UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

GABRIELA TAGLIEBER

USO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NO CULTIVO DE MICROVERDES DE ALFAFA E BETERRABA

CERRO LARGO
2025

GABRIELA TAGLIEBER

USO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NO CULTIVO DE MICROVERDES DE ALFAFA E BETERRABA

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Agronomia apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia com ênfase em agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dra. Juliane Ludwig

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Taglieber, Gabriela
USO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NO CULTIVO DE MICROVERDES DE ALFAFA E BETERRABA / Gabriela Taglieber. -- 2025.
34 f.

Orientadora: Dra Juliane Ludwig

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

1. microverdes. 2. Medicago sativa. 3. Beta vulgaris. 4. reguladores de crescimento. 5. bioestimulantes. I. Ludwig, Juliane, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

GABRIELA TAGLIEBER

USO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NO CULTIVO DE MICROVERDES DE ALFAFA E BETERRABA

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Agronomia apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia com ênfase em agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 12/11/2025.

BANCA EXAMINADORA

Juliane Ludwig
Prof.ª Dr.ª Juliane Ludwig
Orientadora

Gilmar Meinerz
Prof. Dr. Gilmar Roberto Meinerz
Avaliador

Jordana Caroline Nagel
Prof. Dra. Jordana Caroline Nagel
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) pela oportunidade de desenvolvimento acadêmico e pessoal, bem como aos professores e colegas pelo apoio durante a realização deste trabalho. Registro, de forma especial, o reconhecimento à orientação da Prof.ª Dr.ª Juliane Ludwig, cuja supervisão contribuiu para a conclusão deste estudo.

Tão perto, não importa o quão distante, sempre confiando em quem somos, e nada mais importa" (Metallica, *Nothing Else Matters*).

RESUMO

Os microverdes são plantas jovens colhidas poucos dias após a germinação, geralmente entre 7 e 21 dias, quando os cotilédones estão expandidos e surgem as primeiras folhas verdadeiras. Por apresentarem alto valor nutricional, ciclo curto e possibilidade de cultivo em pequenos espaços, tornaram-se uma alternativa promissora para a agricultura urbana e a alimentação saudável. Reguladores de crescimento vegetal e bioestimulantes são substâncias capazes de influenciar processos fisiológicos das plantas, sendo utilizados para otimizar seu desenvolvimento. Este trabalho avaliou o efeito de ácido indolbutírico (AIB), ácido giberélico (GA_3), Stimulate® (combinação de citocinina, giberelina e ácido indolalcanóico) e bioestimulantes microbiológicos à base de *Trichoderma asperellum* e *Bacillus methylotrophicus* no cultivo de microverdes de alfafa (*Medicago sativa L.*) e beterraba (*Beta vulgaris L.*). As sementes foram tratadas conforme recomendações dos produtos, semeadas em substrato de fibra de coco e mantidas em ambiente controlado, sendo avaliadas massa fresca, massa seca, umidade e teor de cinzas. Os resultados não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha. Os resultados indicam que, para a produção de microverdes de alfafa e de beterraba, tratamentos com os reguladores de crescimento utilizados no presente trabalho não são essenciais para garantir o desempenho produtivo e qualitativo dessas culturas.

Palavras-chave: microverdes, *Medicago sativa*, *Beta vulgaris*, reguladores de crescimento, bioestimulantes, produção vegetal.

ABSTRACT

Microgreens are young plants harvested a few days after germination, typically between 7 and 21 days, when the cotyledons are expanded and the first true leaves emerge. Due to their high nutritional value, short growth cycle, and suitability for cultivation in limited spaces, they represent a promising alternative for urban agriculture and healthy diets. Plant growth regulators and biostimulants are substances capable of influencing plant physiological processes, being used to enhance development and productivity. This study evaluated the effects of indole-3-butyric acid (IBA), gibberellic acid (GA_3), Stimulate® (a combination of cytokinin, gibberellin, and indole-3-acetic acid), and microbiological biostimulants based on Trichoderma asperellum and Bacillus methylotrophicus on the cultivation of alfalfa (Medicago sativa L.) and beet (Beta vulgaris L.) microgreens. Seeds were treated according to product recommendations, sown in coconut fiber substrate, and maintained under controlled environmental conditions. Fresh mass, dry mass, moisture, and ash contents were measured. The results showed no significant differences between treatments and the control, indicating that, for alfalfa and beet microgreen production, the use of the tested growth regulators is not essential to ensure productive and qualitative performance.

Keywords: microgreens, *Medicago sativa, Beta vulgaris,* plant growth regulators, biostimulants, plant production.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de semeadura, pré-imersão, germinação e tempo de colheita de diferentes espécies de microverdes, em bandejas de 20x10cm..... 10

Tabela 2 - Peso (g) de brotos de alfafa em diferentes tempos de exposição à luz..... 12

Tabela 3 - Composição bromatológica de cultivares de alfafa nas épocas de verão e inverno, expressa em teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca.....13

Tabela 4 - Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) de plantas inoculadas com T. asperellum em diferentes cultivos e épocas de avaliação (dias após a emergência – DAE), sob condições de casa de vegetação..... 16

Tabela 5 - Resultados médios de massa fresca, massa seca, umidade, cinzas e conversão de massa semeada em massa fresca em microverdes de alfafa..... 20

Tabela 6 - Resultados médios de massa fresca, massa seca, umidade, cinzas e conversão de massa semeada em massa fresca em microverdes de beterraba.....23

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....7
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....9
3.1 CONCEITO E IMPORTÂNCIA DOS MICROVERDES.....9
3.2 PRINCIPAIS ESPÉCIES UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE MICROVERDES.....10
3.3 FORMAS DE OBTENÇÃO.....11
3.3.1 Alfafa.....12
3.3.2 Beterraba.....13
3.4 REGULADORES DE CRESCIMENTO.....13
4 MATERIAL E MÉTODOS.....17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....20
5.1 ALFAFA.....20
5.2 BETERRABA.....22
CONCLUSÃO.....25
REFERÊNCIAS.....26

INTRODUÇÃO

Os microverdes, também conhecidos como *minigreens*, são vegetais colhidos ainda jovens, geralmente consumidos de 7 a 21 dias após a emergência, quando seus cotilédones estão totalmente desenvolvidos e inicia-se o aparecimento de folhas verdadeiras (Renna *et al*., 2018). O cultivo desses vegetais tem aumentado devido à sua facilidade e adequação a pequenos espaços, incluindo áreas urbanas. Trata-se de um produto minimamente processado, comercializado na própria bandeja e que pode ser colhido pelo consumidor final (Nagel *et al*., 2024; Freitas, 2020).

Embora muito parecidos, os microverdes diferem dos brotos por conta do seu processo de produção. Os brotos são sementes germinadas, produzidas principalmente na água, em clima quente e úmido e, consumidas com as raízes inteiras. Estes possuem grande probabilidade de contaminação, causando insegurança alimentar. Já os microverdes são produzidos em uma pequena camada de substrato ou por hidroponia e são consumidos apenas sua parte aérea, requerendo condições de alta luminosidade para crescer de forma eficiente (Reed *et al*., 2018; Xiao *et al*., 2015).

