



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BIOINSUMOS NA PRODUÇÃO DE MIRTILEIROS (*Vaccinium corymbosum L.*) CV. BILOXI NO DISTRITO FEDERAL

GABRIEL SUPPA DE PINHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

JULHO/2022



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BIOINSUMOS NA PRODUÇÃO DE MIRTILEIROS (*Vaccinium corymbosum L.*) CV. BILOXI NO DISTRITO FEDERAL

GABRIEL SUPPA DE PINHO

ORIENTADOR: PROF. DR. OSVALDO KYIOSHI YAMANISHI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: ---/2022

BRASÍLIA/DF

JULHO/2022



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BIOINSUMOS NA PRODUÇÃO DE MIRTILEIROS (*Vaccinium corymbosum L.*) CV. BILOXI NO DISTRITO FEDERAL

GABRIEL SUPPA DE PINHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

OSVALDO KYIOSHI
YAMANISHI, Dr. (ORIENTADOR)/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária -
Universidade de Brasília/CPF: 065.273.838-34 /e-mail: okyamanishi@gmail.com

FIRMINO NUNES DE LIMA,
Dr. (EXAMINADOR EXTERNO)/Consultor Independente/CPF: 042.130.903-29/e-
mail: minonunes@hotmail.com

MÁRCIO DE CARVALHO
PIRES, Dr. (EXAMINADOR INTERNO)/Faculdade de Agronomia e Medicina
Veterinária - Universidade de Brasília/CPF: 844.256.601-53/e-mail: mcpires@unb.br

BRASÍLIA/DF, 08 de Julho de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

PINHO, G.S.

Bioinsumos na produção de mirtilheiros (*Vaccinium corymbosum L.*) Cv Biloxi no Distrito Federal.

Orientação: Osvaldo Kyioshi Yamanishi, 2022

97f.:il.

Dissertação de mestrado (M) – Universidade de Brasília – UnB/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2022.

1. Mirtilo. 2. Bioinsumos. 3. Bactérias 4. BioAS. 5. Sustentabilidade.

Yamanishi, O. K. Dr. Título do Orientador

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PINHO, G. S. **Bioinsumos na produção de mirtilheiros (*Vaccinium corymbosum L.*) Cv Biloxi no Distrito Federal.**

Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília – UnB, 2022. – 97p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: Gabriel Suppa de Pinho

Título da Dissertação de Mestrado: BIOINSUMOS NA PRODUÇÃO DE MIRTILEIROS (*Vaccinium corymbosum L.*) CV. BILOXI NO DISTRITO FEDERAL

Grau: Mestre.

Ano: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

RESUMO GERAL

Com o aumento da população mundial e, conseqüentemente da demanda por alimentos, mais recentemente tem aumentado também o interesse geral em sustentabilidade e práticas para que este aumento de produção não cause danos irreversíveis ao meio ambiente. A utilização de insumos biológicos, ou bioinsumos, na agricultura pode trazer inúmeros benefícios tanto para regeneração do solo como para qualidade e quantidade na produção de espécies cultivadas. Este trabalho, em dois capítulos, teve o objetivo de observar a ação de bioinsumos à base de microrganismos eficientes e ácidos húmicos e fúlvicos no desenvolvimento da cultura do mirtilo (*Vaccinium corymbosum*) Cv Biloxi e também na saúde biológica do solo. Os bioinsumos aplicados foram i: Brutal Plus Minhofétil; ii: Samurai King ®; e iii: EM-1 ®, que foram usados nos seguintes tratamentos: 1. Brutal Plus; 2. Samurai King; 3. EM-1; 4. Brutal Plus + Samurai King; 5. Brutal Plus + EM-1; 6. Samurai King + EM-1; 7. Brutal Plus + Samurai King + EM-1, além do tratamento testemunha, sem aplicação, neste trabalho tratado como tratamento 0. Para aplicação contínua em substrato, não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos para os dados do primeiro ano, quanto às variáveis relativos aos frutos, enquanto nas plantas as únicas variáveis nas quais não foram observadas diferenças foram altura de plantas e produtividade. O tratamento que mais se destacou foi o tratamento 6. Já em 2021, houve diferença para massa média de frutos e número de frutos por semana, além de nas plantas só não haver diferenças para as variáveis número de brotações, número de folhas e clorofila. O segundo ano contou destaque para o tratamento 7, com bom desempenho também para o tratamento 1. No capítulo 2, com plantas cultivadas em solo, só houve diferença para a variável massa seca da parte aérea, onde se viu superioridade para o tratamento 1. Após realização da BioAS, os melhores IQS Fertibio foram encontrados para os tratamentos 5 e 6, com maior ação também das enzimas arilsulfatase e betaglicosidase. O experimento demonstrou efeito positivo da aplicação dos bioinsumos, tanto para as plantas como para o solo, sendo interessantes estudos futuros para determinação de melhores doses e métodos de aplicação.

Palavras-Chave: *Vaccinium corymbosum*, microfauna, enzimas do solo, Bioanálise.

