenção que é a capacidade da planta de reter a umidade no interior dos tecidos e a tolerância à seca inclui minimizar os danos aos tecidos causados pela privação de água (HARIVANTI, 2009).

Na produção comercial de tapetes de grama, os métodos de irrigação mais utilizados são a aspersão convencional, canhões de autopropelidos e os pivôs centrais (CARRIBEIRO, 2010). É fundamental conhecer a evapotranspiração da cultura para se calcular a reposição de água. A média para a evapotranspiração diária da grama é de 6 a 8 mm, e fazendo o balanço hídrico calcula-se lâmina de água em mm a ser repostada (TAPIA, 2015).

Para avaliar a necessidade mínima de água para as gramas de clima quente, como a cultivar Esmeralda, Silva (2004) observou que a lâmina correspondente a 80% da evapotranspiração foi a que garantiu uma melhor qualidade do gramado. Segundo Carrow (1995) os valores de 60% e 80% da evapotranspiração da cultura, foram os manejos que garantiram uma boa manutenção dos gramados.

No geral, a irrigação em gramados ainda é pouco estudada principalmente em plantios comerciais. Nessas situações, o manejo é feito de forma inadequada, não havendo nenhum tipo de estudo da área sobre a demanda hídrica e das condições de armazenamento do solo. Portanto, o principal desafio na irrigação da grama está atrelado a em que momento aplicar e em quais quantidades a água deve ser disponibilizada.

2.3 Biofertilizantes nas gramas

A agricultura convencional requer um retorno econômico rápido e para isso utiliza-se uma grande escala de fertilizantes e defensivos, e ao longo dos anos esse modelo de produção se tornou inviável devido à contaminação causada por esses produtos e o alto custo de produção que esse método de produção gera (MÁXIMO, 2008).

Com isso, outros produtos e tecnologias foram desenvolvidos para ajudar produtores de grama a lidar com o dia-a-dia e os desafios de gestão. Um desses avanços está na introdução de fertilizantes com bioestimulantes no mercado. De forma literal, esses produtos estimulam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os biofertilizantes são compostos por reguladores vegetais, podendo ser a mistura de dois ou mais produtos, ou com adição de outras substâncias (CASTRO; VIEIRA, 2001). Esses produtos também são conhecidos como um grupo de compostos que promovem respostas favoráveis à resistência das plantas a estresses, também descritos como produtos não nutricionais (HAMZA; SUGGARS, 2001).

Segundo Fetter (2018), os biofertilizantes auxiliam as plantas em estádios iniciais, estimulando no desenvolvimento das raízes, além de melhorar a resistência a estresses bióticos e abióticos. A recuperação das plantas submetidas à aplicação desses produtos ocorre de forma rápida.

No Brasil, a categoria dos fertilizantes com bioestimulantes está inserida na legislação de fertilizantes do MAPA como biofertilizantes. Segundo a Instrução Normativa nº 61 de 8 de Julho de 2020 o biofertilizante é um “produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante” (BRASIL, 2020).

Essa Normativa classifica os biofertilizantes em categorias, sendo elas: biofertilizante de aminoácidos, biofertilizante de substâncias húmicas, biofertilizante de extratos de algas ou algas processadas, biofertilizante de extratos vegetais e biofertilizante composto (BRASIL, 2020).

De acordo com Schmidt, Ervin e Zhang (2003) os extratos de algas e ácido húmico são os dois ingredientes mais comumente utilizados nos biofertilizantes. A partir de aplicações de biofertilizantes realizadas em gramados, foi possível observar que esses produtos têm condicionado as plantas a tolerar estresses ambientais e melhorar o crescimento, principalmente o desenvolvimento da raiz.

Além disso, demonstrou-se que os fertilizantes com bioestimulantes melhoram a atividade fotoquímica do gramado e a qualidade geral quando o solo é submetido à baixa umidade. Quando realizado o pré-tratamento com os extratos de algas marinhas e ácido húmico, o equilíbrio hormonal pode ser alterado para favorecer a produção das citocininas e auxinas sobre etileno, sendo o suficiente para que a produção de antioxidantes possa continuar quando o estresse ocorrer. Nos gramados em geral, essa recuperação ocorre devido à estimulação do desenvolvimento endógeno antioxidante que protege a planta durante a formação do excesso de radicais livres (SCHMIDT; ERVIN; ZHANG, 2003).

Em uma pesquisa realizada com a grama *Agrostis stolonifera*, os tratamentos com ácido húmico e extratos de algas demonstraram aumento significativo no peso de massa fresca da grama em relação ao tratamento controle. Com a combinação do ácido húmico com o extrato de alga marinha foi possível observar aumento significativo no peso seco da grama em comparação com o controle (BUTLER; HUNTER, 2006).

Biofertilizantes que contêm hormônios de crescimento demonstraram benefícios aos gramados nas estações frias do ano somados a seca (SCHMIDT, 1990), e também demonstraram resultados positivos quanto ao estresse por salinidade (NABATI; SCHMIDT; PARRISH, 1994).

Estudos realizados na cultivar bentgrass, a aplicação via foliar tanto do extrato de alga como do ácido húmico, separados ou em uma mistura, proporcionaram um aumento da enzima superóxido dismutase (SOD) responsável por catalisar a dismutação do superóxido em oxigênio e peróxido de hidrogênio. Esse processo é uma importante defesa antioxidante na maioria das células expostas ao oxigênio. Esses aumentos estão associados com uma melhora na atividade fotoquímica, ocasionando um gramado de melhor qualidade e menor incidência de “dollar spot” (XUNZHONG; ERVIN; SCHMIDT, 2003).

2.3.1 Extrato de Algas na agricultura

As algas marinhas são usadas como fertilizantes e condicionadores de solo há muitos anos. De acordo com Booth (1964), algas marrons foram usadas para adubação nas terras costeiras da França, Irlanda e Escócia no século XII. No entanto, a aplicação terrestre de algas marinhas limitou-se às áreas costeiras, uma vez que

não eram facilmente processadas e transportadas. Como resultado, o processamento de algas marinhas tornou-se hoje um negócio mundial, com uma enorme quantidade de produtos vendidos a cada ano (NETTO, 2019).

Esses produtos podem ser divididos em três grupos: formulados para aplicar no solo em grandes quantidades ou para misturar em substratos de enraizamento utilizados em casa de vegetação, extratos em pó ou líquidos e concentrados utilizados para aplicação no solo e pulverizações foliares (SUN, 1994).

Os biofertilizantes que contêm hormônios de crescimento podem ser produzidos sinteticamente ou obtidos a partir de extratos de algas ou de plantas, sendo as algas marrons (*Ascophyllum nodosum*) muito utilizadas para fins agronomicos, além de possuírem em sua composição aminoácidos, vitaminas e nutrientes (VERNIERI et al., 2006).

As algas marinhas são macroalgas divididas em verdes, marrons e vermelhas. Os extratos de algas marrons são amplamente utilizados em horticultura em grande parte por seus efeitos promotores do crescimento das plantas e por seu efeito de melhoria na tolerância da cultura a estresses abióticos, como salinidade, temperaturas extremas, deficiência de nutrientes e seca (BATTACHARYYA, et al., 2015).

Os extratos de algas contêm altos níveis de hormônios vegetais, em particular citocininas, polissacarídeos, aminoácidos e macro e micro nutrientes necessários para o crescimento e o desenvolvimento das plantas (CRAIGIE, 2011). Segundo Hamza & Suggars (2001) estes produtos contêm um grande número de fito-hormônios, compostos orgânicos, vitaminas, açúcares complexos, enzimas e proteínas.

De acordo com Masny et al. (2004), extratos de algas marinhas aumentam a resistência de plantas a doenças e pragas, e também as condições ambientais adversas (seca, salinidade do solo), acelerando a absorção de nutrientes e estender a fotossíntese.

Fike et al. (2001) identificaram que o extrato de alga derivado de *A. nodosum* contém vários compostos, incluindo aminoácidos e micronutrientes, além de identificarem atividade hormonal equivalente a 50 mg L⁻¹ de cinetina que consiste em um tipo de citocinina responsável pela divisão celular. Também foram encontrados auxinas nesse composto de algas, que atuam sobre a parede celular das plantas.

Extraído da alga *Ascophyllum nodosum*, o produto BioGain® é considerado natural. Em seu estado mais puro e ativo, é rico em fitormônios naturais e enriquecido

com fornecedores de potássio. Possui, devido a sua composição, benefícios no crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas (RIGRANTEC, 2019).

Com a utilização do biofertilizante a base de extrato de alga, em um gramado submetido a condições de estresse hídrico, espera-se que com a aplicação do produto a grama não sofra prejuízos no desenvolvimento, dessa forma, a economia de água ao longo do ciclo de produção seria significativa.

2.3.2 Substâncias húmicas na agricultura

As substâncias húmicas foram definidas como uma categoria de substância orgânica biogênica, heterogênea e de ocorrência natural que pode geralmente ser caracterizada como sendo de cor amarela a preta, de alto peso molecular e refratária. Elas podem ser divididas em ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina baseado em sua solubilidade em ambiente ácido e alcalino (FILHO; SILVA, 2002).

Essas substâncias não são como os fertilizantes tradicionais, devido ao carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre fazerem parte de quase 100 por cento da composição dos ácidos húmicos. Segundo Liu e Cooper (2000), produtos contendo ácido húmico são responsáveis por um melhor desenvolvimento do sistema radicular, maior taxa de estabelecimento, melhoria do vigor e sobrevivência das plantas, maior resistência a salinidade e ao calor, maior absorção de nutrientes, melhor estruturação do solo e maior eficácia dos fertilizantes e pesticidas.

Os ácidos húmicos são produzidos pela extração de uma fonte de matéria orgânica, em uma solução ácida (pH = 2,0). Qualquer fração que é insolúvel abaixo do pH 2,0, mas é solúvel acima disso é considerada ácido húmico (BOTERO, 2010).

Portanto, em uma definição geral, as substâncias húmicas são compostos orgânicos condensados, produzidos pela ação de microrganismos, e que diferem dos biopolímeros por sua estrutura molecular e elevada persistência no solo (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014). Essas substâncias são responsáveis por promoverem o crescimento das raízes, a germinação de sementes e estabelecimento de plântulas, geralmente relatados como respostas de plantas a essas substâncias (HAMZA; SUGGARS, 2001).

Pesquisadores observaram que várias fontes de ácido húmico podem melhorar a absorção de nutrientes, aumentar o crescimento das raízes, aumentar a atividade enzimática e romper a tolerância ao estresse (CANELLAS et al., 2005). Liu, Cooper e

Bowman (1998) relataram que 400 ml L⁻¹ de ácido húmico, fornecido em um sistema hidropônico de cultivo, aumentam a fotossíntese das plantas, a atividade desidrogenase de raízes e a massa radicular da grama creeping bentgrass.

Merwad (2017) ao testar ácido fúlvico em campim-sudão verificou incremento nos parâmetros de crescimento da planta, na produção, clorofila, absorção de NPK. Os ácidos fúlvicos são responsáveis por agir no metabolismo e crescimento das plantas, devido, principalmente, ao seu menor peso molecular dentre as substâncias húmicas. Esses efeitos são atribuídos ao fato do ácido fúlvico ser precursor da auxina, hormônio vegetal responsável pela expansão celular (TREVISAN et al., 2010).

A Linha de produtos Biogain Húmico®, pertencente à Rigrantec, englobam produtos concentrados contendo ácido húmico, com a capacidade de melhorar a CTC do solo, além de aumentar o volume das raízes, auxiliando na absorção de nutrientes tanto por aumentar a área de contato, como por interceptar alguns nutrientes que são pouco móveis no solo como fósforo e micronutrientes (RIGRANTEC, 2019).

Outro produto utilizado é o Biogain® Fúlvico, um condicionador de solo e fertilizante orgânico formado por um fulvato de potássio, obtido a partir de ácido fúlvico extraído da Leonardita. Responsável por elevar a CTC, a capacidade de retenção de água e a atividade biológica do solo, mobilizando nutrientes retidos e reduzindo perdas por lixiviação (RIGRANTEC, 2019).

Os biofertilizantes compostos por ácido húmico e ácido fúlvico auxiliam as plantas em condições de estresse e promovem o desenvolvimento radicular, evitando que a grama sofra atrasos no desenvolvimento. Além disso, esses produtos contribuem para a absorção de nutrientes e água, e na resistência do tapete devido a esse crescimento do sistema radicular.

2.3.3 Aminoácidos na agricultura

Os aminoácidos são utilizados na agricultura como componentes que auxiliam a ativação do metabolismo fisiológico da planta, além de serem necessários na síntese de proteínas na planta (ALVES, 2017). Os aminoácidos comumente utilizados são a prolina e a glicina betaína. A prolina quando em contato a uma alta concentração de íons no vacúolo, é responsável por promover o equilíbrio intracelular osmótico, podendo também proteger enzimas citossólicas quando a concentração de íons

aumenta, manter o potencial hídrico e a turgescência das células (DOMINGUES; MARINO, 2019).

De acordo com Suzuki et al. (2014), a substância glicina betaína, por possuir uma molécula anfótera, bipolar, tem a capacidade de reagir com macromoléculas hidrofílicas e hidrofóbicas, enzimas e complexos proteicos, além de ser solúvel em água. Esse aminoácido é responsável por estabilizar as estruturas e atividades de enzimas e complexos proteicos, mantendo a integridade de membranas sob os efeitos da salinidade.

Em resposta ao estresse causado pelo ambiente de cultivo, alguns organismos adotam uma estratégia de acúmulo de compostos solúveis em água, de baixo peso molecular, para se protegerem de situações que possam ocasionar perdas. Os compostos mais comuns são as betaínas, açúcares, polióis, poliaminas e aminoácidos (prolina). Esse acúmulo é favorecido pelo déficit hídrico ou estresse salino, ocasionando uma tolerância a esse tipo de estresse sem interferir no funcionamento celular (GIRI, 2011).

Segundo Pagter, Bragato e Brix (2005), o acúmulo da prolina e a glicina betaína nas folhas diminuem o potencial hídrico foliar (Ψ_w), o que aumenta a capacidade de absorção de água das plantas e atenua os efeitos do déficit hídrico no conteúdo relativo de água da planta. A aplicação de glicina betaína melhora a taxa de crescimento e sobrevivência das plantas sob uma variedade de estresses.

Pertencente à linha de fertilizantes da Ajinomoto, o Amino Proline® é composto por uma mistura de aminoácidos gerados em processos fermentativos, desenvolvido especialmente para auxiliar as culturas no combate a condições de estresse. Em sua composição contém prolina, glicina betaína e ácido glutâmico, e é recomendado para proteger as plantas em condições adversas de déficit hídrico, salinidade do solo e temperaturas extremas, pois atua como osmorregulador (AJINOMOTO, 2019). Dessa forma, a grama acrescida desse biofertilizante, quando submetida ao estresse hídrico, tende a manter seu desenvolvimento devido à ação protetora do produto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido na cidade de Botucatu, SP (22°51' de latitude sul e 48°26' de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 810 m), no período de Março a Outubro de 2020. O experimento foi instalado em casa de vegetação com dimensões de 7,0 m x 30,0 m de estrutura metálica, coberta com filme plástico de PEBD de 100 µm, localizada no departamento de Ciência do Solo.

3.2 Caracterização do clima

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico, Cwa, ou seja, subtropical úmido com estiagem no período de inverno e com chuvas de novembro a abril, sendo a precipitação média anual de 1.433 mm. Foram coletados diariamente os dados de temperatura máxima e mínima no interior da casa de vegetação (Figura 1). A radiação solar foi coletada através da estação meteorológica da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP de Botucatu (Figura 2).