Diversas espécies de plantas comestíveis são utilizadas na produção de microverdes, principalmente por seu ciclo curto de cultivo e alto valor nutricional. Entre elas, destacam-se aquelas da família Brassicaceae, como rúcula, mostarda, rabanete e brócolis, que possuem crescimento rápido e sabor marcante devido à presença de glucosinolatos, compostos com propriedades benéficas à saúde. Além dessas, outras hortaliças como beterraba, espinafre, cenoura e alface também são bastante utilizadas, assim como cereais (aveia, trigo, milho), leguminosas (alfafa, ervilha, lentilha) e oleaginosas, como o girassol. Também se destacam as ervas aromáticas, como manjericão e coentro, que agregam aroma, sabor e valor funcional aos microverdes produzidos (Di Gioia, 2025).

Para compreender a qualidade nutricional desses vegetais, a análise físico-química dos alimentos é uma etapa essencial. A determinação da matéria seca é uma das primeiras análises realizadas porque mostra tudo o que sobra do alimento depois que a água é retirada, como proteínas, carboidratos e minerais. Já a análise de cinzas ajuda a ter uma noção do quanto de minerais o alimento contém, permitindo identificar elementos como cálcio, fósforo, potássio e magnésio (Silva; Queiroz, 2009).

Vegetais jovens, como os microverdes, apresentam maior concentração de nutrientes do que folhas maduras (Xiao *et al*., 2012), isso ocorre porque o metabolismo primário está mais ativo nessa fase, produzindo carboidratos, proteínas e lipídios que sustentam o

desenvolvimento e o valor nutricional das plantas. Além desses nutrientes, fatores internos como alguns hormônios também influenciam o crescimento, como o ácido giberélico e o ácido abscísico, que mesmo sendo produzidos em rotas secundárias, são considerados primários devido à sua importância para todas as plantas (Taiz *et al.,* 2017; Rezende *et al.*, 2016).

Reguladores de crescimento são substâncias químicas utilizadas para influenciar o desenvolvimento das plantas. Na agricultura, eles são aplicados para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade das culturas e também para aprimorar a aparência e a durabilidade das plantas (Hawerroth *et al.*, 2019). Esses reguladores podem ser classificados em dois grupos: naturais, como as auxinas, citocininas e giberelinas, que são produzidos pelas próprias plantas, e sintéticos, como o ácido abscísico e o etefon, que são fabricados artificialmente (Bayer, 2025). Ainda dentro dos reguladores naturais tem-se os bioestimulantes, produzidos a partir do uso de fungos e as bactérias benéficas (Melo *et al*., 2002).

O uso de bioestimulantes tem se mostrado uma alternativa eficiente para promover o vigor e a qualidade de plântulas, especialmente quando aplicados via tratamento de sementes. Em estudo conduzido por Santos *et al.* (2013) com plântulas de milho, diferentes formulações de bioestimulantes foram aplicadas diretamente nas sementes, resultando em aumento da altura das plantas, diâmetro do caule, área foliar e massa seca das folhas, caule e raízes. Esses efeitos positivos indicam que a aplicação de bioestimulantes no tratamento de sementes pode favorecer o desenvolvimento inicial das plantas, refletindo em melhorias na qualidade do material colhido.

Como objetivo do presente trabalho buscou-se avaliar o efeito de diferentes reguladores de crescimento vegetal, como o ácido indol-3-butírico, giberelina, uma combinação de citocinina + giberelina + ácido indolalcanóico, além de bioestimulantes microbiológicos à base de *Trichoderma* spp. e de *Bacillus* spp. sobre o desenvolvimento e a qualidade dos microverdes de alfafa e beterraba produzidos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONCEITO E IMPORTÂNCIA DOS MICROVERDES

Embora não possuam definição legal, tanto os microverdes quanto os brotos são termos utilizados comercialmente para distinguir categorias com base no estágio de desenvolvimento. Os microverdes são plantas jovens e delicadas, colhidas na fase em que desenvolvem as primeiras folhas verdadeiras. Comercializadas com caule, cotilédones e folhas intactas, são apreciados por sua capacidade de adicionar cor, textura e sabor a diversos pratos. Com aproximadamente 5 cm de altura, representam um estágio intermediário entre brotos e folhas jovens, sendo valorizados tanto pela estética quanto pelo alto valor nutricional (Treadwell *et al*., 2020).

Esses produtos são altamente valorizados no mercado e oferecem uma alternativa lucrativa para horticultores, graças ao ciclo de cultivo e colheita rápidos. Além disso, são facilmente produzidos em ambientes urbanos, com custos principais voltados para a compra de sementes não tratadas e substratos adequados. As embalagens podem ser reutilizadas, e o cultivo requer pouco espaço (Embrapa, 2025).

Devido à sua alta densidade nutricional, os microverdes vêm ganhando destaque em estudos de nutrição e saúde pública. A presença de minerais essenciais é um indicador relevante de seu valor nutricional e impacto na saúde. Esses vegetais representam boas fontes de macronutrientes (K e Ca) e micronutrientes (Fe e Zn), podendo auxiliar na composição de uma dieta balanceada, com potencial benefício especial para o público infantil (Xiao *et al.*, 2016).

Apesar de os microverdes chamarem atenção pelo valor nutricional, ainda existem poucos estudos que detalham sua composição fitoquímica. As pesquisas feitas até agora sugerem que algumas espécies de microverdes podem ter quantidades maiores de vitaminas, minerais e outros nutrientes do que as folhas adultas, mas isso ainda é um tema pouco explorado (Xiao *et al*., 2012). Atualmente, são incluídos na classificação dos chamados “alimentos funcionais”, ou seja, alimentos que oferecem benefícios adicionais à saúde ou atuam na prevenção de enfermidades, além de suas funções nutricionais habituais (Janovská; Štočková; Stehno, 2010).

Microverdes das famílias Brassicaceae, Fabaceae e Malvaceae apresentam baixo valor energético (22,60 a 53,43 kcal/100 g) e reduzido teor de gorduras (0,15 a 0,66 g/100 g), sendo alimentos leves e nutritivos. Espécies de Fabaceae, como a lentilha, podem fornecer

quantidades significativas de proteína (6,47 g/100 g), enquanto outras variedades, como de feijão, contribuem com teores moderados de carboidratos (Embrapa, 2025).

3.2 PRINCIPAIS ESPÉCIES UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE MICROVERDES

Diversas espécies de hortaliças são utilizadas na produção de microverdes, sendo selecionadas principalmente por sua rapidez de crescimento e valor nutricional. Entre as mais cultivadas destacam-se o manjericão, beterraba, repolho, salsa, couve-chinesa, coentro, erva-doce, agrião, mostarda, rabanete e rúcula e outras que são menos conhecidas (Ebert *et al.*, 2013).

De acordo com Cropking (2018), para garantir o sucesso no cultivo, é essencial conhecer as particularidades de cada espécie, incluindo a quantidade adequada de sementes, a necessidade de pré-imersão e os tempos estimados de germinação e colheita. Algumas espécies, especialmente aquelas com sementes maiores, necessitam de um processo prévio de embebição, sendo ideal deixar entre 8 e 12 horas antes da semeadura (Tabela 1).

Tabela 1 - Taxa de semeadura, pré-imersão, germinação e tempo de colheita de diferentes espécies de microverdes, em bandejas de 20x10cm.

Planta	**Taxa de Semeadura (g)**	**Precisa de Pré-imersão?**	**Tempo de germinação (dias)**	**Tempo para Colheita (dias)**
Rúcula	5,6 g	Não	1-3	8-14
Brócolis	7,5 g	Não	2-3	10-14
Repolho	7,5 g	Não	2-4	8-12
Couve	7,5 g	Não	2-4	8-14
Mostarda	5,6 g	Não	2-4	8-12
Girassol	70,2 g	Sim	2-4	8-14
Pipoca	56,7 g	Sim	6-10	6-10
Alho-poró	14,2 g	Não	3-5	12-14
Azedinha	7,5 g	Não	3-5	12-16
Manjericão	7,5 g	Não	4-7	14-18
Beterraba	14,2 g	Sim	6-8	10-14
Coentro	14,2 g	Não	6-7	21-28

Fonte: adaptado de Cropking (2018)

3.3 FORMAS DE OBTENÇÃO

As sementes utilizadas no cultivo de microverdes não devem passar por tratamento químico. Isso se deve ao fato do curto período de tempo entre a germinação e o consumo (Barros *et al*., 2025). Além disso, a densidade de semeadura varia de acordo com o tamanho das sementes, sendo aproximadamente de 2 a 3 unidades/cm², necessitando de uma quantidade significativa para sua implementação (Jones Baumgardt *et al*., 2019).

Um estudo realizado por D'Albuquerque (2024) mostra que, sob condições climáticas iguais, não há diferença significativa entre o uso de sementes comuns e sementes específicas no cultivo de microverdes, possibilitando que a escolha do tipo de semente possa ser feita com base em disponibilidade e custo, sem comprometer a produtividade.

O substrato de fibra de coco, muito empregado no cultivo de microverdes, é um subproduto da comercialização do coco, no qual se utiliza o mesocarpo do fruto, que anteriormente era descartado após o consumo/beneficiamento deste. É composto principalmente por lignina (45,0 a 46,0%) mas também contém celulose, hemicelulose, pectina e minerais (França *et al.,* 2016; Giraldelli *et al*., 2020).

Devido às suas propriedades físicas, esse substrato se sobressai dentre outros no quesito de cultivo sem solo de hortaliças. Suas principais vantagens são a neutralidade, uma vez que não reage com os nutrientes da adubação, a boa retenção de água e aeração do sistema radicular, a possibilidade de esterilização e o fato de ser um produto de baixo custo e sustentável (Carrijo; Liz; Makishima, 2002; Senhoras, 2004).

Aliado a isso, condições de luminosidade tem impacto significativo no cultivo de microverdes. De acordo com Bonato *et al*. (2022) há uma variação significativa em relação a utilização de diferentes filtros de luz, influenciando no comprimento de raiz e parte aérea, sendo mais efetivo o filtro de luz roxa. Além disso, níveis elevados de radiação UV-B podem gerar um efeito indireto, induzindo a maior produção de metabólitos secundários nessas plantas (Gui *et al*., 2018).

Além da qualidade da luz, a duração do fotoperíodo também exerce influência direta no desenvolvimento dos microverdes. O cultivo em ausência total de luz é inviável, uma vez que, após a emergência, as plântulas iniciam a fotossíntese. Por outro lado, a exposição contínua à luz por 24 horas também é prejudicial, pois as plantas necessitam de um período de escuro para regular seus processos fisiológicos, em função do fotoperiodismo que estão adaptadas naturalmente (Schardong *et al*., 2013). Especificamente na cultura da alfafa, é

possível perceber que o aumento no tempo de exposição à luz favorece significativamente o acúmulo de biomassa dos brotos (Tabela 2).

Tabela 2 - Peso (g) de brotos de alfafa em diferentes tempos de exposição à luz.

Horas de luz	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia	7º dia
0 horas	120	150	200	290	400	515	605
06 horas	120	145	215	380	535	690	845
12 horas	120	155	215	410	625	840	1045
18 horas	120	160	225	445	695	955	1205
24 horas	120	155	180	375	580	845	1195

Fonte: Schardong et. al. (2013).

3.3.1 Alfafa

A alfafa (*Medicago sativa L.*) é uma espécie de alto valor nutricional e grande versatilidade de uso, sendo aproveitada tanto na alimentação humana quanto na animal. Na nutrição humana, tem ganhado destaque pelo seu potencial funcional, podendo ser incorporada de diferentes formas, como brotos e microverdes, com benefícios associados à saúde. Paralelamente, é amplamente utilizada na alimentação animal devido à sua excelente composição bromatológica (Tabela 3), indicada para bovinos, caprinos, equinos e pequenos animais (Vilela *et al.,* 2020).

Além de ser altamente nutritiva, a alfafa em estágio inicial de desenvolvimento apresenta baixo teor calórico devido ao alto conteúdo de água e à menor lignificação das paredes celulares, o que a torna mais macia e de fácil digestão. Nessa fase, também se destaca pela presença de compostos fenólicos com ação antioxidante, capazes de neutralizar radicais livres e contribuir para a manutenção da saúde. Com exceção dos lipídios, os teores de nutrientes costumam ser mais elevados, especialmente em proteínas, fibras e vitaminas, o que evidencia o potencial da alfafa jovem como alimento funcional e de elevado valor nutricional (Oliveira, 2025).

No Brasil, o cultivo de alfafa é predominantemente realizado com a cultivar Crioula, reconhecida por sua ampla adaptabilidade a distintas condições edafoclimáticas. Outras variedades também são utilizadas, porém, em sua maioria, derivam geneticamente da Crioula. Essa predominância indica que a cultivar serve como base para o melhoramento genético da

espécie, contribuindo para a estabilidade produtiva da cultura em diferentes regiões do país (Kopp; Pereira; Ferreira, 2011).

Tabela 3 - Composição bromatológica de cultivares de alfafa nas épocas de verão e inverno, expressa em teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em porcentagem da matéria seca.

Cultivar	Época	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)
Crioula	Verão	19,22	43,64	32,64
	Inverno	20,47	39,46	28,03
Flórida 77	Verão	18,11	49,87	36,62
	Inverno	20,81	38,87	28,51
Aurora	Verão	20,31	48,62	34,23
	Inverno	21,76	38,81	28,31
Moapa	Verão	19,92	52,15	40,27
	Inverno	20,75	41,25	31,04

Fonte: Adaptado de Monteiro *et al.* (1998).

3.3.2 Beterraba

A beterraba (*Beta vulgaris* L.), pertencente à família Chenopodiaceae, é uma hortaliça de destaque nutricional, caracterizada pelo elevado teor de açúcares naturais em sua raiz. Além disso, apresenta concentrações significativas de ferro, tanto na parte subterrânea quanto nas folhas, sendo considerada uma das hortaliças mais ricas nesse mineral (Lana, 2010).