Figura 1 - Dados de temperaturas máximas e mínimas coletadas de Março a Outubro - Botucatu, SP, 2020

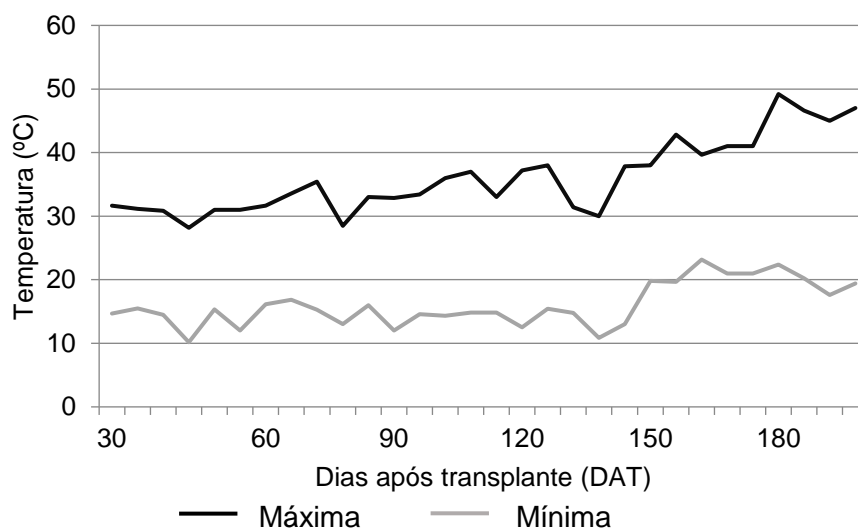
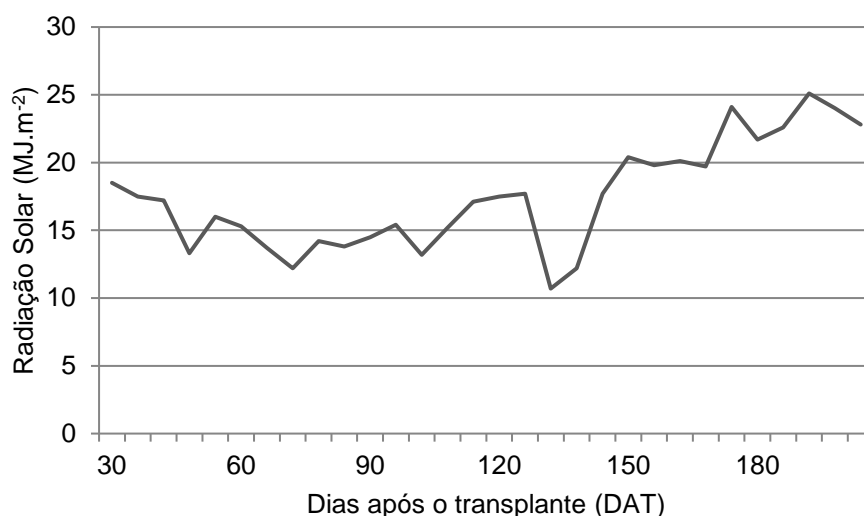


Figura 2 - Dados de Radiação Solar de Março a Outubro - Botucatu, SP, 2020

3.3 Caracterização do solo

O experimento foi composto por 112 vasos contendo grama Esmeralda (*Zoysia japonica*). As parcelas experimentais representadas pelos vasos possuíam dimensões 22 cm de diâmetro e 18 cm de altura.

O solo utilizado foi coletado na cidade de Botucatu e classificado como Latossolo Vermelho com textura argilosa. Foi utilizado na extremidade inferior do vaso uma tela para auxiliar na drenagem e evitar perda de solo. Uma amostra do solo foi encaminhada para determinação das características químicas (Tabela 1), de acordo com a Raij et al. (2001) e granulométricas, de acordo com Embrapa (2011) (Tabela 2). O solo foi peneirado e corrigido com base na análise química foi realizada a aplicação de calcário dolomítico para a elevação do V(%) para 70%, de acordo com o recomendado por Godoy et al. (2012) para implantação de gramados. Ainda foi realizada adubação com MAP na dosagem de 4 g.vaso⁻¹ e cloreto de potássio 1,4 g.vaso⁻¹.

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo utilizado no experimento - Botucatu, SP, 2020

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V%
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmolc dm ⁻³				
3,9	16	4	14	70	0,1	8	1	80	12

Tabela 2 - Resultado da análise física do solo utilizado no experimento - Botucatu, SP, 2020

Areia	Silte	Argila	Textura
	g Kg ⁻¹		
552	80	368	Argilosa

3.4 Produção de mudas

Foi coletado material vegetal de um gramado composto por grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) para replicação e produção das mudas. As mudas foram produzidas em bandejas plásticas com 50 células em formato quadrado de 136 ml, com substrato Carolina Soil, composto por: Turfa, Perlita expandida, Vermiculita expandida e casca de arroz (Figura 3 A). Após 45 dias, as mudas foram transplantadas para os vasos contendo o solo corrigido (Figura 3 B).

Figura 3 - Muda tipo “plug” pronta para o plantio (A) e muda após o plantio nos vasos (B) - Botucatu, SP, 2020



3.5 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em parcelas subdivididas, sendo duas condições de déficits hídricos (50% e 80% da capacidade de campo) como parcela principal, e seis tratamentos compostos por fertilizantes com bioestimulantes e um controle, como subparcela.

Foram instalados oito repetições dos seguintes tratamentos: controle (sem fertilizante com ação bioestimulante), fertilizante com extrato de alga (BioGain[®]), fertilizante com ácido húmico (BioGain Húmico[®]), fertilizante com ácido fúlvico (BioGain Fúlvico[®]), fertilizante com extrato de alga + aminoácido (BioGain Plus[®]), mistura de fertilizante com extrato de alga + fertilizante com ácido húmico e fertilizante com aminoácido (Amino Proline[®]).

As doses utilizadas foram de acordo com a recomendação do fabricante (Tabela 3). Para a testemunha, foi aplicado água na dose de 100 ml por vaso.

Tabela 3 - Tratamentos e doses utilizadas no experimento - Botucatu, SP, 2020

Tratamentos	Composição	Dose
Testemunha	-	-
BioGain - Extrato de Alga	9,5% K ₂ O; 25 a 30% COT (Ascophyllum nodosum)	600 g ha ⁻¹
BioGain Húmico - Ácido Húmico	7,5 a 12% K ₂ O; 30% COT (Leonardita)	4 kg ha ⁻¹
BioGain Fúlvico - Ácido Fúlvico	9,5 a 12,5% K ₂ O; 30% COT (Leonardita)	3 kg ha ⁻¹
BioGain Plus - Extrato de Alga + Aminoácido	4,0% K ₂ O; 6% COT	0,5 L ha ⁻¹
Mistura - Extrato de Alga + Ácido Húmico	BioGain + BioGain Húmico	4,6 kg ha ⁻¹
Amino Proline - Aminoácido	4% N; 1,5% S, 8% COT	0,5 L ha ⁻¹

As aplicações dos produtos foram realizadas via foliar, através do pulverizador de compressão prévia (Figura 4), e foram parceladas a cada 45 dias ao longo do ciclo de cultivo. Foi aplicado um volume de 100 mL por vaso da solução de cada tratamento. Após a avaliação dos 155 DAT, as doses dos produtos foram aplicadas em dobro, para estimular alguma resposta das plantas no final do ciclo de desenvolvimento.

Figura 4 - Aplicação dos produtos via pulverização foliar com pulverizador de compressão prévia - Botucatu, SP, 2020



Foto: Maria Clara L. M.
Begueline - 2020

3.6 Manejo de irrigação e monitoramento do teor de água no solo

Para a determinação do manejo de água no solo, foram utilizados alguns vasos com a mesma preparação do solo para o experimento. Esses vasos foram irrigados até atingir o ponto de saturação, que foi determinado quando a água começou a ser perdida por escoamento. Esses vasos foram cobertos com plástico para evitar a perda de água por evaporação, havendo perda apenas por escoamento. Foi realizada a pesagem diária até o peso dos vasos estabilizarem para determinar a capacidade de campo (adaptado de BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

Os vasos do experimento foram preenchidos com a mesma quantidade de solo. A partir do conhecimento do volume de água do solo (capacidade de campo), foram determinados os níveis de umidade de 50% e 80%.

Assim, após a determinação da capacidade de campo para a reposição da água evapotranspirada (ETc), utilizou-se uma balança digital onde eram pesados dez vasos todos os dias em cada parcela e calcula-se a diferença da média do peso do dia com o peso do vaso em capacidade de campo, obtinha-se a quantidade de água necessária.

Dessa forma, os vasos eram pesados diariamente e com essa diferença de pesagem, sempre retornando ao peso inicial, foi determinado o tempo de irrigação. A irrigação foi feita até o solo atingir 80% e 50% da capacidade de campo para cada parcela com a seguinte fórmula:

$$T_i = \frac{PN_x - PM}{Q_g} \quad (1)$$

Onde:

T_i: Tempo de irrigação em minutos;

PN_x: Peso ideal em kg do vaso para o nível de irrigação x (Kg);

PM: Peso Médio para o nível x (Kg);

Q_g: Vazão do gotejador (mL.min⁻¹).

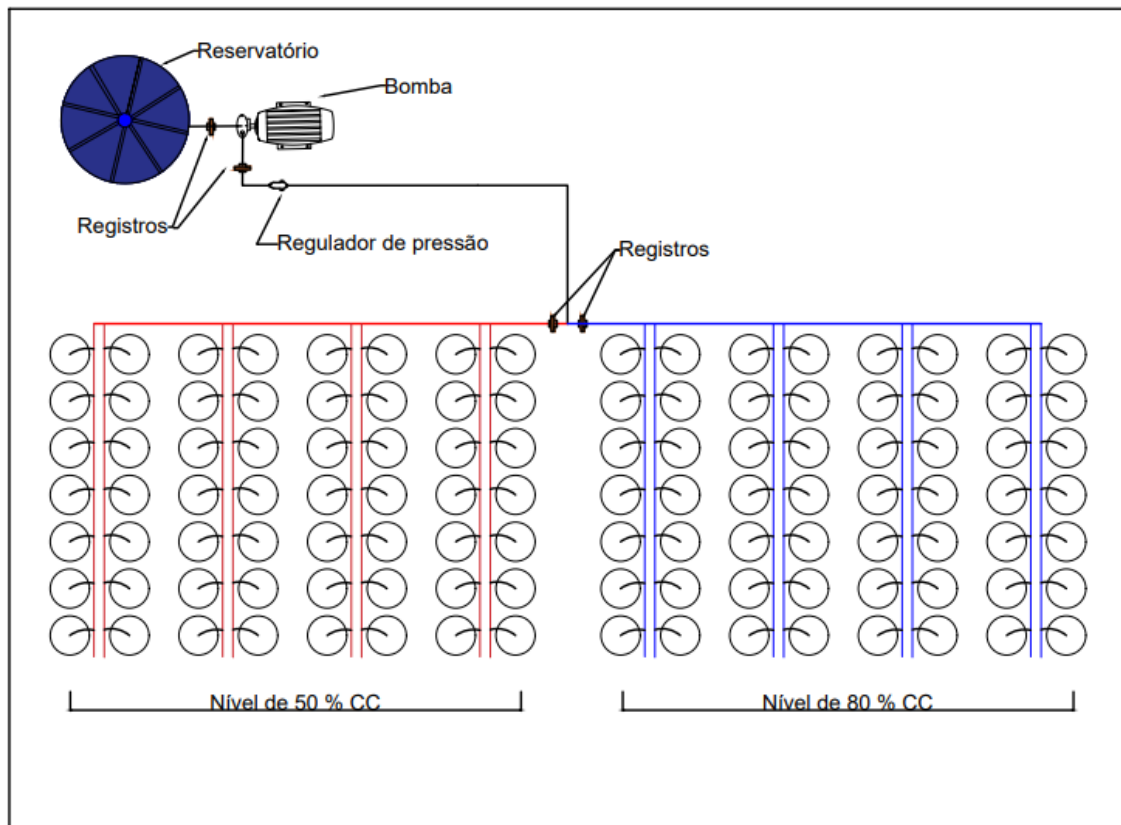
3.7 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi por gotejamento, pois com esse tipo de sistema foi possível fazer um controle mais preciso da quantidade de água irrigada em cada vaso (Figura 5). O sistema foi abastecido por reservatório de

água de 500 L e com um conjunto motobomba elétrico de 0,5 cv. Além disso, foi instalado um filtro de discos 120 mesh no sistema, para evitar o entupimento dos bicos.

Esse sistema foi constituído por linha principal em PVC, registros, linhas de derivação com mangueiras de polietileno do tipo “cega”, com diâmetro de 16 mm e microtubos, posicionadas no centro do vaso, para distribuição da água. Utilizaram-se gotejadores de botão autocompensado, com vazão de 2,0 L h⁻¹ para o bloco com déficit de 50% da capacidade de campo e botão com vazão de 4,0 L h⁻¹ para o bloco com 80% da capacidade de campo, com pressão de serviço de 10 mca.

Figura 5 - Croqui do experimento com sistema de irrigação por gotejamento - Botucatu, SP, 2020



Após a instalação do sistema de irrigação realizou-se o teste de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para verificação da uniformidade de distribuição de água no sistema (Figura 6). Em seguida, calculou-se o CUC e constatou um coeficiente de distribuição de 95%. Segundo Mantovani (2001), a classificação da uniformidade de distribuição de água é excelente.

$$CUC = [\sum N X_i - \bar{X}] / L N * \bar{X} \quad (2)$$

Em que:

N: número de coletores;

X_i : lâmina de água aplicada no i-ésimo ponto sobre a superfície do solo;

\bar{X} : lâmina média aplicada.

Figura 6 - Teste de uniformidade de distribuição de água por gotejamento - Botucatu, SP, 2020



3.8 Características avaliadas

3.8.1 Massa da matéria seca das aparas

As avaliações foram realizadas mensalmente, onde a grama dos vasos foi aparada, utilizando tesoura elétrica Makita, mantendo uma altura mínima de 25 mm (Figura 7). Essas aparas foram coletadas, armazenadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, na temperatura de 65°C. Após secagem, foi pesada em balança de precisão para determinação da massa da matéria seca das aparas.

Figura 7 - Corte das aparas do vaso com tesoura elétrica Makita - Botucatu, SP, 2020



3.8.2 Teor de nutrientes extraídos pela aparas

As aparas secas foram moídas em moinho elétrico e em seguida enviadas para determinação do teor de nutrientes de acordo com metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Foi feita a quantificação dos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco.

3.8.3 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foi avaliado mensalmente, com o auxílio do aparelho portátil GreenSeeker Handheld Crop Sensor (Trimble®), que determina a reflectância das folhas (Figura 8). As leituras foram realizadas a uma altura de 0,6 m da superfície gramada, sendo feitas três medidas em cada vaso.

Figura 8 - Leitura do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) com aparelho portátil GreenSeeker Handheld Crop Sensor (Trimble®) - Botucatu, SP, 2020



3.8.4 Altura do gramado

A altura da grama no experimento foi avaliada mensalmente, antes de cada corte, com auxílio de régua, onde foi possível estimar o crescimento das folhas desde o corte anterior.

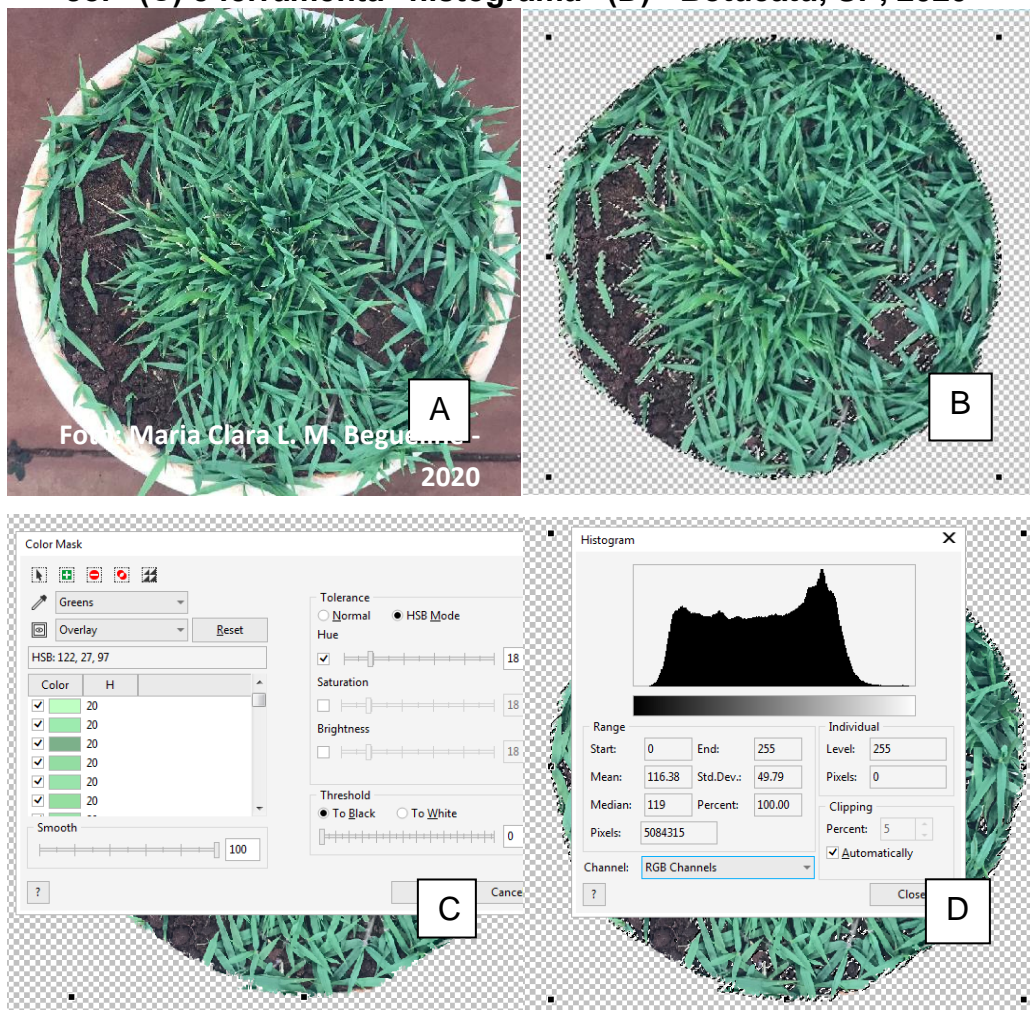
3.8.5 Taxa de cobertura verde (TCV)

A taxa de cobertura verde pela grama foi avaliada mensalmente através da análise de imagem digital, modificada de Richardson, Karcher e Purcell (2001). As imagens digitais foram obtidas a partir de um smartphone Iphone 7[®], com câmera de 12 MP, alojada em uma extremidade de uma caixa fechada com iluminação controlada denominada “light box”, semelhante a produzida por Peterson, Arnold e Bremer (2011), assim, evitando qualquer tipo de sombra que comprometa a imagem (Figura 9 A).