Quanto à composição química, Sartorelli (1998) analisou a parte aérea da beterraba na fase em que a raiz apresentava tamanho apropriado para o consumo. Nessa fase do ciclo, foram determinados os seguintes teores na massa fresca: proteína bruta (2,63%), extrato etéreo (0,48%), cinzas (1,73%), fibra em detergente neutro (3,07%) e fibra em detergente ácido (1,55%).

3.4 REGULADORES DE CRESCIMENTO

Reguladores de crescimento são compostos naturais ou sintéticos que possuem efeito no crescimento e desenvolvimento das plantas. Dentre eles estão os hormônios vegetais e substâncias produzidas por fungos e bactérias (Melo *et al*., 2002).

Os fitormônios desempenham papéis cruciais no desenvolvimento vegetal, sendo cada um responsável por funções específicas no ciclo de vida das plantas. As giberelinas, por exemplo, são fundamentais na germinação das sementes e no alongamento do entrenó. A cinetina, um hormônio vegetal sintético, auxilia na citocinese, que atua no desenvolvimento do meristema apical e na dominância apical, além de interagir com fatores bióticos e abióticos, contribuindo para a absorção de macronutrientes e a resposta a produtos biológicos. Já o ácido indol-3-butírico é um enraizador muito utilizado na horticultura, que pode atuar também como fonte de auxinas, outro hormônio muito importante para o crescimento vegetal (Taiz *et al*., 2017).

O ácido indol-3-butírico (AIB) é uma substância com efeito semelhante ao da auxina, muito usada na horticultura para ajudar no enraizamento de estacas. Dentro das plantas, ele pode estar livre ou ligado a outras moléculas, e é rapidamente transformado em ácido indolacético (AIA) no peroxissomo, por um processo chamado β-oxidação. Em algumas espécies, o AIA também pode se ligar a proteínas, açúcares complexos ou glicoproteínas, mas ainda não se sabe ao certo qual é a função dessas formas conjugadas no desenvolvimento da planta (Taiz *et al*., 2017).

Em um estudo realizado com hortaliças tuberosas, Cavalcante *et al*. (2014) concluíram que o ácido indol-3-butírico, utilizado no tratamento de sementes, se mostrou eficaz na germinação e crescimento inicial de cenoura e rabanete. Porém, para a cultura da beterraba não houve nenhum efeito estimulante com a aplicação. Cavalcante *et al*. (2016), em estudo posterior, puderam confirmar que para beterraba não há efeito significativo do AIB, não promovendo benefícios significativos nas variáveis porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento da raiz, em relação à testemunha.

As giberelinas (AGs) são fitormônios sintetizados a partir do ácido mevalônico, principalmente em tecidos jovens de brotos e em sementes em desenvolvimento. Após a síntese, são transportadas na planta tanto pelo floema quanto pelo xilema. Essas substâncias atuam estimulando o alongamento do caule, a germinação de sementes, a produção de enzimas como a amilase durante a germinação, o crescimento de frutos e a indução de características masculinas em flores dioicas (Melo *et al*., 2002).

Na sua nomenclatura, as giberelinas são identificadas pela sigla GA seguida de um número que representa a ordem cronológica de sua descoberta (GA_1, GA_2, GA_3...). Embora existam muitos compostos com estrutura de ácidos tetracíclicos diterpenoides, apenas

algumas dessas moléculas, como GA_1, GA_3, GA_4 e GA_7, apresentam atividade biológica relevante no desenvolvimento vegetal (Taiz *et al*., 2017).

Em estudo realizado por Bevilaqua *et al*. (1998) pode-se notar que, em tratamento de sementes utilizando ácido giberélico (GA_3) há um efeito positivo no vigor das sementes e na velocidade de emergência. Além disso, as plântulas apresentaram maior altura em relação à testemunha, concluindo que os reguladores de crescimento promovem uma aceleração do metabolismo das sementes.

No mercado, estão disponíveis diversos produtos comerciais conhecidos como reguladores de crescimento vegetal, dentre os quais se destaca Stimulate®, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sob o número 3601. Sua formulação líquida concentrada (SL) contém três substâncias ativas naturalmente presentes nas plantas: cinetina (0,09 g/L), ácido giberélico - GA_3 (0,05 g/L) e ácido 4-indol-3-ilbutírico (0,05 g/L). Essas moléculas pertencem aos grupos das citocininas, giberelinas e ácido indolalcanóico, e atuam de forma complementar no estímulo ao desenvolvimento vegetal, promovendo maior enraizamento, crescimento de gemas laterais, formação de frutos e aumento da produtividade. O Stimulate® pode ser aplicado por pulverização foliar, tratamento de sementes ou no sulco de plantio, de acordo com a cultura e o estádio fenológico. (Agrofit, 2025).

No crescimento inicial da soja, a aplicação do Stimulate® no tratamento de sementes se mostrou eficaz para promover benefícios fisiológicos, como aumento na porcentagem de germinação, diminuição na taxa de sementes duras e redução de plântulas anormais. Além disso, promoveu incrementos significativos na massa seca das raízes, que auxiliam no estabelecimento e desenvolvimento inicial da cultura (Batista Filho *et al.,* 2013).

Além dos reguladores vegetais, microrganismos benéficos como o fungo *Trichoderma* spp. têm sido utilizados como alternativa para estimular o crescimento vegetal. Esse fungo apresenta boa adaptação à rizosfera e atua no controle biológico de patógenos do solo, além de favorecer o desenvolvimento das plantas, o que pode resultar em ganhos de produtividade **(**Bettiol, 2009). Bactérias como *Bacillus* spp. também mostram resultados significativos na promoção de crescimento (Araujo, 2008).

Bacillus methylotrophicus é uma bactéria presente na rizosfera, com grande capacidade de estimular o desenvolvimento das plantas. Trata-se de um microrganismo aeróbio, com mobilidade e que forma endósporos em formato cilíndrico. Seu destaque se dá pela interação positiva com as plantas, produção de compostos antimicrobianos (bacteriocinas), potencial para descontaminar solos (biorremediação) e atuação na supressão

de doenças (Monnerat *et al.,* 2020). Essa bactéria atua colonizando e interagindo com as raízes das plantas, promovendo seu crescimento por meio da eliminação de espécies reativas de oxigênio, peróxido de hidrogênio e emissão de compostos voláteis. Além disso, é capaz de inibir patógenos vegetais por diversos mecanismos, como a liberação de antibióticos, indução de resistência sistêmica, parasitismo de fitopatógenos e competição por espaço e nutrientes (Tangsons Biotech, 2025).

Espécies de *Trichoderma* são fungos que vivem livres, muito comuns no solo e nas raízes. Estes atuam nas plantas sem causar doenças, podendo parasitar outros fungos. Algumas cepas desse gênero são capazes de colonizar de forma intensa e duradoura as superfícies das raízes, liberando ou produzindo compostos que estimulam a indução de resistência, tanto localizadas quanto sistêmicas (Harman *et al*., 2004).

O uso de *Trichoderma asperellum* tem demonstrado resultados positivos no acúmulo de biomassa em diversas culturas agrícolas, como soja, feijão, arroz e milho (Tabela 4), evidenciando seu potencial como agente promotor de crescimento vegetal (Chagas *et al.* 2017).

Tabela 4 - Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) de plantas inoculadas com T. asperellum em diferentes cultivos e épocas de avaliação (dias após a emergência – DAE), sob condições de casa de vegetação.