As imagens foram descarregadas em um computador e determinada a TCV por meio do software Corel Photo Paint[®]. Esse software permite que as imagens sejam recortadas, e assim, removido o fundo para contabilizar somente a área verde (Figura 9 B).

Após o recorte das imagens foi contabilizada a quantidade de pixels totais, a partir da ferramenta histograma presente no software. Para a determinação de somente os pontos de cor verde (pixel), foi utilizada a ferramenta “máscara de cor” que permite a inserção de uma camada de cor que seleciona apenas pontos com a cor verde, a partir de uma seleção previamente realizada onde foram coletados amostras 20 pontos com tonalidades diferentes de verde (Figura 9 C).

Figura 9 - Análise da imagem digital para determinação da taxa de cobertura verde, imagem sem corte (A), imagem cortada (B), ferramenta “máscara de cor” (C) e ferramenta “histograma” (D) - Botucatu, SP, 2020



Essa máscara utiliza de uma determinada cor ou níveis de matiz, saturação e brilho que compõem uma imagem. Esse programa utiliza de um modelo de cor para essa ferramenta de RGB (“red, green e blue”), que são as quantidades de luz vermelha, verde e azul transmitidas pela imagem e são convertidas em valores (GODOY, 2005).

$$TCV = \frac{N_v}{N_t} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

TCV: Taxa de cobertura verde;

N_v: número de pixels verdes;

N_t: número de pixels totais.

3.8.6 Medida Indireta de Clorofila

A medida indireta de clorofila (MIC) foi determinada pelo medidor portátil “Konica Chlorophyll Meter”, modelo SPAD-502 (“Soil and Plant Analysis Development”) (Figura 10). Esse aparelho possui LEDs que ficam inseridos na ponta do emissor, e quando o sensor é fechado, essa luz é emitida em sequência na faixa de 600 a 700 nm (alta absorbância de clorofila) e 860 a 1060 nm (baixa absorbância de clorofila). Os valores das medidas são mostrados em unidade SPAD que varia de 0 a 99 SPAD.

Essa medida foi realizada mensalmente, no período da manhã para evitar as horas de maior incidência de luz. A folha da grama era inserida no aparelho de forma que não houvesse sobreposição, e era feita uma medida por folha, sempre posicionando de forma que a leitura fosse feita no limbo foliar. Essa medida foi realizada em quatro folhas por vaso.

Figura 10 - Medição da intensidade da coloração verde com medidor SPAD - Botucatu, SP, 2020



3.8.7 Volume e Massa seca da raiz + rizoma + estolão

Aos 180 DAT, para amostragem do sistema radicular (raiz + rizoma + estolão) foi utilizada a metodologia do trado (Figura 11 A), segundo Vasconcelos et al. (2003). Foi utilizado um trado de 0,07 m de diâmetro, que foi inserido no centro do vaso até a extremidade inferior para coletar as raízes, sendo feita uma amostra por vaso. Em seguida, as raízes foram lavadas para retirada do solo das amostras, em uma peneira de 2 mm, e foi retirada e descartada a parte aérea. O volume radicular foi determinado pelo método da proveta (Figura 11 B). O método consistiu no deslocamento de um

volume conhecido de água, em uma proveta, pelo objeto que se quer conhecer o volume.

$$V_{\text{rad}} = V_f - V_i \quad (4)$$

Onde:

V_{rad} : volume radicular (mm);

V_f : volume final (mm);

V_i : volume inicial (mm).

Esse material foi armazenado em sacos de papel, e levado para secagem em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, na temperatura de 65°C e após seco foi pesado em balança de precisão.

Figura 11 - Coleta de amostras por trado tipo sonda (A) e medição do volume pelo método da proveta (B) – Botucatu, SP, 2020

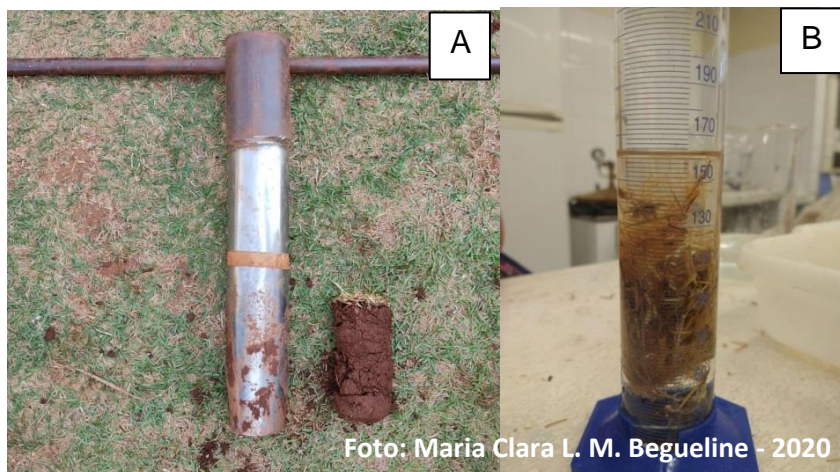


Foto: Maria Clara L. M. Begueline - 2020

3.8.8 Tratamento estatístico

Os resultados do experimento com a grama Esmeralda foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F a 95% de confiança e teste de Tukey a 95% de confiança, para comparação de médias, com auxílio do software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO, 2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Taxa de Cobertura Verde (TCV)

Ao longo do ciclo de cultivo, não houve diferenças estatísticas para a variável taxa de cobertura verde (TCV), quando a comparação foram os déficits hídricos (Tabela 4). Isso prova que a grama Esmeralda se desenvolveu e realizou o fechamento do vaso mesmo quando submetida a uma quantidade de água menor. Silva (2004) comparou condições de déficit hídrico de 40, 60 e 80% da evapotranspiração em grama Esmeralda em solo arenoso e obteve resultado semelhante, onde os tratamentos não diferiram estatisticamente.

Esse ajuste de desenvolvimento das parcelas submetidas a um déficit maior (50%), se dá devido à existência de um mecanismo de autoajuste fisiológico e bioquímico, presente na grama Esmeralda, que reduz os danos causados pelo estresse hídrico (SILVA, 2004). Segundo Huang (1998), esses resultados demonstraram que a espécie Zoysia possui um desenvolvimento radicular extenso na superfície do solo, e assim, utiliza essa água de forma eficaz.

Aos 30 e 60 dias após transplante, a taxa de cobertura verde da grama Esmeralda apresentou diferença significativa para os tratamentos com os fertilizantes com bioestimulantes (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para taxa de cobertura verde (%) em grama Esmeralda aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT– Botucatu, SP, 2020

Causas da Variação	G.L.	Taxa de Cobertura Verde (TCV)					
		30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT
		Quadrado Médio (significância)					
Irrigação (I)	1	149,87 ns	23,72 ns	33,05 ns	5,75 ns	84,63 ns	35,43 ns
Resíduo (a)	14	38,14	46,15	115,12	121,73	62,21	53,80
Fertilizantes (F)	6	232,77**	269,87**	164 ns	58,38 ns	10,32 ns	9,63 ns
I x F	6	46,83*	69,17 ns	88,56 ns	62,49 ns	13,01 ns	11,31 ns
Resíduo (b)	84	20,51	66,58	117,73	104,57	40,80	34,32
CV % (Parcelas)		19,92	13,68	14,38	12,92	8,40	7,63
CV % (Subparcelas)		14,61	16,43	14,54	11,98	6,80	6,10
Média Geral		31,00	49,65	74,64	85,37	93,88	96,12

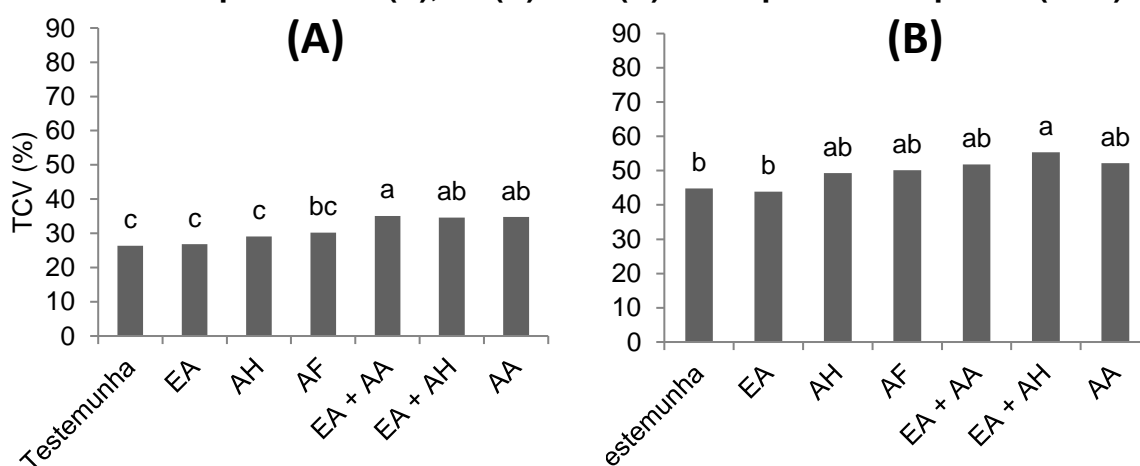
a. ns; *, **, *** - não significativo; significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F.

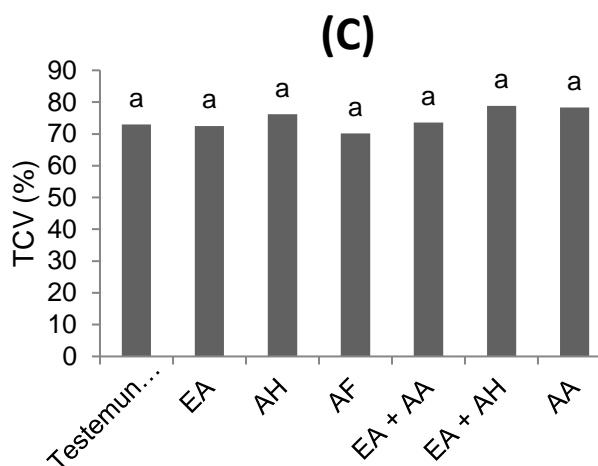
Aos 30 DAT, os produtos que continham extrato de alga + aminoácido (EA + AA), aminoácido (AA) e extrato de alga + ácido húmico (EA + AH) apresentaram as maiores médias em cobertura verde dos vasos de 35,1%, 34,76% e 34,64% respectivamente (Figura 12 A). Enquanto o produto com ácido fúlvico (AF) apresentou média 30,18%, a testemunha e os produtos com extrato de alga (EA) e ácido húmico (AH) ficaram com as menores médias 26,37%, 26,84% e 29,10% respectivamente.

O ácido húmico e o extrato de algas quando aplicados de forma isolada não apresentaram resultados significativos. Aos 60 DAT, o produto EA + AH foi o que apresentou maior média de 55,39% de TCV (Figura 12 B). Esse produto diferiu estatisticamente apenas da testemunha e do produto com extrato de alga, que apresentaram médias de 44,83% e 43,89% respectivamente.

O EA + AA, apresentou maior média de cobertura verde do vaso (Figura 12). Esse produto combina extrato de algas e aminoácidos, e os componentes possuem efeitos positivos devido aos mecanismos de estimulação que tornam a planta capaz de aumentar a eficiência na absorção e transporte de nutrientes, além de aumentar a resistência a estresses. Isso ocorre devido ao aumento na CTC (capacidade de troca catiônica) do solo, o que reduz a perda de nutrientes por lixiviação (PASCALE; ROUPHAEL; COLLA, 2017).

Figura 12 - Taxa de cobertura verde de grama Esmeralda em função dos biofertilizantes para os 30 (A), 60 (B) e 90 (C) dias após o transplante (DAT)





Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O extrato de alga presente nas duas misturas (EA + AA e EA + AH), quando aplicado como biofertilizante realiza uma interação das moléculas orgânicas presentes no composto com células receptoras da membrana desencadeiam uma via de transdução de sinal via modulação dos níveis intracelulares dos hormônios. Com isso, promovem a produção de auxinas, e conseqüentemente o alongamento celular e crescimento vegetal (BATTACHARYYA et al., 2015).

Os aminoácidos presentes nesse produto (EA + AA) auxiliam nas trocas gasosas do solo, além de promoverem a atividade microbiana, uma vez que os microrganismos podem usar aminoácidos e peptídeos como fonte de carbono e nitrogênio. Auxiliam na nutrição das plantas, formando complexos e quelatos entre peptídeos, aminoácidos e micronutrientes, contribuindo assim para a disponibilidade de nutrientes para o sistema radicular (FARRELL et al., 2014).

O fertilizante contendo aminoácidos (AA), também apresentou maior média de taxa de cobertura verde similar a mistura do ácido húmico + extrato de alga (AH + EA). Esse biofertilizante é composto pelo aminoácido prolina, glicina betaína e ácido glutâmico. Os aminoácidos prolina e a glicina betaína são moléculas osmoprotetoras, sendo assim, responsáveis por auxiliar o ajuste osmótico das células da planta, tornando-a resistente ao estresse hídrico (BRAY et al., 2001). Além disso, como citado anteriormente, os aminoácidos em geral auxiliam na nutrição das plantas e seu desenvolvimento.

O ácido húmico quando combinado ao extrato de algas obteve a maior média. Esse composto é responsável por aumentar a quantidade de moléculas que são

capazes de reduzir os danos às plantas submetidas ao estresse hídrico (OLIVARES et al., 2015). Segundo Haghghi e Silva (2013), o ácido húmico aumenta a produção da fotossíntese líquida, principalmente em estágios vegetativos, que no caso da grama realiza o fechamento do vaso.

Tabela 5 - Teste de Tukey para o desdobramento dos produtos dentro dos déficits hídricos para Taxa de Cobertura Verde aos 30 DAT– Botucatu, SP, 2020

Tratamentos	Taxa de Cobertura Verde (%)	
	30 DAT	
	Irrigação 50%	Irrigação 80%
Testemunha	23,15 Bb	29,59 Ab
EA	23,78 Bb	29,91 Ab
AH	29,10 Aab	29,10 Ab
AF	31,23 Aa	29,14 Ab
EA + AA	32,71 Ba	37,49 Aa
EA + AH	34,77 Aa	34,52 Aab
AA	34,17 Aa	35,36 Aab

a. em cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. b. em cada linha, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os fertilizantes com bioestimulantes apresentaram resultados significativos com o déficit de 50%, com exceção do extrato de alga que não se diferiu estatisticamente da testemunha. Este resultado comprova a capacidade dos biofertilizantes em auxiliarem o desenvolvimento das plantas sob condições de déficit hídrico. Quando a disponibilidade de água foi maior (80%), o EA + AA foi o único produto que diferiu da testemunha.

Com relação à interação dos produtos com os déficits hídricos, os tratamentos biofertilizantes EA + AH, AA, AF e AH submetidos ao déficit de 50% apresentaram resultados semelhantes aos mesmos tratamentos com o déficit de 80%. Isso mostra que os produtos mantiveram o crescimento das plantas mesmo em condições de estresse maiores. Segundo Long (2006), esse resultado ocorre devido à ação dos fertilizantes com bioestimulantes demonstrarem resultados em condições de déficit, pois plantas cultivadas em condições favoráveis não necessitam desses produtos, sendo assim, seus efeitos são menos significativos.

Esse desenvolvimento inicial é um fator importante na implantação de gramados, segundo Paiva (2001) a infestação por plantas daninhas compromete o desenvolvimento inicial e o fechamento dos tapetes. A demora no fechamento auxilia no desenvolvimento de plantas invasoras, o que acarreta em gastos maiores para o controle.

4.2 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)

Para o índice de vegetação por diferença normalizada, quando comparadas as condições de déficit hídrico de 50% e 80%, a grama Esmeralda apresentou diferença significativa aos 90, 150 e 180 DAT (Tabela 6). Para os biofertilizantes não houve diferenças estatísticas.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para índice de vegetação por diferença normalizada em grama Esmeralda aos 90, 120, 150 e 180 DAT – Botucatu, SP, 2020

Causas da Variação	G.L.	Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)			
		90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT
		Quadrado Médio (significância)			
Irrigação (I)	1	0,13**	0,004 ns	0,033**	0,006*
Resíduo (a)	14	0,006	0,007	0,0033	0,001
Fertilizantes (F)	6	0,007 ns	0,004 ns	0,0007 ns	0,002 ns
I x F	6	0,005 ns	0,007 ns	0,002 ns	0,001 ns
Resíduo (b)	84	0,005	0,006	0,003	0,002
CV % (Parcelas)		20,97	17,22	11,69	7,13
CV % (Subparcelas)		18,04	15,76	11,11	9,10
Média Geral		0,37	0,47	0,49	0,48

a. ns; *, **, *** - não significativo; significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F.

Aos 90 DAT, as plantas que foram submetidas a um déficit hídrico menor, 80% da capacidade de campo, apresentaram maiores médias (0,41). Isso ocorre porque, no início do seu desenvolvimento, a grama não estava com o crescimento totalmente estabelecido e se encontrava em desenvolvimento. Com isso uma maior disponibilidade hídrica (80% da CC) fez com que a grama se desenvolvesse mais (Figura 13 A).