Cultura	**DAE**	**Tratamento**	**MSPA (g)**	**MSR (g)**	**MST (g)**
Milho	10	*T. asperellum*	0,54	1,61	2,15
		Testemunha	0,47	1,45	1,92
	25	*T. asperellum*	7,64	3,74	11,38
		Testemunha	4,29	2,82	7,11
Soja	20	*T. asperellum*	0,9	0,69	1,59
		Testemunha	0,54	0,35	0,89
	45	*T. asperellum*	2,17	1,49	3,66
		Testemunha	0,95	0,86	1,81

Fonte: Adaptado de Chagas *et al.* (2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos Laboratórios de Fitopatologia e Bromatologia, da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) *campus* Cerro Largo - Rio Grande do Sul, entre os meses de maio e junho de 2025.

Foram utilizadas sementes salvas de Alfafa cv. Crioula , produzidas em São Luiz Gonzaga - RS durante a safra de 2023/2024 e colhidas em janeiro de 2024. As sementes de beterraba cultivar Shankar foram adquiridas da empresa ISLA Sementes e são próprias para o cultivo de microverdes. O substrato utilizado foi fibra de coco granulada da marca Golden Mix, tipo 12, com registro no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) PA-0744-7.000004. A fibra de coco granulada foi peneirada em malha de 1 mm para padronizar a granulometria e remover partículas mais grosseiras. Em seguida, foram pesadas 40g de substrato por bandeja sendo este submetido à uma pré-hidratação por 12 horas.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos e quatro repetições, sendo realizados dois experimentos independentes: um com a cultura da alfafa e outro com a cultura da beterraba. Em ambos os experimentos, as sementes foram submetidas aos seguintes tratamentos: inoculação com *Trichoderma asperellum* (Quality®), *Bacillus methylotrophicus* (Onix®), aplicação de ácido giberélico (GA_3) (Neon®), ácido indolbutírico (AIB) (Trc®), regulador de crescimento vegetal Stimulate® e uma testemunha, na qual as sementes foram tratadas apenas com água.

No que se refere à quantidade de sementes utilizada para cada uma das culturas, para a alfafa foi definida uma densidade de semeadura de 6 sementes por centímetro quadrado, totalizando 1,6 g por repetição. No caso da beterraba, a quantidade de sementes utilizada foi baseada nas orientações fornecidas pela empresa responsável pelo material em função da área de cada bandeja, totalizando 9 g por repetição.

Relacionado aos diferentes tratamentos de sementes utilizados, para os produtos biológicos comerciais, o modo de aplicação e a quantidade de produto utilizado foram conforme as recomendações das respectivas bulas, utilizando-se como base a massa de sementes por tratamento. Assim, para o produto comercial a base de *T .asperellum* (Quality®), foi adotada a dose de 2 $g.Kg^{-1}$, resultando em 0,0128 g de produto aplicado nas sementes de a alfafa e 0,072 g nas de beterraba. No caso do produto comercial a base de *B. methylotrophicus* (Onix®), a dose foi de 1 $mL.Kg^{-1}$, sendo utilizados 0,0064 mL do produto nas sementes de alfafa e 0,036 mL nas de beterraba (Agrofit, 2025).

No que se refere ao regulador de crescimento vegetal (Stimulate®) foram empregadas doses específicas para cada espécie: 7,5 $mL.Kg^{-1}$ para a alfafa (totalizando 0,048 mL) e 5 $mL.Kg^{-1}$ para a beterraba (totalizando 0,18 mL). Para o ácido giberélico (GA_3) e ácido indolbutírico (AIB), a dose recomendada foi de 1 $mg.L^{-1}$ para o GA_3 e 1 $g.L^{-1}$ para o AIB. Esses compostos foram inicialmente solubilizados em 2 mL de etanol e, posteriormente, as soluções foram completadas com água até o volume final de 1000 mL (Peixoto, 2018). Em seguida, as sementes foram imersas nessas soluções por aproximadamente 2 horas. Sementes de cada uma das culturas imersas em água, foram utilizadas como testemunha.

Após o tratamento, as sementes foram depositadas em bandejas descartáveis de polipropileno atóxico com medidas de 135 mm x 90 mm x 40 mm, totalizando 121,5 cm^2. A semeadura foi realizada da forma mais uniforme possível, com as sementes distribuídas sobre o substrato. Após, aplicou-se uma fina camada de substrato sobre elas, que foi umedecida posteriormente.

As bandejas foram alocadas em uma estrutura montada dentro do laboratório, em ambiente controlado, onde permaneceram expostas a 18 horas diárias de luz artificial. A temperatura média registrada no local foi de, aproximadamente, 20 °C durante todo o experimento. A irrigação durante o ciclo foi feita de forma manual de acordo com a necessidade de cada tratamento, utilizando um borrifador.

A colheita foi realizada com o auxílio de tesouras mediante o corte das plantas rente ao substrato, no 21º dia após a semeadura da alfafa e 25º dia da beterraba. O ponto de colheita foi determinado com base no início do aparecimento das folhas primárias, conforme descrito por Santos *et al.* (2020), sendo esse o estágio considerado ideal para a colheita dos microverdes.

A metodologia utilizada para as análises pós-colheita seguiu os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2009) para as duas culturas. Inicialmente, os cadinhos foram devidamente identificados e submetidos à secagem em mufla a 650 °C por 10 minutos, com o objetivo de eliminar qualquer traço de umidade residual. Após esse processo, os cadinhos foram transferidos para um dessecador até atingirem temperatura ambiente. Em seguida, realizou-se a pesagem individual dos cadinhos vazios em balança de precisão, registando-se o peso de cada um.

Posteriormente, toda a parte aérea proveniente de cada repetição foi acondicionada nos cadinhos. Os cadinhos foram novamente pesados para determinação da massa fresca (g), obtida pela diferença entre o peso do cadinho com o material e o peso do cadinho vazio.

Após a pesagem, os cadinhos foram levados para a estufa de ventilação forçada, mantida a 105 °C, onde permaneceram por aproximadamente 20 horas, até a completa remoção da umidade. Finalizado o período de secagem, os cadinhos foram novamente transferidos ao dessecador, aguardando até atingirem temperatura ambiente, e então foram submetidos a outra pesagem para obtenção da massa seca, que foi calculada através da diferença entre o peso do cadinho com a massa seca e ele vazio. Com os dados obtidos, foi calculado o teor de umidade (%) das amostras, utilizando-se a diferença entre a massa fresca e a massa seca, de acordo com a seguinte fórmula: Umidade (%) = [(massa fresca – massa seca) / massa fresca] × 100. Por fim, foi determinada a quantidade de cinzas presente nas amostras. Para isso, os cadinhos contendo a matéria seca foram levados à mufla e submetidos à temperatura de 600 °C por um período de 4 horas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e, quando constatadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ALFAFA

Para as variáveis massa fresca, massa seca, teor de umidade e cinzas na cultura da alfafa, não foram observadas diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, ou seja, de modo geral, os reguladores de crescimento e microrganismos utilizados não promoveram efeito significativo sobre o desempenho produtivo e qualitativo dos microverdes de alfafa em relação à testemunha (Tabela 5). A alfafa é uma cultura que se destaca por sua elevada adaptabilidade a diferentes regiões e condições climáticas, o que permite seu estabelecimento e crescimento eficientes sem a necessidade de tratamentos adicionais (Instituto Agro, 2025). O sucesso desse estabelecimento depende da capacidade das sementes de germinarem de forma rápida e uniforme, ou de permanecerem viáveis até que o ambiente seja favorável. Durante essa fase inicial, as plântulas mobilizam reservas de carboidratos, proteínas e lipídios, cujos produtos de degradação fornecem energia e matéria-prima para a formação de novas células e tecidos (Santos *et al*., 2020).

A massa fresca dos microverdes de alfafa variou entre 4,97 g e 9,14 g, nos tratamentos com o uso do ácido giberélico e na testemunha, respectivamente. Valores intermediários foram observados nos tratamentos com os microrganismos e com o uso do regulador de crescimento vegetal. A ausência de efeitos significativos do uso desses tratamentos em relação à testemunha pode se dar pelo fato das bandejas terem sido mantidas em ambiente controlado e a resposta à aplicação de bioestimulantes nas sementes é mais perceptível quando estas são submetidas a condições climáticas adversas, como relatado na cultura da soja (Moterle *et al.*, 2008) que é da mesma família da alfafa.

O tratamento onde se utilizou o produto comercial a base de *T. asperellum*, apesar de ter produzido uma massa fresca que na média não diferiu significativamente da testemunha, se aproximou mais desta em relação aos demais tratamentos (Tabela 5). O gênero *Trichoderma* destaca-se entre os fungos benéficos por sua capacidade de promover a absorção e assimilação de nutrientes pelas plantas. Sua ação contribui para o melhor desenvolvimento do sistema radicular, resultando em maior eficiência na absorção de nutrientes, melhora na nutrição da lavoura e consequente aumento da produtividade (Queiroz, 2023). Os microrganismos podem produzir hormônios que promovem o desenvolvimento das plantas, influenciando processos como crescimento radicular, alongamento celular e formação de tecidos (Santner; Estelle, 2009).

Tabela 5 - Massa fresca, massa seca, umidade e cinzas de microverdes de alfafa cujas sementes foram submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamento	**Massa Fresca (g)**	**Massa Seca (%)**	**Umidade (%)**	**Cinzas (%)**
Ácido giberélico	4,97a*	8,79a	91,21a	17,46a
Ácido indolbutírico	5,99a	8,94a	91,06a	18,40a
Regulador de crescimento vegetal[1]	7,58a	9,83a	90,17a	15,34a
T. asperellum[2]	7,80a	9,73a	90,20a	17,11a
B. methylotrophicus[3]	7,41a	9,31a	90,70a	16,82a
Testemunha	9,14a	8,97a	91,03a	16,99a
CV (%)	26,06	13,1	1,35	35,81

Fonte: autor (2025)

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

[1] Produto comercial Stimulate® (cinetina + ácido giberélico + ácido 4-indol-3-ilbutírico).

[2] Produto comercial Quality®.

[3] Produto comercial Onix®.

Os teores de massa seca variaram entre 8,79%, no tratamento com ácido giberélico, e, 9,83% quando se utilizou o regulador de crescimento vegetal (Stimulate®) (Tabela 5). Echer *et al*. (2006) observaram que o uso de Stimulate® via tratamento de sementes resultou em maior acúmulo de massa seca, com área foliar e sistema radicular bem desenvolvidos na cultura do maracujazeiro amarelo. Alleoni *et al.* (2000) não observaram efeito do Stimulate® sobre o estande inicial da cultura do feijoeiro quando aplicado na dose de 250 mL ha^{-1} por meio do tratamento de sementes.

De forma semelhante, é possível que a ausência de efeito expressivo positivo dos tratamentos utilizados em relação à testemunha esteja relacionada ao tempo necessário para que microrganismos ou bioestimulantes exerçam sua ação sobre a planta. Segundo Pavan (2025), produtos biológicos dependem de condições ambientais favoráveis e do estabelecimento do agente biológico para manifestar resultados, ao contrário dos defensivos químicos, que apresentam efeito quase imediato. Assim, considerando o curto ciclo de cultivo dos microverdes, é provável que o período experimental não tenha sido suficiente para que os microrganismos aplicados expressassem plenamente seus efeitos fisiológicos. Fato esse corroborado por Silva (2023), que afirma que os microrganismos promotores de crescimento são mais eficientes em culturas de ciclo mais longo, pois precisam de tempo para estabelecer

interações simbióticas com o sistema radicular e induzir respostas fisiológicas observáveis nas plantas.

Os teores de umidade dos microverdes de alfafa variaram entre 90,17% e 91,21% (Tabela 5), esses valores indicam que, independentemente do tratamento aplicado, às plantas mantiveram um equilíbrio hídrico adequado. O teor de umidade elevado e homogêneo entre os tratamentos demonstra que o metabolismo hídrico da alfafa permaneceu equilibrado, indicando que as plantas foram capazes de regular de forma eficiente a absorção e a perda de água. Essa estabilidade é essencial para a manutenção da turgidez celular e para o bom desempenho das reações metabólicas associadas ao crescimento inicial (Taiz *et al.*, 2017).

Os teores de cinzas oscilaram entre 15,34% e 18,40%, mantendo-se estáveis entre os diferentes tratamentos (Tabela 5). Esses valores refletem o estágio inicial de desenvolvimento das plantas, no qual o acúmulo de minerais ainda é restrito e, consequentemente, inferior ao encontrado em plantas adultas. De acordo com Primavesi *et al.* (1999), a composição mineral da alfafa tende a se intensificar em fases mais avançadas de crescimento.

5.2 BETERRABA

Para as variáveis analisadas na cultura da beterraba, incluindo massa fresca, massa seca, umidade e cinzas, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos aplicados e a testemunha, conforme teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 6). De modo geral, os reguladores de crescimento e microrganismos utilizados não promoveram efeito expressivo sobre o desempenho produtivo e a composição dos microverdes de beterraba, indicando que essas plantas também apresentam boa capacidade de estabelecimento inicial sem a necessidade de tratamentos adicionais, nesse tipo de cultivo.

Outro fator que pode ter contribuído é no modo de aplicação que foi utilizado (apenas no tratamento de sementes), o qual pode variar para cada espécie de microverde. Silva (2023) em seu trabalho, utilizando diferentes modos de aplicação de *Bacillus* e *Trichoderma* (semente, substrato, semente + substrato) destaca que a aplicação via semente e via semente+substrato aumentou a quantidade e melhorou a qualidade de microverdes de rúcula e rabanete, o que não aconteceu com microverdes de couve.

Tabela 6 - Massa fresca, massa seca, umidade e cinzas de microverdes de beterraba cujas sementes foram submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamento	**Massa Fresca (g)**	**Massa Seca (%)**	**Umidade (%)**	**Cinzas (%)**
Ácido giberélico	10,63	18,67	81,33	11,37
Ácido indolbutírico	12,85	19,05	80,95	12,02
Regulador de crescimento vegetal[1]	11,08	21,90	78,11	9,92
T. asperellum[2]	8,57	26,11	73,89	9,79
B. methylotrophicus[3]	11,22	23,19	76,82	8,58
Testemunha	9,54	23,21	76,79	14,29
CV (%)	30,41	22,06	6,23	29,38

Fonte: autor (2025)

*****Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

[1] Produto comercial Stimulate® (cinetina + ácido giberélico + ácido 4-indol-3-ilbutírico).