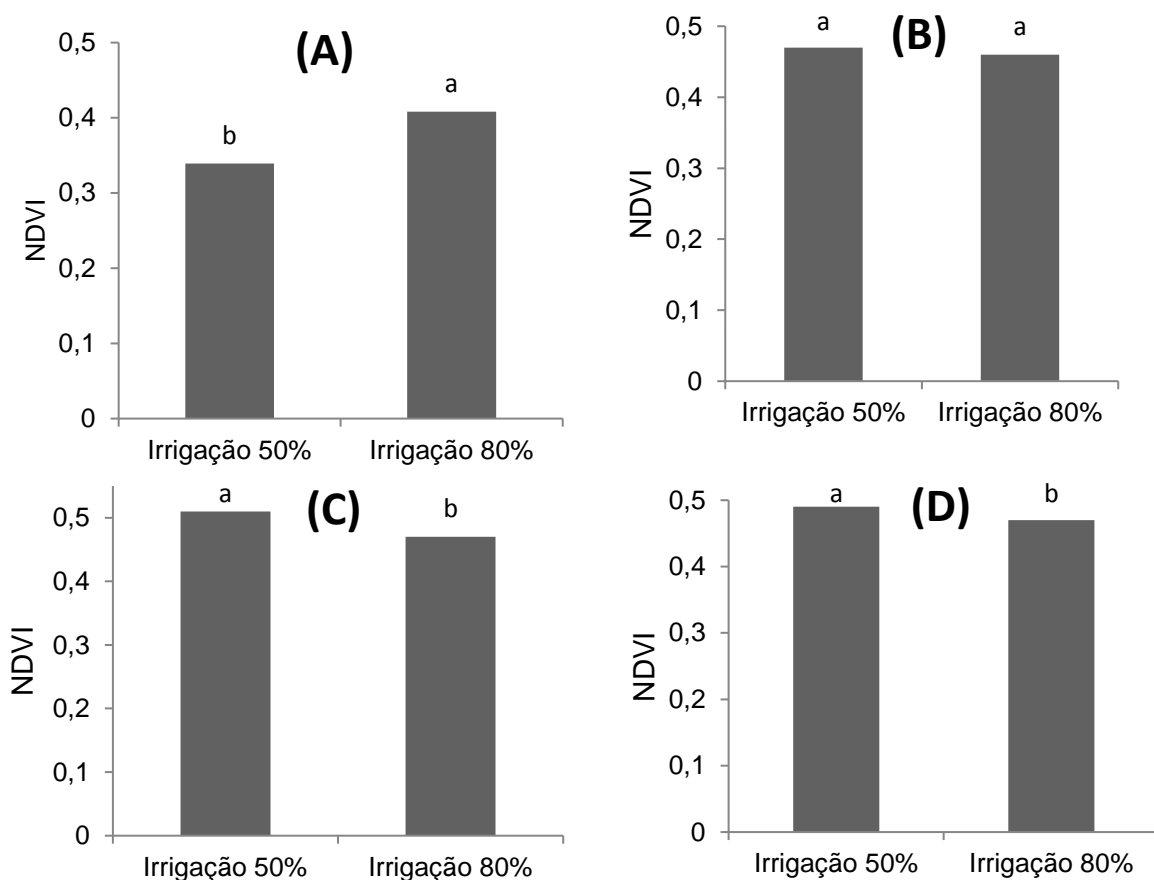
Com o passar do tempo, aos 120 DAT, houve um equilíbrio entre os dois déficits adotados, sendo que os dois manejos adotados não diferiram estatisticamente (Figura 13 B).

Aos 150 e 180 DAT, as plantas submetidas ao maior déficit hídrico, apresentaram médias maiores (Figura 13 C e D). Dessa forma, aos 150 e 180 DAT a irrigação adotada de 50% apresentou maiores resultados para NDVI quando comparada ao déficit de 80%. Após o estabelecimento do gramado, uma menor disponibilidade hídrica, ocasionou um estresse no gramado, e com isso a grama tende a crescer e se desenvolver para produzir moléculas de clorofila, aumentando sua biomassa vegetal.

O índice de vegetação por diferença normalizada mede o reflexo da luz pela grama no espectro vermelho, verde e azul. Segundo Latorre (2015) esse método possui uma correlação forte com a Taxa de cobertura verde, pois se a cobertura de grama no solo for maior, maior a reflectância medida pelo aparelho. Entretanto, a taxa de cobertura está relacionada ao fechamento do vaso, já o NDVI mede um valor de reflectância da luz vermelha e infravermelha.

O desenvolvimento vegetativo da planta está associado à quantidade de clorofilas presentes na folha, maiores índices de clorofila proporcionam maiores taxas fotossintéticas e, conseqüentemente, maior acúmulo de matéria seca na planta. A vegetação, quanto mais saudável, mais absorve a luz solar na região do vermelho, no processo de trabalho da clorofila nos tecidos vegetais. Assim, a planta reflete essa luz no espectro vermelho que é captada pelo sensor.

Figura 13 - Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em grama Esmeralda em função dos déficits hídricos para os 90 (A), 120 (B), 150 (C) e 180 (D) DAT – Botucatu, SP, 2020



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Outro fator que pode estar associado ao aumento nos índices de NDVI no final do ciclo da cultura, é o aumento da temperatura. A partir do mês de Setembro, correspondente aos 150 DAT, houve um aumento da temperatura com médias que ultrapassam 40°C (Figura 1). Em períodos de temperaturas elevadas, a grama Esmeralda tende a aumentar seu crescimento e metabolismo (SANTIAGO, 2001).

Segundo Leinauer et al. (2014), ao comparar valores de NDVI para diferentes cultivares de grama, as Zoysias apresentaram valores semelhantes ao presente ensaio, com média de 0,53, e para gramas de estação quente no geral submetidas a uma irrigação reduzida os valores NDVI foram de 0,65.

4.3 Medida Indireta de clorofila (Índice SPAD)

Quando submetidas aos déficits hídricos de 50% e 80% da capacidade de campo, a grama Esmeralda apresentou diferença estatística aos 120, 150 e 180 DAT para o índice SPAD. Entretanto, quando os tratamentos foram os fertilizantes com bioestimulantes, a grama respondeu significativamente somente no início do experimento (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para índice SPAD em grama Esmeralda aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT– Botucatu, SP, 2020

Causas da Variação	G.L.	SPAD					
		30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT
		Quadrado Médio (significância)					
Irrigação (I)	1	8,07 ns	0,69 ns	24,42 ns	116,23**	249,30**	108,42**
Resíduo (a)	14	20,63	15,60	13,76	10,37	20,58	8,31
Fertilizante (F)	6	119,86**	16,36 ns	29,02 ns	29,32 ns	25,92 ns	2,79 ns
I x F	6	18,69 ns	17,01 ns	9,33 ns	10,64 ns	25,27 ns	4,75 ns
Resíduo (b)	84	34,09	14,62	23,59	14,21	15,92	7,98
CV % (Parcelas)		12,28	9,11	9,63	8,59	11,73	34,93
CV % (Subparcelas)		15,78	8,82	12,61	10,05	10,32	8,25
Média Geral		36,98	43,34	38,50	37,49	38,66	8,08

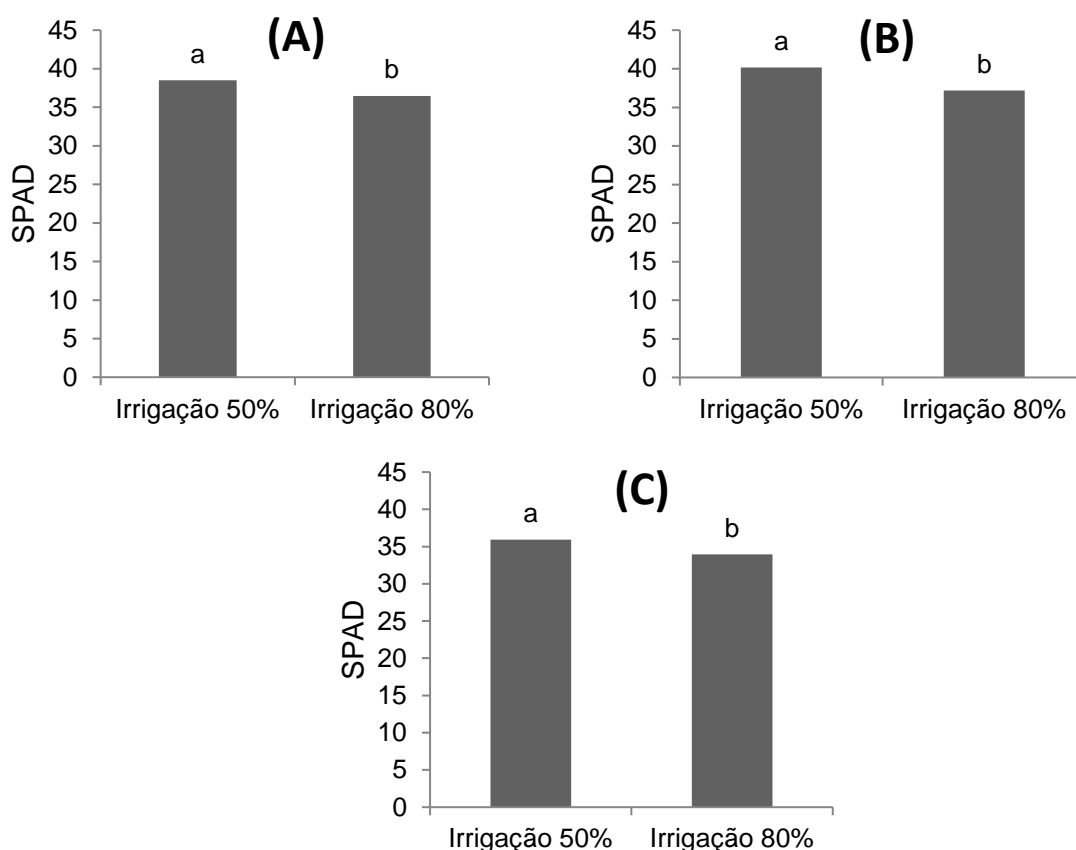
a. ns; *, **, *** - não significativo; significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F.

No início do desenvolvimento da grama Esmeralda (30, 60 e 90 DAT), quando comparados os déficits hídricos de 50% e 80% da capacidade de campo, as plantas não apresentaram diferenças estatísticas. Esse resultado pode estar relacionado ao desenvolvimento inicial não apresentar uma cobertura verde extensa, ficando entre 23 e 37% de cobertura verde (TCV), aos 30 DAT, e 43 a 54% de TCV, aos 60 DAT, fazendo com que a água disponível, mesmo sob déficit, fosse o suficiente para o

desenvolvimento da planta. Aos 90 DAT, os vasos atingiram uma TCV de 80%, chegando próximo a ocupação total do vaso. Aos 120 DAT com a ocupação maior que 80%, a planta passou a utilizar toda a água disponível.

Aos 120 e 150 DAT as gramas que foram submetidas ao déficit de 50% da capacidade de campo apresentaram as maiores médias com valor SPAD de 38,51 e 40,15 respectivamente (Figura 14 A e B). Esses valores estão relacionados ao teor de clorofila nas plantas, que quanto maior o valor SPAD, maior o teor de clorofilas presentes nas folhas (CARVALHO et al., 2003; SANTOS; CASTILHO, 2015; GAZOLA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2018).

Figura 14 - Índice SPAD em grama Esmeralda em função dos déficits hídricos aos 120 (A), 150 (B) e 180 (C) DAT– Botucatu, SP, 2020



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esse teor de clorofila é responsável por promover uma coloração verde mais escura nas folhas, e reflete indiretamente na nutrição do gramado (GODOY et al., 2012). Uma vez que conforme descrito anteriormente, elas são compostas principalmente de nitrogênio, e quanto maior sua concentração, maior o teor foliar no nutriente. Trabalhos como os de Santos e Castilho (2015) e Oliveira et al. (2018)

observaram excelentes relação entre N foliar e o índice de clorofila foliar em grama esmeralda.

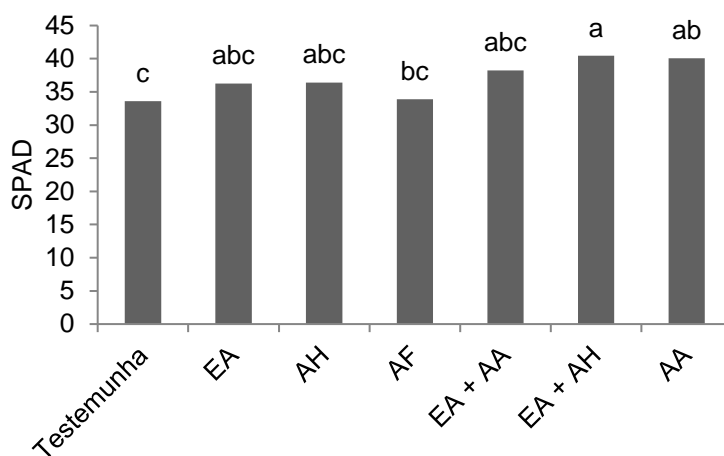
Segundo Carvalho et al. (2003) a redução da disponibilidade hídrica modifica processos fisiológicos da planta. Essa alteração promove algumas reações no organismo vegetal como fechamento dos estômatos, redução do crescimento e acúmulo de solutos e substâncias antioxidantes. Além disso, com a exposição da planta ao déficit hídrico, ocorre a expressão de genes que a auxiliam a sobreviver mesmo sob essas condições.

Os resultados do presente estudo variaram de 33,59 a 40,15 SPAD, estando esse intervalo um pouco diferente do observado por Mota et al. (2019) de 25,6 a 37 SPAD em experimento com grama esmeralda adubada com lodo de esgoto, e dos de Backes et al. (2010) também em grama esmeralda de 23 a 36 SPAD. Evidenciando assim, que o gramado se encontrada melhor nutrido e conseqüentemente mais verde que os da literatura citada. Ainda, os valores encontrados no presente estudo, estão em sua maioria dentro do recomendado para a cultura de 33,9 SPAD (GODOY et al., 2012).

Aos 180 DAT houve uma redução nos valores SPAD para ambos os déficits hídricos. Essa diminuição pode estar relacionada com os dados de temperatura da época, que foram superiores a 40°C (Figura 1). Além disso, nessa época também foram registrados os maiores índices de radiação solar.

Esse índice de radiação superior a 20 MJ.m⁻² associado a altas temperaturas, provocam a perda de coloração nas gramas do gênero Zoysia, isso ocorre devido essas condições provocarem a quebra de moléculas de clorofila (GOLOMBEK, 2006). Segundo Maestrin et al. (2009), 75% dos pigmentos verdes das plantas estão presentes nas clorofilas, sendo assim, responsáveis pela coloração verde.

Figura 15 - Índice SPAD em grama Esmeralda em função dos biofertilizantes para os 30 DAT– Botucatu, SP, 2020



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 30 DAT foi possível observar diferença significativa de índice SPAD para os produtos (Figura 15). O produto composto pela mistura extrato de alga + ácido húmico (EA + AH) apresentou a maior média de 40,45 SPAD. O produto composto por aminoácidos também apresentou média significativa de 40,06 SPAD. Os demais produtos não se diferenciaram da testemunha que apresentou a menor média de 33,59 SPAD. Possivelmente, esse resultado ocorreu devido às plantas terem um sistema radicular no início menos desenvolvido, pois aos 155 DAT a dose aplicada foi dobrada e mesmo assim, as plantas não obtiveram resultados positivos para índice SPAD.

Hunter (2004) avaliou as respostas da grama Perennial ryegrass tratadas com extrato de algas e obteve respostas positivas no incremento da coloração das plantas. Quando combinado o extrato de algas com fertilizante ou o extrato isolado, em uma escala de 0 a 5 sendo 0 verde claro e 5 verde escuro, obteve valores acima de 3 constatando uma coloração verde escura.

Em um sistema de produção de gramas, a tonalidade de verde não é um fator importante a ser considerado, diferentemente de um campo esportivo ou um jardim residencial, onde o fator visual é de suma importância. No entanto, como já citado anteriormente, a cor verde possui relação direta com a concentração de clorofilas, sendo que esse teor está diretamente relacionado com a taxa fotossintética, logo uma maior produção de carboidratos e desenvolvimento de raízes está diretamente relacionada (CHRISTIANS, 1998). Sendo assim, a concentração de clorofila na planta,

influencia diretamente no desenvolvimento da cultura, e no caso da grama, no fechamento do tapete.

4.4 Altura do gramado

Quando avaliado a altura da grama Esmeralda, aos 30 DAT houve diferença estatística entre os biofertilizantes utilizados. Em relação às condições de déficit hídrico, os tratamentos diferiram apenas aos 180 DAT (Tabela 8).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para altura em grama Esmeralda aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT– Botucatu, SP, 2020

Causas da Variação	G.L.	Altura (cm)					
		30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT
		Quadrado Médio (significância)					
Irrigação (I)	1	0,46 ns	0,92 ns	0,77 ns	3,41 ns	0,58 ns	1,98**
Resíduo (a)	14	0,30	0,39	0,43	0,74	0,20	0,18
Fertilizantes (F)	6	0,81**	0,33 ns	0,81 ns	0,46 ns	0,39 ns	0,32 ns
I x F	6	0,37 ns	0,42 ns	0,75 ns	0,64 ns	0,08 ns	0,06 ns
Resíduo (b)	84	0,24	0,40	0,45	0,34	0,25	0,20
CV % (Parcelas)		17,89	15,14	14,01	21,10	14,24	10,79
CV % (Subparcelas)		16,01	15,26	14,38	14,40	15,73	11,36
Média Geral		3,08	4,16	4,70	4,09	3,20	3,95

a. ns; *, **, *** - não significativo; significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F.

O fertilizante, composto por aminoácidos, apresentou o maior crescimento com média de 3,52 cm, e foi o único produto que diferiu da testemunha. Os demais produtos não demonstraram diferenças de altura quando comparados à testemunha (Figura 16). Sendo assim, o EA + AA e a mistura de extrato de alga + ácido húmico além de promover o desenvolvimento inicial da grama com uma maior taxa de cobertura verde, se mantiveram com alturas intermediárias entre a testemunha e o AA.

O fertilizante com aminoácidos, além de possuir aminoácidos, contém em sua formulação 4% de nitrogênio, sendo esse elemento responsável por folhas verdes e viçosas (VILLAS BÔAS; GODOY, 2006). Portanto, esse aumento no crescimento das folhas pode ter sido induzido pelo nutriente.

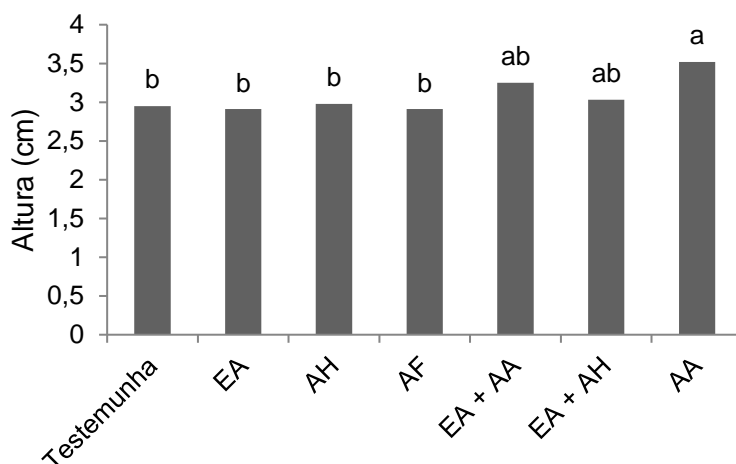
Os produtos com fonte única de extrato de algas, ácido húmico e ácido fúlvico não apresentaram incrementos na altura foliar das plantas, mantendo médias de altura de 2,91, 2,98 e 2,91 cm respectivamente, similares a testemunha com média de 2,95

cm. Entretanto, esses produtos apresentaram médias de TCV similares a testemunha, não demonstrando incremento no fechamento dos vasos.

Merwad (2017) comparou a espécie de capim-sudão tratada com extrato de Moringa e submetidas a tratamentos com ácido húmico e ácido fúlvico obtiveram um crescimento de 17,5% e 14,4%, quando comparados a testemunha que obteve um crescimento de 11,5%.

Faria (2018) em um trabalho realizado com a cultura do arroz submetida a aplicações de biofertilizantes a base de ácido húmico e biofertilizantes a base de extrato de algas, as plantas não apresentaram diferenças significativas para altura foliar em ambos os tratamentos.

Figura 16 - Altura de plantas (cm) em grama Esmeralda em função dos biofertilizantes para os 30 DAT– Botucatu, SP, 2020

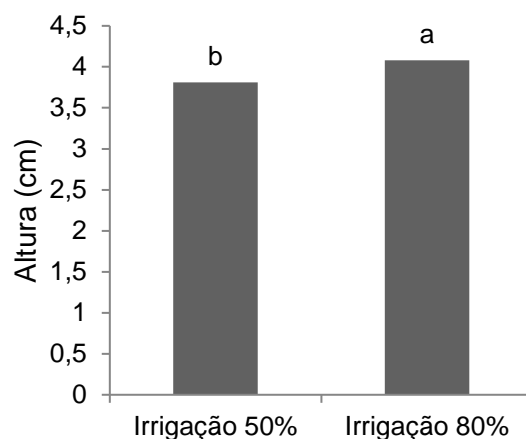


Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a irrigação, houve diferenças nos tratamentos apenas aos 180 DAT (Figura 17). Com déficit hídrico de 80% apresentou a maior média de 4,08 cm, comparado ao de 50% com 3,81 cm, evidenciando que o aumento da dose de água implica em acréscimo na altura da planta. Sendo assim, com 80% ocasionaria uma manutenção maior do gramado, e conseqüentemente, aumento dos custos de manutenção.

Oliveira et al. (2017) encontrou resultados diferentes comparando condições de 45% e 77% da Etc em uma espécie de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, não apresentou diferenças estatísticas de altura para as doses testadas.

Figura 17 - Altura de plantas (cm) em grama Esmeralda em função dos déficits hídricos aos 180 DAT – Botucatu, SP, 2020



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esse aumento no crescimento da grama Esmeralda aos 180 DAT pode estar relacionado à temperatura e incidência da radiação solar da época, que com essas condições a planta aumenta a evapotranspiração e conseqüentemente necessita de mais água para se desenvolver. Os fitocromos presentes na planta são influenciados pela qualidade da luz recebida. A radiação infravermelha possui papel importante no desenvolvimento e crescimento dos gramados, é responsável pela floração, germinação de sementes e desenvolvimento dos rizomas. Além disso, essa radiação influencia diretamente o crescimento das folhas (UNRUH, 2004).

4.5 Massa da matéria seca das aparas

Aos 90 e 120 DAT a grama Esmeralda apresentou resultados significativos para as condições de déficit hídrico e para os biofertilizantes. Aos 150 DAT os biofertilizantes influenciaram significativamente as plantas. E ao longo desse período houve interação entre os fatores (Tabela 9).

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para massa da matéria seca das aparas (g) em grama Esmeralda aos 90, 120, 150 e 180 DAT- Botucatu, SP, 2020

Causas da Variação	G.L.	Massa da matéria seca das aparas (g)			
		90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT
		Quadrado Médio (significância)			
Irrigação (I)	1	0,01**	0,44**	0,08 ns	1,04 ns
Resíduo (a)	14	0,005	0,005	0,08	0,20
Fertilizantes (F)	6	0,02**	0,03**	1,18**	0,17 ns
I x F	6	0,004**	0,07**	0,55**	0,22 ns
Resíduo (b)	84	0,0007	0,006	0,11	0,12
CV % (Parcelas)		18,94	19,33	23,00	26,89
CV % (Subparcelas)		22,38	21,38	27,68	20,64
Média Geral		0,12	0,36	1,21	1,67

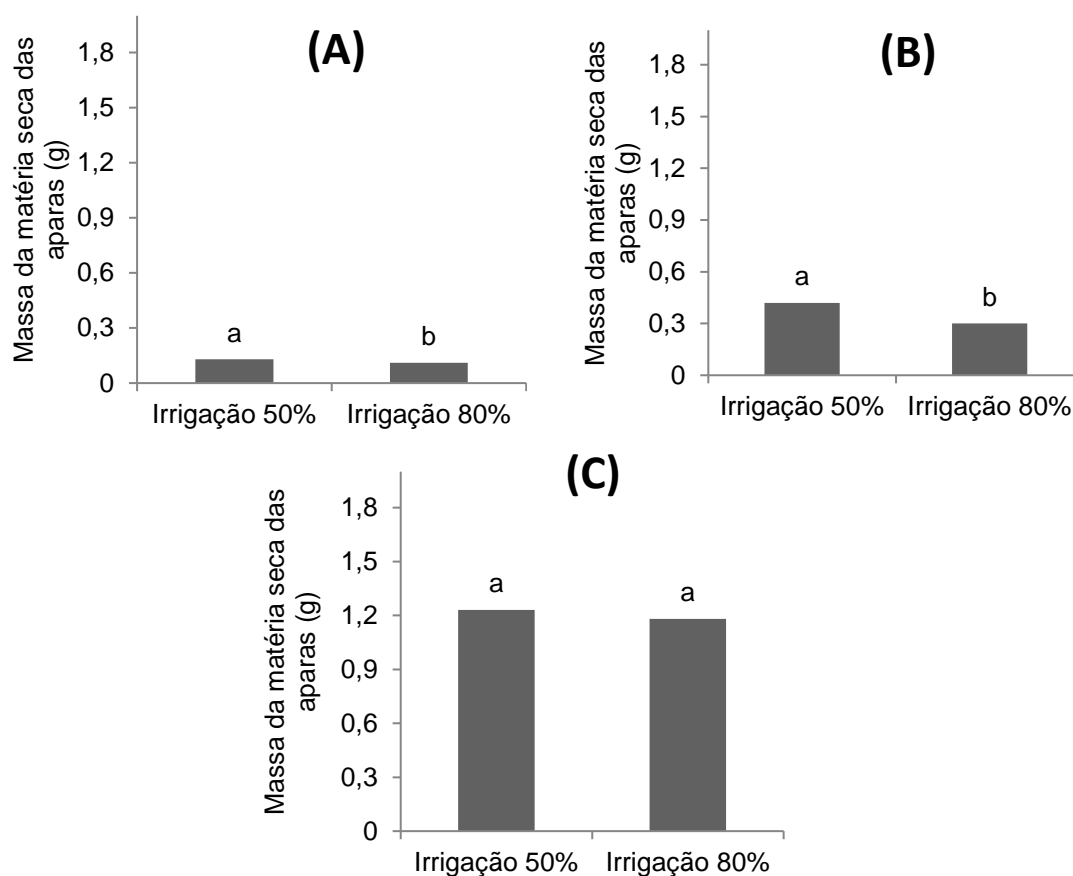
a. ns; *, **, *** - não significativo; significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F.

Aos 90 DAT, devido ao desenvolvimento inicial da grama, a quantidade de aparas foi pequena, mas ainda assim, o déficit de 50% apresentou maiores médias de massa da matéria seca das aparas (Figura 18 A). Essa menor produção de aparas também pode estar relacionada ao clima da época. Segundo Rodrigues e Rodrigues (1997), em épocas de baixa temperatura e baixa radiação solar, o crescimento e a consequente produção de matéria seca em *Cynodon dactylon* foi reduzido.

Aos 120 DAT os resultados se mantiveram com os vasos submetidos a condições de déficit maiores mantendo as maiores médias com 0,42 g de massa da matéria seca das aparas e o déficit de 80% com 0,3 g (Figura 18 B). A partir dos 150 DAT, as plantas estabilizaram seu crescimento, não havendo diferenças entre os déficits (Figura 18 C).

Silva et al. (2007) trabalhando com grama Esmeralda em condições de estresse, apresentaram resultados contrários ao encontrado. Ao testar déficits hídricos de 40, 60, 80 e em condições de 100% da Eto constataram que com a diminuição do estresse hídrico houve um incremento da produção de aparas em meses com temperaturas superiores a 20°C. Além disso, com 80% da ETo foi o suficiente para uma boa qualidade do gramado.

Figura 18 - Massa da matéria seca das aparas (g) em grama Esmeralda em função dos déficits hídricos aos 90 (A), 120 (B) e 150 (C) DAT – Botucatu, SP, 2020



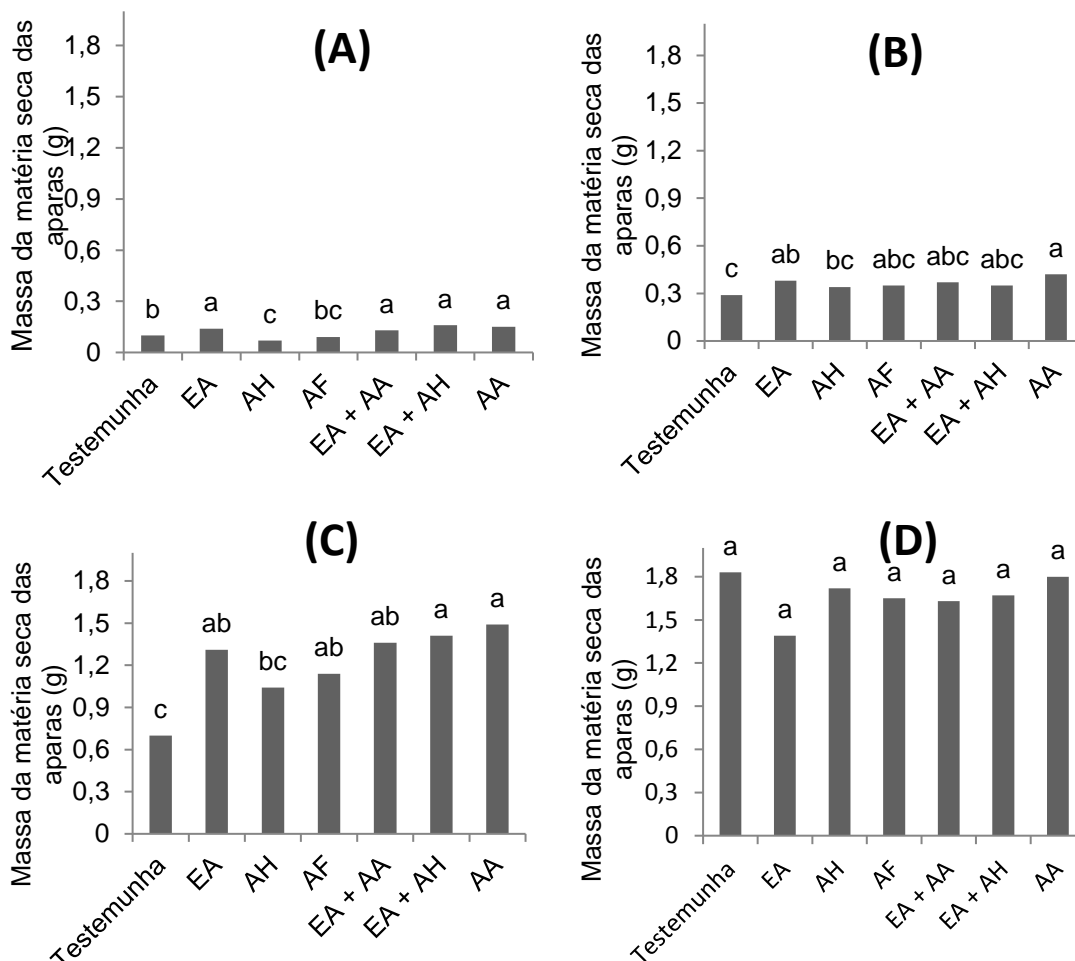
Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação as subparcelas tratadas com os fertilizantes com bioestimulantes, os tratamentos apresentaram resposta significativa aos 90 DAT (Figura 19 A). Os tratamentos que apresentaram as maiores médias no início do desenvolvimento da grama Esmeralda foram os compostos por extrato de alga, extrato de alga + aminoácidos, extrato de alga + ácido húmico e aminoácidos, com médias de massa da matéria seca das aparas de 0,14, 0,13, 0,16 e 0,15 g respectivamente.

Aos 120 DAT os produtos não apresentaram diferenças estatísticas com exceção do biofertilizante composto por aminoácidos, que apresentou maior média de massa da matéria seca das aparas (0,42 g) (Figura 19 B). Com 150 DAT as plantas apresentaram um aumento no crescimento, sendo que o fertilizante contendo aminoácidos permaneceu com a maior média de 1,49 g, e todos os produtos, exceto o Ácido Húmico, diferiram estatisticamente da testemunha (Figura 19 C). Aos 180

DAT as plantas estabilizaram seu crescimento e não apresentaram diferenças (Figura 19 D).

Figura 19 - Massa da matéria seca das aparas (g) em grama Esmeralda em função dos biofertilizantes para os 90 (A), 120 (B), 150 (C) e 180 (D) DAT– Botucatu, SP, 2020



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A partir dos 150 DAT, esse aumento no crescimento e consequente acúmulo de massa seca podem estar relacionados ao fechamento do vaso, que na época já chegava a uma média de 95% de fechamento, e ao clima da época que apresentou altas temperaturas e incidência de radiação solar. Em dias com essas características, as plantas apresentam déficit hídrico maior devido à perda da água absorvida em excesso (DÍAZ; BORSANI; MONZA, 1999).

O aminoácido Prolina, presente no fertilizante a base de aminoácidos, é responsável por auxiliar a planta em situações de estresse, realizando o ajuste osmótico para evitar que o organismo sofra a degradação dos tecidos por falta de

água. Esse aminoácido realiza essa proteção por servir como reserva de nitrogênio, osmo-soluto e protetor hidrofóbico de enzimas e estruturas da célula (CARVALHO et al., 2005). Além disso, o produto possui em sua constituição 4% de nitrogênio, e por esse elemento ser o mais importante para a cultura, pode ter sido o responsável pelo aumento da massa da matéria seca das aparas.

O extrato de alga apresentou resultados positivos para o acúmulo de massa da matéria seca das aparas. O extrato de alga, composto por *Ascophyllum nodosum*, é responsável por melhorar o acúmulo de reservas na planta, a superação de processos de estresse e o fortalecimento da estrutura da planta. Essa alga é constituída por citocininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas, betaínas e alginatos (MACKINNON et al., 2010). Em um experimento com mudas de batata doce, Neumann et al. (2017) apresentou aumento da matéria seca das plantas com o uso do biofertilizante contendo *Ascophyllum nodosum*.