[2] Produto comercial Quality®.

[3] Produto comercial Onix®.

A massa fresca dos microverdes de beterraba variou entre 8,57 g no tratamento com *T. asperellum* e 12,85 g no tratamento com ácido indolbutírico (Tabela 6). A redução do acúmulo de massa fresca da cultura utilizando *T. asperellum* em relação à testemunha discorda do trabalho de Zuppardo et al., (2024) no qual se destaca o potencial do fungo como forma de aumentar o rendimento da massa fresca de microverdes de rabanete, já que o microrganismo apresenta capacidade de equilibrar a disponibilidade de fitormônios, regulando os níveis de ácido indolacético (AIA), ácido giberélico e etileno, controlando o crescimento das plantas e contribuindo para o acúmulo de massa.

A avaliação da massa seca mostrou que os valores variaram entre 18,67% e 26,11%, no entanto, na média, o melhor tratamento seria com o uso de *T. asperellum* (Tabela 6). O uso desse microrganismo como bioestimulante em microverdes de ervilha-gavinha (*Pisum sativum*) melhorou significativamente diversos parâmetros de crescimento da planta, como comprimento e diâmetro do caule, área foliar e biomassa além de reduzir significativamente os níveis de nitrato, destacando o potencial desse agente (Pérez-Leal *et al*., 2025)

Os teores de umidade mantiveram-se elevados e homogêneos entre os tratamentos, variando de 73,89% a 81,33% (Tabela 6), evidenciando que as plantas foram capazes de manter o equilíbrio hídrico mesmo com diferentes aplicações. Quanto ao teor de cinzas, os

valores variaram de 8,58% a 14,29% (Tabela 6), mantendo-se dentro da faixa esperada para plantas em estágio inicial de desenvolvimento. Isso indica que a acumulação de minerais ainda estava em fase inicial, refletindo a curta duração do ciclo experimental. Esse comportamento é compatível com observações de que microverdes geralmente apresentam maior concentração de minerais à medida que o ciclo de crescimento se aproxima do estágio de maturidade (Primavesi *et al.*, 1999).

De forma geral, os resultados sugerem que, para a produção de microverdes de beterraba, o uso de reguladores de crescimento vegetal ou microrganismos promotores de crescimento não é determinante para o desempenho inicial. Assim como observado na alfafa, o sucesso do estabelecimento depende principalmente da capacidade das sementes de germinar uniformemente e de mobilizar reservas internas para sustentar o crescimento inicial (Santos *et al*., 2020; Taiz *et al*., 2017).

CONCLUSÃO

Os resultados indicam que, para a produção de microverdes de alfafa e de beterraba, tratamentos com os reguladores de crescimento utilizados no presente trabalho, não são essenciais para garantir o desempenho produtivo e qualitativo dessas culturas.

REFERÊNCIAS

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate® no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **Publicação UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23-35, 2000.

ARAÚJO, Fabio Fernando de. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 456-462, mar./abr. 2008.

BARROS, Izaiana dos Santos et al. Densidade de semeio de microverdes de amaranto sob diferentes condutividades elétricas das soluções nutritivas. **Water Resources and Irrigation Management-WRIM**, [S. l.], v. 14, n. 1-3, p. 14-29, 2025.

BATISTA FILHO, Carlos Gilberto et al. Efeito do Stimulate® nas características agronômicas da soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 76-86, 2013.

BAYER. **Reguladores de crescimento**. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: https://www.agro.bayer.com.br/reguladores-crescimento. Acesso em: 26 abr. 2025.

BETTIOL, Wagner. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.

BONATO, Alexia et al. Substratos e qualidade de luz na produção de microverdes. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 11, n. 13, e239111335448, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i13.35448.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: MAPA, [s.d.]. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 24 abr. 2025.

CARRIJO, Osmar Alves; LIZ, Ronaldo Setti de; MAKISHIMA, Nozomu. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, out./dez. 2002.

CAVALCANTE, Jerffeson A. et al. Bioativadores naturais no desempenho fisiológico de sementes de beterraba. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracay, v. 115, n. 2, p. 125-132, 2016.

CAVALCANTE, Jerffeson Araujo et al. **Tratamentos hormonais em sementes de hortaliças tuberosas**. 2014. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2014.

CHAGAS, Lilian França Borges et al. Trichoderma na promoção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**, Boa Vista, v. 4, n. 3, p. 97-102, 2017.

CROPKING. **Microgreen seed density charts**. 1 ago. 2018. Disponível em: https://cropking.com/blogs/knowledge-center/microgreen-seed-density-charts. Acesso em: 24 abr. 2025.

D'ALBUQUERQUE, Cristiane Lopes Carneiro et al. Micro verdes agroecológicas cultivadas nas condições de Teresina, PI. **Cadernos de Agroecologia**, [S. l.], v. 19, n. 1, 2024.

DI GIOIA, Francesco. The ABCs of Microgreens. **Penn State Extension**, 28 mar. 2024. Disponível em: https://extension.psu.edu/the-abcs-of-microgreens. Acesso em: 5 jun. 2025.

EBERT, A. W. et al. Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia. *In*: SEAVEG 2012: HIGH VALUE VEGETABLES IN

SOUTHEAST ASIA: PRODUCTION, SUPPLY AND DEMAND, 2012. **Anais...** [S. l.: s. n.], 2013. p. 216-227.

ECHER, Márcia de Moraes et al. Uso de bioestimulante na formação de mudas de maracujazeiro amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 351-360, 2006.

EMBRAPA. **Microverdes: Cultivo fácil e oportunidade de melhoria nutricional na dieta dos consumidores**. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79478103/artigo---microverdes-cultivo-facil-e-oportunidade-de-melhoria-nutricional-na-dieta-dos-consumidores. Acesso em: 6 abr. 2025.

FRANÇA, Richard Antony Barbosa et al. Extração de fibras de coco para aplicação em materiais de engenharia. **Revista Univap**, São José dos Campos, v. 22, n. 40, p. 610, 2017. DOI: 10.18066/revistaunivap.v22i40.1270. Disponível em: https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/1270. Acesso em: 27 out. 2025.

FREITAS, Isabela Scavacini de. **Suplementação luminosa com lâmpadas LED no cultivo de microverdes em ambiente protegido**. 2020. f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

GIRALDELLI, Mariana Aparecida et al. Propriedade da Fibra de Coco: Uma Revisão Sistemática. **Uniciências**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 34-38, 2020.

GUI, M. et al. Effect of UV‐B treatment during the growth process on the postharvest quality of mung bean sprouts (*Vigna radiata*). **International Journal of Food Science & Technology**, [S. l.], v. 53, n. 9, p. 2166-2172, 2018.

HARMAN, Gary E. et al. *Trichoderma* species: opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, London, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2004.