Tabela 10 - Teste de Tukey para o desdobramento dos produtos dentro dos déficits hídricos para massa da matéria seca das aparas (g) aos 90 DAT– Botucatu, SP, 2020

Tratamentos	90 DAT		120 DAT		150 DAT	
	50%	80%	50%	80%	50%	80%
Testemunha	0,10 Ab	0,10 Abcd	0,24Bc	0,34Aab	0,61Ac	0,79Ab
EA	0,16 Aa	0,12 Bbc	0,45Ab	0,32Bab	1,32Aab	1,32Aa
AH	0,06 Ac	0,07 Ad	0,45Ab	0,23Bb	0,94Abc	1,14Aab
AF	0,12 Ab	0,08 Bcd	0,43Ab	0,28Bab	0,91Bbc	1,37Aa
EA + AA	0,15 Aa	0,11 Bbcd	0,38Ab	0,36Aa	1,60Aa	1,13Bab
EA + AH	0,15 Aa	0,17 Aa	0,42Ab	0,28Bab	1,51Aa	1,31Aa
AA	0,18 Aa	0,12 Bb	0,58Aa	0,27Bab	1,76Aa	1,21Bab

a. em cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. b. em cada linha, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 90 DAT, os fertilizantes EA, AF, EA + AA e AA apresentaram melhores resultados sob déficit de 50% (Tabela 10). Isso mostra, a capacidade desses produtos em auxiliarem a planta em seu crescimento sob condições de déficit hídrico. Entretanto, para gramados em geral, o aumento da massa de aparas significa um aumento nas operações de corte, o que não é interessante devido ao aumento nos custos de manutenção.

Aos 120 DAT os produtos apresentaram melhores resultados com 50% da CC, evidenciando mais uma vez a capacidade de recuperação que os biofertilizantes oferecem a grama sob condição de déficit. Nesse período o AA se destacou dentre os demais produtos sob o tratamento de 50% (Tabela 10). Segundo Shehata et al. (2011),

a aplicação de aminoácidos ajuda as plantas a se protegerem contra estresses bióticos e abióticos, e de acordo com Ardebili et al. (2012) esses compostos aumentam o poder antioxidante nas folhas.

Aos 150 DAT, a maioria dos tratamentos estabilizaram o desenvolvimento não demonstrando diferenças entre os déficits. Com exceção do EA + AA e AA que mantiveram os melhores resultados com 50% de déficit.

4.6 Teor foliar de nutrientes

4.6.1 Macro nutrientes

Aos 180 DAT, pode-se observar diferenças significativas na absorção de nitrogênio, potássio e magnésio para os déficits hídricos e cálcio, magnésio e enxofre para os biofertilizantes (Tabela 11).

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para teor de macro nutrientes em grama Esmeralda aos 180 DAT – Botucatu, SP, 2020

Causas da Variação	G.L.	Análise Foliar (g.kg ⁻¹)					
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
		Quadrado Médio (significância)					
Irrigação (I)	1	10,28*	0,0016 ns	10,28 *	0,018 ns	0,09**	0,02 ns
Resíduo (a)	6	1,56	0,21	0,99	0,33	0,002	0,14
Fertilizantes (F)	6	6,72 ns	0,13 ns	2,01 ns	1,04 **	0,02**	0,24*
I x F	6	1,37 ns	0,08 ns	2,83 ns	0,23 ns	0,006 ns	0,21*
Resíduo (b)	36	4,64	0,09	1,28	0,26	0,003	0,08
CV % (Parcelas)		9,69	17,39	7,15	29,40	5,80	18,89
CV % (Subparcelas)		16,71	11,50	8,15	26,09	8,38	14,35
Média Geral		12,89	2,63	13,89	1,94	0,70	1,95

a. ns; *, **, *** - não significativo; significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F.

Para o nitrogênio observou-se diferenças significativas na quantidade do nutriente absorvido quando comparadas a irrigação (Figura 20 A). Com 80% de déficit, houve um incremento na absorção desse nutriente. Isso pode advir do fato de que a absorção do N ocorra principalmente por fluxo de massa, ou seja, em condições de menor disponibilidade de água, ocorre a redução (BOSCHINI et al., 2011).

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes para as gramas, por ser um nutriente estrutural, participa de proteínas, ácidos nucleicos, entre outras biomoléculas. Segundo Godoy et al. (2012), sua concentração varia de 20 a 50 g.Kg⁻¹ nas folhas da grama. No presente estudo foram constatadas doses baixas desse nutriente nas plantas, variando de 10 a 13 g.Kg⁻¹, fato esse que pode ser relacionado

com a redução dos valores SPAD no final do ciclo avaliado, por esse elemento ser responsável por proporcionar coloração verde intensa.

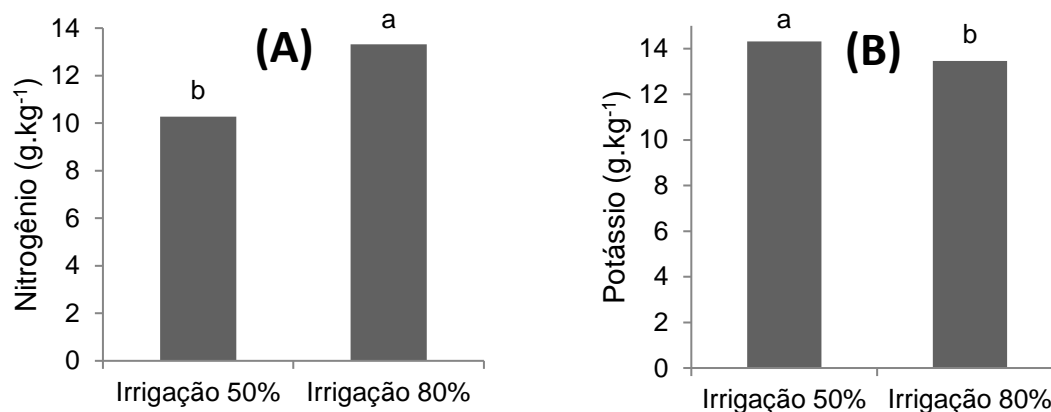
Outra correlação importante do nitrogênio é com a altura de plantas, que no déficit de 80% apresentaram as maiores concentrações do nutriente, e conseqüentemente, as maiores alturas de folha (Figura 20).

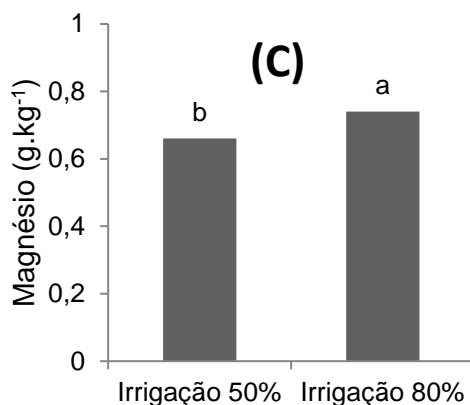
O potássio, ao contrário no nitrogênio, não possui função estrutural na planta. Esse elemento fica livre, mas é de grande importância para o gramado. A concentração de potássio nas aparas foi maior para as plantas submetidas ao déficit de 50% (Figura 20 B).

Segundo Vargas et al. (1983), a absorção do potássio ocorre cerca de apenas 10% por fluxo de massa, portanto a água não é um elemento essencial para sua absorção. A maior parte, cerca de 90%, da absorção desse nutriente ocorre por difusão, onde o elemento vai de um meio mais concentrado para um menos concentrado. Portanto, essa redução na absorção pode estar relacionada a uma menor quantidade do K nos tratamentos com 80% da CC, e essa redução do nutriente ocorreu devido a perdas por lixiviação (MIRANDA et al. 2013).

Outra possibilidade desse maior acúmulo de K nas plantas, com o tratamento de déficit de 50%, pode estar relacionado com a função desse nutriente nos processos de regulação osmótica. Por possuir função metabólica, participa do controle na abertura e fechamento de estômatos, exercendo assim, o uso eficiente da água. Sendo assim, plantas sujeitas ao déficit hídrico de 50% precisaram absorver maiores quantidade de K para evitarem perdas por estresse (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Figura 20 - Concentração de Nitrogênio (A), Potássio (B) e Magnésio (C) em grama Esmeralda em função dos déficits hídricos aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020





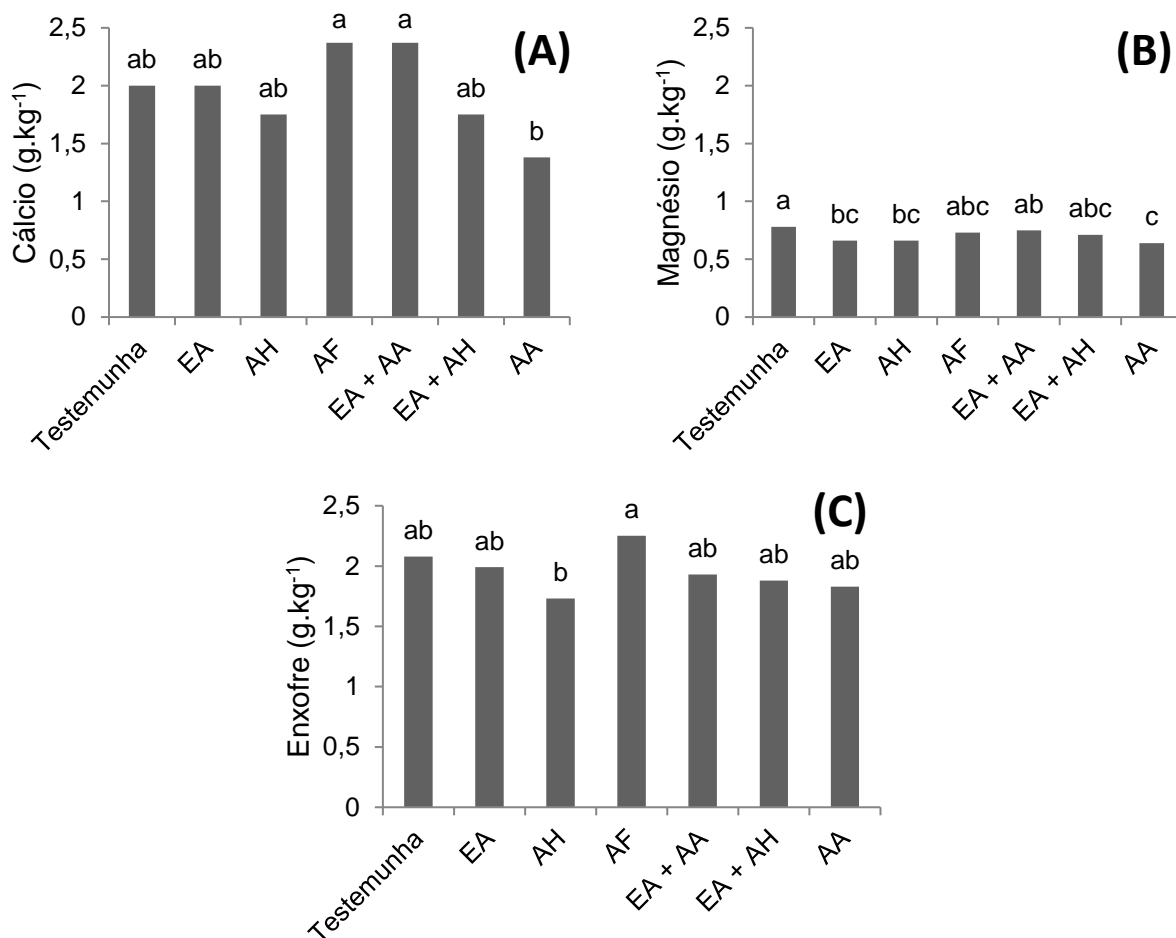
Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O magnésio participa de muitas enzimas presentes no metabolismo energético da planta, além disso atua nas moléculas de clorofila. Esse nutriente participa da integridade dos ribossomos e auxilia na manutenção estrutural das membranas das células e dos ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A absorção do magnésio foi maior com 80% da capacidade de campo, fato esse devido a forma de absorção do nutriente que ocorre 87% por fluxo de massa (Figura 20 C). Portanto, a disponibilidade de água auxilia na absorção do Mg pela planta. Outra explicação para a redução do Mg é o aumento na concentração de K, ocorre uma inibição competitiva (antagonismo) que é quando um nutriente em alta concentração inibe a absorção do outro (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Para os biofertilizantes, a diferença na absorção dos nutrientes extraídos pelas aparas foi somente do cálcio, magnésio e enxofre. Sendo que, para o cálcio os produtos que continham ácido fúlvico e extrato de algas + aminoácidos foram os que auxiliaram na maior absorção do Ca pela planta, ambos com médias de 2,37g.Kg⁻¹ (Figura 21 A).

Figura 21 - Concentração de Cálcio (A), Magnésio (B) e Enxofre (C) em grama Esmeralda em função dos biofertilizantes aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O cálcio, assim como o nitrogênio, realiza função estrutural na planta sendo constituinte da parede celular. Esse íon oferece rigidez aos tecidos, promove o aumento do volume de massa e o crescimento em geral da grama (GODOY et al., 2012). Turan e Kose (2004) encontraram efeitos positivos na absorção de Ca em videiras submetidas a tratamentos com extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*).

Em relação ao magnésio e ao enxofre os produtos não influenciaram na absorção, apresentando médias similares ou inferiores ao tratamento onde não houve aplicação dos biofertilizantes (Figura 21 B e C).

O tratamento composto por ácido fúlvico apresentou relação entre os fatores, sendo que demonstrou maior acúmulo de enxofre com 50% da CC. Os demais produtos apresentaram similaridade em ambas as condições de déficit para acúmulo do nutriente, e no déficit de 80% o AF apresentou maior média, entretanto não diferiu-se da testemunha (Tabela 12).

Tabela 12 - Teste de Tukey para o desdobramento dos produtos dentro dos déficits hídricos para análise nutricional de Enxofre aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020

Tratamentos	Enxofre	
	Irrigação 50%	Irrigação 80%
Testemunha	2,13Aa	2,03Aab
EA	2,05Aa	1,93Aab
AH	1,78Aa	1,68Ab
AF	2,03Aa	2,48Ba
EA + AA	1,75Aa	2,10Aab
EA + AH	2,05Aa	1,70Ab
AA	2,03Aa	1,63Ab

a. em cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. b. em cada linha, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.6.2 Micronutrientes

De acordo com análise de variância a grama Esmeralda apresentou diferenças significativas para ferro, manganês e zinco quando comparadas as condições de déficit. Para os fertilizantes com bioestimulantes não houve diferenças no teor de micronutrientes (Tabela 13).

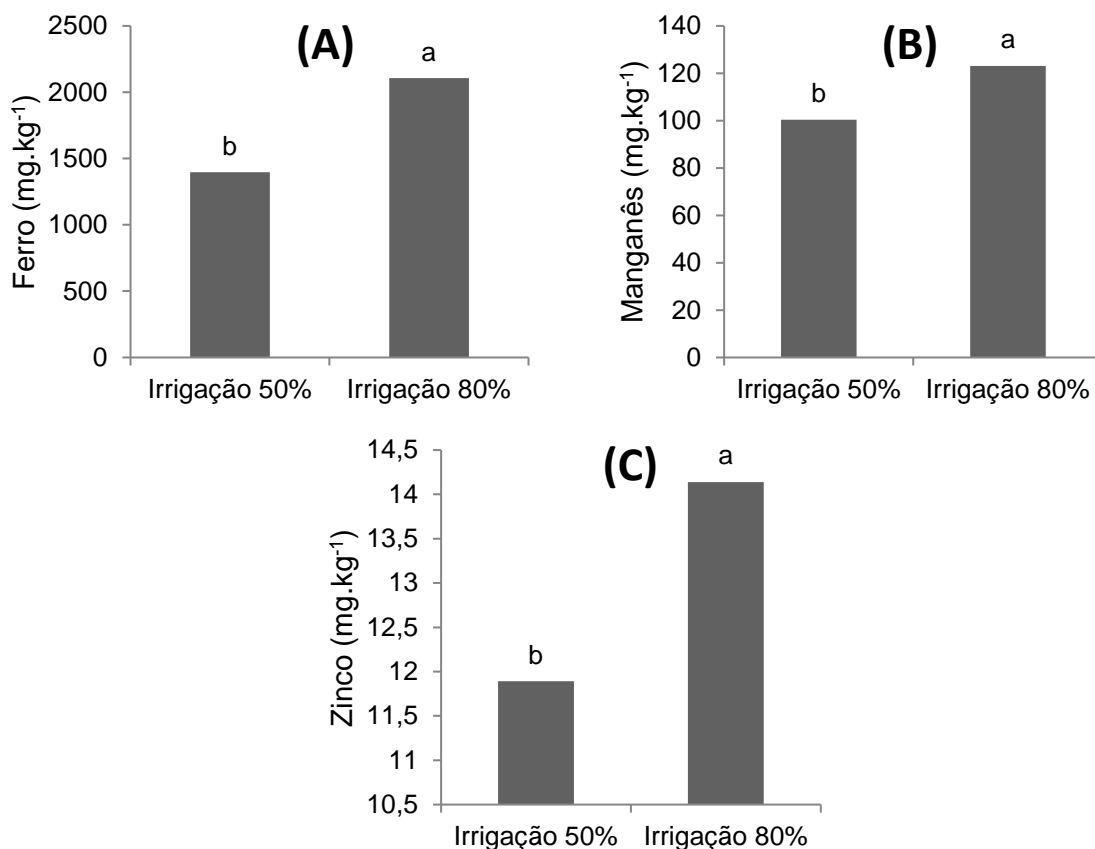
Tabela 13 - Resumo da análise de variância para teor de micronutrientes em grama Esmeralda aos 180 DAT – Botucatu, SP, 2020

Causas da Variação	G.L.	Análise Foliar (mg.kg ⁻¹)				
		Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
Quadrado Médio (significância)						
Irrigação (I)	1	68,64 ns	185,79 ns	7042497,88*	7245,88*	70,88*
Resíduo (a)	6	16,70	35,83	1176016,85	692,04	6,16
Fertilizantes (F)	6	32,18 ns	44,85 ns	2179022,29 ns	458,16 ns	4,89 ns
I x F	6	22,27 ns	32,74 ns	638935,83 ns	742,21 ns	2,17 ns
Resíduo (b)	36	15,48	29,19	871745	1080,77	3,47
CV % (Parcelas)		24,56	56,43	61,92	23,55	19,07
CV % (Subparcelas)		23,64	50,93	53,30	29,43	14,30
Média Geral		16,64	10,61	1751,41	111,70	13,02

a. ns; *, **, *** - não significativo; significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F.