HAWERROTH, Fernando José et al. **Reguladores de crescimento, importância, perspectivas e utilização**. [S. l.: s. n.], 2019.
INSTITUTO AGRO. **Alfafa: leguminosa forrageira excelente para a alimentação animal**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: https://institutoagro.com.br/alfafa/. Acesso em: 25 ago. 2025.

JANOVSKÁ, Dagmar; ŠTOČKOVÁ, Lenka; STEHNO, Zdeněk. Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens. **Acta Agriculturae Slovenica**, Ljubljana, v. 95, n. 2, p. 157-162, 2010.

JONES-BAUMGARDT, Chase et al. Intensity of sole-source light-emitting diodes affects growth, yield, and quality of Brassicaceae microgreens. **HortScience**, [S. l.], v. 54, n. 7, p. 1168-1174, 2019.

KOPP, M. M.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P. de. **Cultivares de alfafa no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2011.

LANA, Milza Moreira. **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. [S. l.: s. n.], 2010.

MELO, N. F. et al. **Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal**. [S. l.: s. n.], 2002.

MOHITE, Bhavna. Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 638-649, 2013.

MONTEIRO, Alda Lúcia Gomes; COSTA, Ciniro; SILVEIRA, Antônio Carlos. **Produção e distribuição de matéria seca e composição bromatológica de cultivares de alfafa** (*Medicago sativa* L.). [S. l.: s. n.], 1998.

MONNERAT, Rose et al. **Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura**. [S. l.: s. n.], 2020.

MOTERLE, Lia Mara et al. Efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agronômico e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, supl., p. 701-709, 2008. DOI: 10.4025/actasciagron.v30i5.5971. Disponível em: [endereço do artigo ou periódico, se houver]. Acesso em: 25 ago. 2025.

NAGEL, Jordana Caroline et al. Produção de microverdes de alface Deva em diferentes substratos. **Revista Sociedade Científica**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 2507-2515, 2024.

OLIVEIRA, A. **Valor nutritivo dos brotos e benefícios à saúde**. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: http://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria/artigos/valor-nutritivo-dos-brotos-e-beneficios-a-saude. Acesso em: 16 out. 2025.

PAVAN, Josmari. Estímulo ao controle biológico. **Revista UCS**, Caxias do Sul, 16. ed. [20--]. Disponível em: https://www.ucs.br/site/revista-ucs/revista-ucs-16a-edicao/estimulo-ao-controle-biologico/. Acesso em: 25 ago. 2025.

PEIXOTO, Paulo Henrique Pereira (org.). **Manual de Aulas Práticas: Fisiologia Vegetal**. Juiz de Fora: Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018. Disponível em:

https://www2.ufjf.br/fisiologiavegetal/files/2018/07/Manual-de-Aulas-Pr%C3%A1ticas-Fisiologia-Vegetal.pdf. Acesso em: 29 jun. 2025.

PÉREZ-LEAL, R. et al. *Bacillus thuringiensis* e *Trichoderma asperellum* como bioestimulantes em microgreens de ervilha hidropônica (*Pisum sativum*). **Horticulturae**, [S. l.], v. 11, n. 1, 39, 2025. DOI: 10.3390/horticulturae11010039.

PRIMAVESI, Ana Candida et al. Composição mineral de cultivares de alfafa. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1999, Brasília, DF. **Resumos...** Brasília: Embrapa Cerrados, 1999. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1142430/1/composicao-mineral-alfafa-13693-1.pdf. Acesso em: 8 set. 2025.

QUEIROZ, Antonio Tarcisio da Silva; OLIVEIRA, Bruno Costa de. Ação de microrganismos promotores do crescimento de plantas: uma revisão sistemática da literatura. **Revista PsiPro/PsiPro Journal**, v. 2, n. 5, p. 98-112, 2023.

REED, Elizabeth et al. Plant-microbe and abiotic factors influencing Salmonella survival and growth on alfalfa sprouts and Swiss chard microgreens. **Applied and Environmental Microbiology**, [S. l.], v. 84, n. 9, p. e02814-17, 2018.

RENNA, Massimiliano et al. Microgreens production with low potassium content for patients with impaired kidney function. **Nutrients**, [S. l.], v. 10, n. 6, 675, 2018.

REZENDE, Fernanda Mendes de et al. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. **Laboratório de Ensino de Botânica**, [S. l.], v. 93, 2016.

SANTNER, Aaron; ESTELLE, Mark. Recent advances and emerging trends in plant hormone signalling. **Nature**, London, v. 459, n. 7250, p. 1071-1078, 2009.

SANTOS, Fabio Lemes dos; COSTA, Edlaine Santos da; LIMA, Cláudia Simone Madruga. Diferentes substratos no desenvolvimento e na pós-colheita de microverdes de beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, [S. l.], v. 21, n. 2, 2020.

SANTOS, Valdere Martins dos et al. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013.

SARTORELLI, Cláudia Silva do Carmo. **Caracterização química da parte aérea de cenoura** (*Daucus carota*) **e beterraba** (*Beta vulgaris*), **visando ao aproveitamento na alimentação humana**. 1998. [S. l.: s. n.], 1998.

SCHARDONG, Elisangela et al. A resposta ao potencial de desenvolvimento do broto de alfafa (*Medicago sativa* L.) com o uso de luz durante o ciclo de crescimento. **Revista Mirante**, [S. l.], v. 3, p. 68-74, 2013.

SENHORAS, Elói Martins. Oportunidades da cadeia agroindustrial do coco verde: do coco verde nada se perde, tudo se desfruta. **Revista Urutágua**, Maringá, v. 5, p. 08-11, 2004.

SILVA, Alasse Oliveira da. **Uso de microrganismos promotores de crescimento na produção, qualidade e bioquímica de microverdes de hortaliças em ambiente indoor**.

2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2023. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-02102023-152800/. Acesso em: 07 out. 2025.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017.

TANGSONS BIOTECH. ***Bacillus methylotrophicus* used in agriculture**. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: https://www.tangsonsbio.com/product-56-bacillus-methylotrophicus.html. Acesso em: 2 jun. 2025.

TREADWELL, Danielle et al. Microgreens: uma nova cultura especial: HS1164, rev. 9/2020. **Edis**, [S. l.], v. 2020, n. 5, 2020.

VILELA, Duarte et al. O desenvolvimento tecnológico das cadeias produtivas latino-americanas. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 29, n. 3, p. 55, 2020.

XIAO, Zhenlei et al. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 60, n. 31, p. 7644-7651, 2012.

XIAO, Zhenlei et al. Microgreens de Brassicaceae: Composição mineral e conteúdo de 30 variedades. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S. l.], v. 49, p. 87-93, 2016.

XIAO, Zhenlei et al. Proliferation of *Escherichia coli* 0157: H7 in Soil-Substitute and Hydroponic Microgreen Production Systems. **Journal of Food Protection**, [S. l.], v. 78, n. 10, p. 1785-1790, 2015.

ZUPPARDO, João Pedro Junqueira Pedras et al. Growth promotion of radish microgreens with *Trichoderma harzianum* inoculation. **Revista de Agricultura Neotropical**, Boa Vista, v. 11, n. 2, p. e8633-e8633, 2024.