O ferro participa da fotossíntese e respiração das plantas, é responsável por constituir enzimas e atua principalmente na síntese de clorofila. Esse nutriente é responsável por oferecer ganhos na intensidade da coloração verde nas plantas (GODOY et al. 2012). De acordo com Mills e Jones (1996), a faixa ideal de concentração de Fe nas plantas fica entre 50 e 300 mg.kg⁻¹.

Figura 22 - Concentração de Ferro (A), Manganês (B) e Zinco (C) em grama Esmeralda em função dos déficits hídricos aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A grama Esmeralda apresentou valores de ferro de 1396 a 2106 mg.Kg⁻¹, sendo esse resultado superior ao ideal, evidenciando excesso do nutriente na planta (Figura 22 A). Quando analisado o índice SPAD no final do desenvolvimento (180 DAT), as plantas demonstraram amarelecimento e redução do valor SPAD, e de acordo com Siqueira-Silva (2012) esse sintoma pode estar ligado ao excesso do micronutriente.

Tanto o ferro, como o manganês e o zinco apresentaram melhores resultados de absorção com um déficit hídrico menor (80% da CC) (Figura 22 A, B e C). Segundo Oliveira et al. (2010), micronutrientes catiônicos (Fe²⁺, Mn²⁺ e Zn²⁺) possuem a umidade do solo como um dos principais fatores limitantes ao transporte e a quantidade absorvida pela planta. Essas condições de umidade favorecem o transporte desses nutrientes por difusão. Em uma maior disponibilidade de água ocorre a redução do ferro e do manganês, de Fe³⁺ para Fe²⁺ e do Mn⁴⁺ para Mn²⁺ devido à redução da concentração de oxigênio. Assim, esses nutrientes ficam mais disponíveis para a absorção das plantas (SCHMIDT et al., 2013).

Os micronutrientes, assim como os macro nutrientes, são essenciais para a produção de gramados (GODOY et al., 2012). Esses nutrientes são responsáveis por diversas funções dentro do organismo vegetal. O boro, por exemplo, é constituinte da parede celular e das membranas celulares, já o ferro, manganês e o cobre fazem parte das enzimas e participam da fotossíntese (KIRKBY; ROMHELD, 2007).

4.7 Volume e massa da matéria seca das raízes + estolões + rizomas

Para o tratamento principal (Irrigação), as gramas quando submetidas aos déficits hídricos, não apresentaram diferenças estatísticas para volume e massa da matéria seca do sistema radicular (Tabela 14). Ou seja, os vasos de grama Esmeralda submetidos a um déficit hídrico maior, apresentaram desenvolvimento radicular similar quando melhor supridos de água. Isso ocorre devido às raízes dessa espécie estar contida nos 20 cm da camada superior, fazendo com o aproveitamento da água via irrigação seja maior (HUANG, 1998).

No geral, um gramado que sofra com estresse hídrico é estimulado a desenvolver o sistema radicular, com isso, essas raízes com o passar do tempo auxiliam na manutenção da qualidade e retomada do crescimento da grama, devido à maior capacidade de absorver água.

Quando comparados os fertilizantes com bioestimulantes, as diferenças foram significativas para os tratamentos a 1% de significância. Além disso, houve interação entre os tratamentos fertilizantes x irrigação para volume e massa da matéria seca de raízes + rizomas + estolões (Tabela 14).

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para volume (ml) e massa da matéria seca de raízes + rizomas + estolões (g) em grama Esmeralda aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020

Causas da Variação		Volume (ml)	Massa Seca (g)
		Quadrado Médio (significância)	
Irrigação (I)	1	8,23 ns	0,99 ns
Resíduo (a)	8	8,82	0,30
Fertilizantes (F)	6	53,69**	3,97**
I x F	6	77,92**	2,23**
Resíduo (b)	48	11,68	0,39
CV % (Parcelas)		19,27	16,74
CV % (Subparcelas)		22,17	19,11
Média Geral		15,41	3,24

a. ns; *, **, *** - não significativo; significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste F.

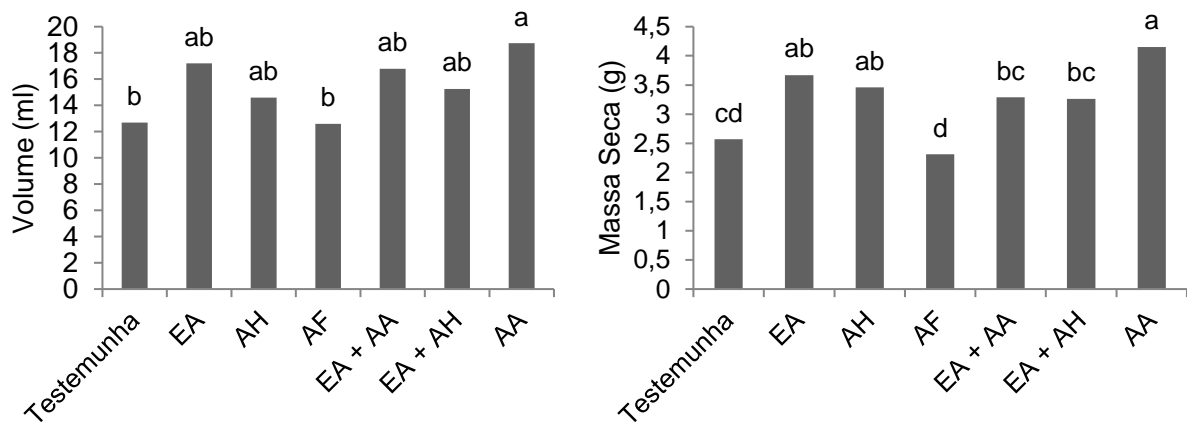
O fertilizante que apresentou maior média de sistema radicular foi o fertilizante que continha apenas aminoácidos, e apresentou média de 18,75 ml de volume radicular e 4,15 g de massa da matéria seca (Figura 19). Segundo Costa (2017), os aminoácidos possuem ação bioestimulante e melhoram o desenvolvimento radicular e auxiliam no crescimento da planta. Os resultados obtidos no ensaio vêm de encontro com Russo, Teixeira e Arruda (2020), que ao testar um produto comercial a base de prolina em feijoeiro obtiveram resultados positivos em massa e comprimento radicular.

A prolina participa do ajuste osmótico da planta, realizando a manutenção da turgescência celular sob condições de estresse. Esse aminoácido, através do acúmulo no vacúolo da célula, contribui para a manutenção do equilíbrio hídrico e a preservação da integridade de proteínas, enzimas e membranas celulares. Esses solutos também têm função osmoprotetora contra subprodutos tóxicos do metabolismo, resultantes do estresse hídrico (MARIJUAN; BOSCH, 2013).

Os fertilizantes com EA, EA + AA, EA + AH e AH também apresentaram médias similares ao fertilizante com aminoácido de 17,2, 16,8, 15,25 e 14,6 ml respectivamente, entretanto não se diferenciaram da testemunha que apresentou média de 12,7 ml. Mesmo não havendo essa diferença com a testemunha, pode-se observar um aumento de mais de 20% no volume das raízes para EA e EA + AA (Figura 23).

Para a massa da matéria seca, os fertilizantes obtiveram médias com um padrão similar ao volume, sendo que para essa variável os fertilizantes com bioestimulantes EA e AH apresentaram valores de 3,67 e 3,46 g e diferenciaram da testemunha (Figura 23).

Figura 23 - Volume (ml) e massa da matéria seca de raízes + rizomas + estolões (g) em grama Esmeralda em função dos biofertilizantes aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020



Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No presente ensaio, a grama esmeralda submetida a condições de déficit tratadas com a mistura de EA + AH apresentaram volume de raiz 12% maior que a testemunha. Hunter (2004) em um ensaio com grama “ryegrass” avaliou o desenvolvimento radicular em tratamentos com extrato de algas e não obteve diferenças significativas do biofertilizante.

Zhang and Ervin (2004) realizaram ensaios para confirmar a ação de extratos de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*) na tolerância à seca em grama “bentgrass” e constaram que plantas submetidas ao déficit hídrico tratadas com uma combinação de ácido húmico e extrato de algas marinhas tiveram massa de raiz aumentada 21 a 68%.

O biofertilizante composto por ácido fúlvico apresentou os menores resultados para volume de raiz e massa seca. Esse tratamento apresentou média de 12,6 ml de volume e 2,31 g, comparado a testemunha que apresentou 12,7 ml e 2,57 g. Resultado esse que comprova que para a dose utilizada, o produto não trouxe benefícios a grama.

Tabela 15 - Teste de Tukey para o desdobramento dos produtos dentro dos déficits hídricos para volume (ml) e massa da matéria seca das raízes + estolões + rizomas (g) aos 180 DAT– Botucatu, SP, 2020

Tratamentos	Volume (ml)		Massa Seca (g)	
	50%	80%	50%	80%
Testemunha	12,8 Abc	12,6 Ab	2,16 Bb	2,99 Abc
EA	19,2 Aab	15,2 Aab	3,82 Aa	3,53 Aabc
AH	12,8 Abc	16,4 Aab	3,58 Aa	3,35 Aabc
AF	13,2 Abc	12,0 Ab	2,04 Ab	2,57 Ac
EA + AA	14,0 Bbc	19,6 Aa	3,50 Aa	3,08 Aabc
EA + AH	11,0 Bc	19,5 Aa	2,27 Bb	4,26 Aa
AA	22,5 Aa	15,0 Bab	4,52 Aa	3,78 Aab

a. em cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. b. em cada linha, médias seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao analisar os resultados de volume do sistema radicular, a interação dos produtos com 50% da CC apresentou resultados positivos para o fertilizante com aminoácidos. O biofertilizante promoveu aumento do volume radicular em condições de déficits hídricos maiores. Os demais produtos apresentaram melhores resultados com 80% da CC ou resultados similares em ambos os déficits (Tabela 15). Isso comprova a ação dos aminoácidos na proteção das plantas contra o estresse hídrico.

Com 80% de déficit os compostos de EA + AA e EA + AH apresentaram melhores resultados de volume de raízes. Os demais produtos não apresentaram médias diferentes da testemunha.

Em relação à massa da matéria seca do sistema radicular, com 50% de déficit, os fertilizantes com bioestimulantes AA, EA, AH e EA+ AA apresentaram as maiores médias.

Os biofertilizantes, principalmente os compostos por algas e substâncias húmicas, apresentam em sua composição reguladores vegetais como: auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, inibidores e retardadores de crescimento (MORZELLE et al., 2017). Esses compostos aumentam a eficiência fotoquímica da planta em situações de déficit hídrico. As citocininas possuem papel fundamental nessas respostas de tolerância ao estresse, pois estimulam a biossíntese da clorofila e regulam a senescência (ERVIN et al., 2004).

Liu e Cooper (2000) conduziram um ensaio com grama bentgrass em solo com ácido húmico e constataram o aumento do desenvolvimento radicular nas camadas superiores do solo. Entretanto, o tratamento com o ácido húmico aplicado via foliar não apresentou resultados significativos para o enraizamento da grama.

5 CONCLUSÕES

- No início do desenvolvimento da grama, os fertilizantes com bioestimulantes aminoácido (AA) e a mistura de extrato de alga + ácido húmico (EA + AH) auxiliaram no fechamento do vaso mesmo sob uma condição mais crítica de déficit hídrico.
- Em relação à densidade da grama, medida pelo NDVI, mostrou que no início do desenvolvimento a grama apresentou maior densidade com déficit de 80%, e após o estabelecimento da grama no vaso (final do ciclo) o déficit de 50% foi o suficiente.
- Para volume e massa seca do sistema radicular, o biofertilizante com aminoácidos apresentou os melhores resultados, mesmo sob déficit de 50%.
- O AA apresentou melhores resultados como biofertilizante na grama Esmeralda, principalmente no início do desenvolvimento sob déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – **ANA**. ATLAS IRRIGAÇÃO – Uso da água na agricultura irrigada. Brasília, p. 86, 2019.
- AJINOMOTO FERTILIZANTES. Fertilizante Organomineral Classe A Foliar e Fertirrigação. **Amino Proline**, 2019. Disponível em: <<https://www.ajinomotofertilizantes.com.br/produtos/amino/amino-proline>>. Acesso em: 08 set. 2019.
- ALVES, L. R. O uso de aminoácidos na agricultura. **SABRI**, Pirassununga, 2017. Disponível em: <<https://www.sabri.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Consultor-Sabri-Explica-Uso-de-Amino%a1cidos-na-Agricultura.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2021.
- ARDEBILI, Z. O.; MOGHADAM, A. R. L.; ARDEBILI, N. O.; PASHAIE, A. R. The induced physiological changes by foliar application of amino acids in *Aloe vera L.* plants. **Plant Omics**, v. 5, p. 279–284, 2012.
- ASSOCIAÇÃO GRAMA LEGAL (São Paulo). Quais as vantagens de ter um gramado. *In: Grama Legal*. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://gramalegal.com/>>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, C. P. D.; GODOY, L. J. G. D.; BÜLL, L. T. Leaf nitrogen nutritional status of zoysia grass evaluated by nitrogen concentration, chlorophyll meter and digital image, in sewage sludge fertilized areas. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 661-668, 2010.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 856-881, 2014. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/4073/1906>>. Acesso em: 5 nov. 2020.
- BARBOSA, JC; MALDONADO, JUNIOR, W. **AgroEstat** - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP. p.396, 2015.
- BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Sci. Hortic.**, Canada, v.196, p. 39-48, 2015.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2008, 625p.
- BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 88-94, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pat/v44n1/v44n1a10.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2020.
- BOOTH, C. O. Seaweed has possibilities apart from its fertilizer use. **Grower**. v.62, p. 442-443, 1964.

BOSCHINI, A. P. M.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. P.; MIRANDA, M. Z.; FAGIOLI, M. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.450–457, 2011.

BOTERO, W. G. **Substâncias húmicas: interações com nutrientes e contaminantes**. Tese (Doutorado em Química). Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 2010.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stress. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**, Rockville, v.22, p. 1167-1168, 2001.

BRASIL. **Instrução Normativa n. 61 de 8 de Julho de 2020**. Ficam estabelecidas as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Brasília, 2020. Seção 1, 5p.

BUTLER, T.; HUNTER, A. Impact of biostimulants on turfgrass growth and nutrition. School of Biology and Environmental Science, **Agriculture and Food Science Centre**, University College Dublin, v.1, 2006.

CANELLAS, L.P.; ZANDONADI, D.B.; MÉDICI, L.O.; PERES, L.E.P.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.R. Bioatividade de substâncias húmicas: ação sobre desenvolvimento e metabolismo das plantas. **Humosfera**, Campos dos Goytacazes, UENF, p. 224-243, 2005.

CARRIBEIRO, L. S. **Potencial de água no solo e níveis de compactação para o cultivo de grama esmeralda**. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

CARROW, R. N. Drought resistance aspects of turfgrasses in the southeast: ET and crop coefficients. **Crop Sci.** v.35, p. 1685 -1690, 1995.

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.445-450, 2003.

CARVALHO, L.M.; CASALI, V.W.D.; SOUZA, M.A.; CECON, P.R. Disponibilidade de água no solo e crescimento de artemísia. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 726-730, 2003.

CARVALHO, L. M.; VICENTE, W. D. C.; SOUZA, M. A.; BARBOSA, L. C. A.; CECON, P. R. Crescimento, teor de partenólideo e de prolina em plantas de *tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip crescidas em substrato com diferentes teores de umidade. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences, v. 27, n. 1, p. 151-157, 2005.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E. L. Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba, **Agropecuária**, p.132, 2001.

CHRISTIANS, N. E. Fundamental of turfgrass management, **Chelsea**: Arbor Press, p. 301, 1998.

COSTA, G. C. **Influência dos aminoácidos**. Campo & Negócios, 2017. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/influencia-dos-aminoacidos-na-nutricao-das-plantas/>>. Acesso em: 8 set. 2020.

CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal Appl Phycol.**, v. 23, p. 371–393, 2011.

DÍAZ, P.; BORSANI, O.; MONZA, J. Acumulación de prolina en plantas en respuesta al estrés osmótico. **Agrociencia**, v. 3, n. 1, 1999.

DOMINGUES, M. C. S.; MARINO, R. B. Comportamento e produção de tomateiros (*Solanum lycopersicum* L.) submetidos ao manejo fisiológico com bioestimulantes osmorreguladores sob déficit hídrico. In: Simpósio de Iniciação Científica, 6., **Anais...**São Paulo: Cantareira, 2019. Disponível em: <<http://cantareira.br/pibid/artigos/art9.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2021.

ERVIN, E. H.; ZHANG, X.; ASKEW, S. D.; GOATLEY, J. M. Trinexapac-ethyl, Propiconazole, Iron, and Biostimulant Effects on Shaded creeping Bentgrass. **HortTechnology**, v. 14, n 4, p. 500-506, 2004.

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. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal do Mato Grosso, 2018.

FARRELL, M.; PRENDERGAST-MILLER, M.; JONES, D. L.; HILL, P. W.; CONDRON, L. M. Soil microbial organic nitrogen uptake is regulated by carbon availability. **Soil Biol. Biochem**, v.77, p. 261–267, 2014.

FETTER, P. R. **Hidrolisados de resíduos de raízes e caules de tabaco para estimulação da germinação de sementes de arroz e milho**. Dissertação (Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11624/2249>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

FIKE, J. H.; ALLEN, V. G.; SCHMIDT, R. E; ZHANG, X.; FONTENOT, C. P.; Tasco-Forage: I. Influence of seaweed extract on antioxidant activity in tall fescue and in ruminants. **Animal Scienci**, v.79, p.1011-1021, 2001.

FILHO, A. V.; SILVA, M. I. V. **Importância das substâncias húmicas para a agricultura**. 2002. Disponível em: <<http://audienciapublica.ana.gov.br>>. Acesso em 30 jan. 2021.

GAZOLA, R. P. D.; BUZETTI, S.; GAZOLA, R. N.; CASTILHO, R. M. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; CELESTRINO, T. S; DUPAS, E. Intensidade da coloração verde das folhas da grama esmeralda submetida a doses de nitrogênio e ao uso de herbicidas como reguladores de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.6, p. 984-990, 2016.

GEROLINETO, E. **Desenvolvimento da grama Esmeralda (Zoisia japônica STEUD) sob dois manejos de irrigação**. 2008. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

GIRI, J. Glycinebetaine and abiotic stress tolerance in plants. **Plant Signaling & Behavior**, v.6, n.11, p. 1746-1751, 2011.

GODOY, L. J. **Adubação nitrogenada para produção de tapete de grama Santo Agostinho e Esmeralda**. 2005. 122p. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

GODOY, L. J. G. de; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M. **Nutrição, Adubação e Calagem para produção de gramas**. 1 ed. FEPAF, 2012. 146p.

GOLOMBEK, C. H. ESTRESSE EM GRAMADOS E FATORES FISIOLÓGICOS CORRELATOS. In: Simpósio sobre gramados, 3., 2006, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, 2006, p. 1-10.

GREEN GRASS. **Zeon zoisia**. Disponível em: <<http://www.greengrass.com.br/gramados/a/218>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

GURGEL, R. A. G. Principais espécies e variedades de grama. In: Simpósio sobre Gramados. 2003, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2003.

GUO, L.; PLUNKERT, M.; LUO, X.; LIU, Z. Developmental regulation of stolon and rhizome. **Plant Biology**, v.59, p.1-9, 2019.

HAGHIGHI, M.; SILVA, J.A.T. Amendment of hydroponic nutrient solution with humic acid and glutamic acid in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 59, p. 642–648, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00380768.2013.809599>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

HAMZA, B.; SUGGARS, A. Biostimulants: Myths and realities. **Turf Grass Trends**. 2001, p. 6 – 10.

HARIVANTI, M. A. **Managing turfgrasses during drought**. California: UC Peer Reviewed, 2009. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=LsYCBksCZIUC&oi=fnd&pg=PA9&dq=turfgrass+sprinkler&ots=Vqi5v4fGal&sig=YpEsL6D9kVyLU4McOTfCatfh5zl#v=onepage&q=turfgrass%20sprinkler&f=false>>. Acesso em: 8 ago. 2019.

HUANG, B. **Water relations and root activities of Buchloe dactyloides and Zoisia japonica in response to localized soil drying**. Department of Horticulture, Forestry and Recreation Resources, Kansas State University, Manhattan, 1998.

HUNTER, A. The influence of liquid seaweed products on turf grass growth and development. **Acta Horticulturae**, v.661, p. 271–277, 2004.

KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade funções, absorção e mobilidade. **International Plant Nutrition**, v.118, 2007.

LATORRE, A. S.; GODOY, L. J. G.; TIBÃES, L. M. Correlação do índice de vegetação por diferença normalizada com a taxa de cobertura do solo pela grama e a cor do gramado. In: Simpósio sobre gramados, 2015, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2015.

LEINAUER, B.; VANLEEUEWEN, D. M.; SERENA, M.; SCHIAVON, M.; SEVOSTIANOVA, E. Digital image analysis and spectral reflectance to determine turfgrass quality. **Agronomy, Soils & Environmental Quality**, v. 106, n. 5, 2014.

LIU, C.R.; COOPER, J.R.; BOWMAN, D.C. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. **Hort Science**, v. 33, p. 1023-1025, 1998.

LIU, C.R.; COOPER, J.R.; Humic substances influence creeping bentgrass growth. **Gold Course Management**. p. 49-53, 2000.

LONG, E. **The importance of biostimulants in turfgrass management**. 2006. Disponível em: <<http://www.golfenviro.com/Article%20Archive/Biostimulants-Roots.htm>>. Acesso em: 23 dez. 2020.

MACIEL, C.D.G.; POLETINE, J.P.; RAIMONDI, M.A.; RODRIGUES, M.; RIBEIRO, R.B.; COSTA, R.S.; MAIO, R.M.D. Desenvolvimento de gramados submetidos à aplicação de retardadores de crescimento em diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, v.29, n.2, p.383-395, 2011.

MACKINNON, S. L.; HILTZ, D.; UGARTE, R.; CRAFT, C. A. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. **Journal of Applied Phycology**, v.22, p. 489-494, 2010. Disponível em: <<https://www.springer.com/journal/10811>>. Acesso em: 31 jan. 2021.

MAESTRIN, A. P. J; NERI, C. R.; OLIVEIRA, K. T.; SERRA, O. A.; IAMAMOTO, Y. Extração e purificação de clorofila A, da alga *Spirulina maxima*: um experimento para os cursos de química. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1670-1672, 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, 2001.

MARIJUAN, M .P.;BOSCH, S. M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, p.660-666, 2013.

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

MÁXIMO, G. B. **Manejo alternativo das principais doenças e marcha de absorção dos nutrientes em Coffea arabica L.** 2008. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Cafeicultura) – Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho, 2008.

MERWAD, A. R. M. A. Effect of humic and fulvic substances and Moringa leaf extract on Sudan grass plants grown under saline conditions. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 97, n. 4, 2017.

MILLS, H.A.; JONES JUNIOR, J.B. Plant analysis handbook II: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. **Athens**: Micro-Macro, 1996. 422 p.

MIRANDA, M. C. C.; SANTOS, D. S.; PEREIRA, H. S.; SANTOS, J. C. G. Lixiviação de potássio proveniente de diferentes fontes de potássio em dois tipos de solo. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2013.

MORZELLE, M.C.; PETERS, L.P.; ANGELINI, B.G.; CASTRO, P.R.C. MENDES, A.C.C.M. Agroquímicos estimulantes, extratos vegetais e metabólitos microbianos na agricultura. **Série Produtor Rural**, n.63, 94 p., 2017.

MOTA, F. D.; VILLAS-BÔAS, R. L.; MATEUS, C. M. D.; SILVA, T. B. G. Lodo de esgoto compostado na produção de grama esmeralda. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v.14, n.1., 2019.

NABATI, D. A.; SCHMIDT, R. E.; PARRISH, D. J. Alleviation of salinity stress in Kentucky bluegrass by plant growth regulators and iron. **Crop Scienc**i, v. 34, p. 198-202, 1994.

NEUMANN, E. R.; RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. K. P.; CHAGAS, R. R.; LIMA FILHO, R. B. Produção de mudas de batata doce em ambiente protegido com aplicação de extrato de *Ascophyllum nodosum*. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n.4, 2017.

NETTO, C. G. **Cultivo de macroalga rende biofertilizante**. Unicamp, 2019. Disponível em: <<https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2019/08/20/cultivo-de-macroalga-rende-biofertilizante>>. Acesso em: 30 jan. 2021.

OLIVARES, F.L., AGUIAR, N.O.; ROSA, R.C.C.; CANELLAS, L.P. Substrate ziofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. **Scientia Horticulture**, v. 183, p. 100-108, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.012>>. Acesso em: 15 nov. 2020.

OLIVEIRA, E. M. M.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ, V. H.; FERREIRA, P. A.; COSTA, F. O.; ALMEIDA, I. C. C. Nutrient supply by mass flow and diffusion to maize plant in response to soil aggregate size and water potential. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.317-327, 2010.

OLIVEIRA, E. M.; OLIVEIRA FILHO, J. C.; OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. M.; CECON, P. R. Determination of xaraés grass quality submitted to irrigation water

level sand nitrogen and potassium doses. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v.37, n.1, p. 64-74, 2017.

OLIVEIRA, N. B.; OLIVEIRA, J. F. V.; SANTOS, P. L. F.; GAZOLA, R. P. D.; MONTEIRO DE CASTILHO, R. M. Avaliação do estado nutricional de três gramados ornamentais em Ilha Solteira–SP: Um estudo de caso. **Revista LABVERDE**, v. 9, n. 1, p. 96-119, 2018.

PAGTER, M.; BRAGATO, G.; BRIX, H. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. **Aquatic Botany**, v. 81, p. 285-299, 2005.

PAIVA, P.D.O. **Implantação e manutenção de jardins**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2001. 88p.

PASCALE, S. De.; ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. **European Journal of Horticultural Science**, v. 82, n. 6, p. 277-285, 2017. Disponível em: <<https://www.pubhort.org/ejhs/82/6/2/index.htm>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

PAULINO, M. A. O.; FIGUEIREDO, F. P.; FERNANDES, R. C.; MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. O.; BARBOSA, F. S. Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, ed. 2, p. 48-54, 2009. Disponível em: <<http://www.inovagri.com.br/revista/index.php/rbai/article/view/18/17>>. Acesso em: 29 out. 2019.

PETERSON, K.; ARNOLD, K. S. BREMER, D. **Custom Light Box for Digital Image Turfgrass Analysis**. K- Stat, Turfgrass Research, p. 89-91, 2011.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RICHARDSON, M.D., KARCHER, D.E., PURCELL, L.C. Quantifying turfgrass cover using digital image analysis. **Crop Science**, v.41, p. 1884-1888, 2001.

RIGRANTEC. **Produtos para nutrição**. BioGain Fúlvico Líquido, 2019. Disponível em: <<https://www.rigrantec.com.br/produto/biogain-fulvico-liq/34>>. Acesso em: 08 set. 2019.

RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. **Ecofisiologia de plantas forrageiras**. Ecofisiologia da Produção Agrícola. Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo. Piracicaba, p. 203-230, 1997.

RUSSO, G. R.; TEIXEIRA, N. T.; ARRUDA, A. C. Prolina e polihidroxibutirato no cultivo de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p.17, 2020.

SANTIAGO, A.V. **Evapotranspiração de referência medida por lisímetros de pesagem e estimada por Penman-Montheith (FAO 56), nas escalas mensal e decenal**. 2001. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SANTOS, P. L. F.; CASTILHO, R. M. M. Relação entre teor de clorofila e nitrogênio foliar em grama esmeralda cultivada em substratos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n.2, p. 51-54, 2015.

SCHMIDT, R. E. Growth-enhancing biostimulants. **Grounds Maintenance**, v.25, n.6, p. 34-54, 1990.

SCHMIDT, R. E.; ERVIN, E. H.; ZHANG, X. **Questions and answers about biostimulants**. Department of crop and soil environmental science, Virginia, 2003.

SCHMIDT, F.; FORTES, M. A.; WESZ, J; BUSS, G. L.; SOUSA, R. O. Impacto no manejo da água na toxidez por ferro no arroz irrigado por alagamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1226-1235, 2013.

SHEHATA, S.A.; ABDEL-AZAM, H.S.; EL-YAZIED, A.A.; EL-GIZAWY, A.M. Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes, yield and its quality of celeriac plant. **Eur. Journal Scienci**, v. 58, p. 257–265, 2011.

SILVA, C. M. K. **Morfologia de gramas ornamentais e esportivas: Aspectos anatômicos, morfológicos e de manejo**. Passo Fundo, 2008. Disponível em: <<http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/481/1/2008CleusaMariaKojoroskiESilva.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2019.

SILVA, D. F. **Análises quantitativa e qualitativa do crescimento e desenvolvimento da grama-batatais e grama-esmeralda em diferentes lâminas de irrigação**. 2004. 62 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SILVA, D. F. OLIVEIRA, R. A.; COSTA, L. C.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R. Influência de lâminas de irrigação na produção de matéria seca da grama esmeralda. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.15, n.1, p. 7- 14, 2007.

SIQUEIRA-SILVA, A. I. Iron plaque formation and morphoanatomy of roots from species of resting subjected to excess iron. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 78, p. 265-275, 2012.

SUN, H. **The effect of seaweed concentrate on turfgrass growth, nematode tolerance and protein synthesis under moisture stress conditions**. Blacksburg, Virginia, 1994.

SUZUKI, N.; RIVERO, R. M.; SHULAEV, V.; BLUMWALD, E.; MITTLER, R. Abiotic and biotic stress combinations. **New Phytol**. v. 203,p. 32-43, 2014.

TACHIBANA, S.; SUMMER, P.; EWING, J.; MIWA, T.; KITAZAWA, D. **Method of producing plant biostimulant**. Aunomoto, North America, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TAPIA, D. Implantação e manejo de gramados esportivos. In: Simpósio sobre gramados, 2015, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, p. 1 – 21, 2015.

TREVISAN, S.; FRANCIOSO, O.; QUAGGIOTTI, S.; NARDI, S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, n. 6, p. 635-643, 2010.

TURAN, M.; KOSE, C. Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine. **Acta Agric. Scand.**, v. 54, p. 213–220, 2004.

UNRUH, J. B. Biologia de gramas de estação quente. In: Simpósio sobre gramados, 2004. Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2004.

VARGAS, R. M. B.; MEURER, E.; ANGHINONI, I. Mecanismos de suprimento de fósforo, potássio, cálcio e magnésio às raízes de milho em solos do Rio Grande do Sul. **Revista brasileira o Solo**, v. 7, p. 143-148, 1983.

VASCONCELOS, A. C. M. et al. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Tarumã, v. 27, p. 849-858, 2003.

VERNIERI, P.; BORGHESI, E.; TOGNONI, F.; SERRA, G.; FERRANTE, A.; PIAGESSI, A. Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. **Acta Hortic.**, v. 718, p. 477–484, 2006.

VILLAS BOAS, R.L.; GODOY, L.J.G. Produção de grama no Brasil e as pesquisas sobre nutrição e adubação de gramados na Faculdade de Ciências Agrônômicas. **Jornal FCA**, 2006. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br>>. Acesso em: 26 jan. 2021.

VILLAS BÔAS, R. L.; GODOY, L. J. G.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; CARRIBEIRO, L. S. Produção de gramas no Brasil. **Ornam. Hortic.**, v.26, n.3, p. 1—7, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/oh/v26n3/2447-536X-oh-26-03-0516.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2021.

XU, Z. Z.; ZHOU, G. S. Effects of water stress and high nocturnal temperature on photosynthesis and nitrogen level of a perennial grass *Leymus chinensis*. **Plant and Soil**, v. 239, p. 131-139, 2005. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-004-0397-y>>. Acesso em: 29 out. 2019.

XUNZHONG, Z.; ERVIN, E. H.; SCHMIDT, R. E. Physiological Effects of Liquid Applications of a Seaweed Extract and a Humic Acid on Creeping Bentgrass. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, p. 492-496, 2003. Disponível em: <<https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/128/4/article-p492.xml>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

ZANON, M. E.; PIRES, E. C. Situação atual e perspectivas do mercado de grama no Brasil. In: Simpósio sobre gramados, 5., 2010. Botucatu. **Anais...** Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, p. 47-53, 2010.

ZHANG, X.; ERVIN, E. H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Sci**, 2004, v. 44, p. 1737–1745, 2004.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. The grass genera of the world: an MS-DOS INTKEY package for automated identification and information retrieval of data including synonyms, morphology, anatomy, physiology, cytology, classification, pathogens, world and local distributions and references. **Third Flora Online edition**, 1992.