GENERAL ABSTRACT

With the increase in the world population and, consequently, in the demand for food, more recently, there has also been a general interest in sustainability and practices so that this increase in production does not cause irreversible damage to the environment. The use of biostimulants in agriculture can bring numerous benefits both for soil regeneration and for quality and quantity in the production of cultivated species. This work, in two chapters, aimed to observe the action of biostimulants based on efficient microorganisms and humic and fulvic acids in the development of the blueberry crop (*Vaccinium corymbosum*) Cv Biloxi and also in the biological health of the soil. The bioinputs applied were i: Brutal Plus Minhofétil; ii: Samurai King®; and iii: EM-1 ®, which were used in the following treatments: 1. Brutal Plus; 2. Samurai King; 3 IN 1; 4. Brutal Plus + Samurai King; 5. Brutal Plus + EM-1; 6. Samurai King + EM-1; 7. Brutal Plus + Samurai King + EM-1, in addition to the control treatment, without application, in this work treated as treatment 0. For continuous application on substrate, no significant difference was found between treatments for the first year data, regarding the variables related to the fruits, while in the plants the only variables in which no differences were observed were plant height and productivity. The treatment that stood out the most was treatment 6. In 2021, there was a difference in the average fruit mass and number of fruits per week, in addition to the fact that in plants there were no differences for the variables number of shoots, number of leaves and chlorophyll. The second year featured a highlight for treatment 7, with good performance also for treatment 1. In chapter 2, with plants grown in soil, there was only difference for the variable shoot dry mass, where superiority was seen for treatment 1. After performing the BioAS, the best Fertibio SQIs were found for treatments 5 and 6, with greater action also of arylsulfatase and beta-glucosidase enzymes. The experiment showed a positive effect of the application of biostimulants, both for plants and for the soil, and future studies are interesting to determine the best doses and application methods.

Key-words: *Vaccinium corymbosum*, microfauna, soil enzymes, bioanalysis

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Temperatura, Umidade e Precipitação – Brasília-DF, 2020/2021. Fonte: INMET.....	53
Figura 2. Sistema de Irrigação.....	54
Figura 3. Medições realizadas com equipamento IRGA.....	57
Figura 4. Evolução da Massa média de frutos para os diferentes tratamentos nos anos de 2020 e 2021.....	66
Figura 5. Evolução do Número de frutos por semana para os diferentes tratamentos nos anos de 2020 e 2021.....	67
Figura 6. Temperatura, Umidade e Precipitação – Brasília-DF, 2022. Fonte: INMET.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características microbiológicas do bioinsumo Samurai King®. Brasília-DF, 2020.....	45
Tabela 2. Composição do bioinsumo EM1®.....	46
Tabela 3. Densidade Seca (DS); porosidade total (PT); pH; condutividade elétrica (EC); Matéria orgânica (M.O) e teores cálcio (Ca); magnésio (Mg) e Ferro Fe) do substrato casca de arroz natural. Brasília-DF, 2020.....	53
Tabela 4. Teste de Tukey para a variável Massa média de frutos por semana por planta (MFS), Brasília – DF, 2022.....	59
Tabela 5. Teste de Tukey para a variável Número de frutos por semana por planta (NFS), Brasília – DF, 2022.....	60
Tabela 6. Teste de Tukey para a variável Massa média por fruto (MPF), Brasília – DF, 2022.....	62
Tabela 7. Teste de Tukey para o total de açúcares solúveis (°BRIX), Brasília – DF, 2022.....	63
Tabela 8. Teste de Tukey para a variável volume de frutos, Brasília – DF, 2022.....	69
Tabela 9. Teste de Tukey para a variável altura de plantas (AP), Brasília – DF, 2022...	70
Tabela 10. Teste de Tukey para a variável produtividade (PROD), Brasília – DF, 2022.....	71
Tabela 11. Teste de Tukey para a variável número de brotações (NB), Brasília – DF, 2022.....	72
Tabela 12. Teste de Tukey para índice de clorofila (CLO ATLEAF), Brasília – DF, 2022.....	74
Tabela 13. Teste de Tukey para a variável Diâmetro do caule (DC), Brasília – DF, 2022.....	75
Tabela 14. Teste de Tukey para a variável número de folhas (NFOLHAS), Brasília – DF, 2022.....	76

Tabela 15. Teste de Tukey para a variável área foliar (AFOLIAR), Brasília – DF, 2022.....	77
Tabela 16. Teste de Tukey para análises realizadas com equipamento IRGA, para os parâmetros taxa de fotossíntese (FOTO), condutância estomática (CE), carbono interno (CI) e taxa de transpiração (TRANSP).....	78
Tabela 17. Quadro da análise de variância para a variável massa seca da parte aérea (MSPA).....	90
Tabela 18. Teste de médias de Tukey para as variáveis altura de plantas (AP), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSR).....	91
Tabela 19. Tabela da Bioanálise do solo para os 7 tratamentos e a testemunha (tratamento 0).....	92
Tabela 20. Legenda para interpretação da Bioanálise do solo. Valores calculados e ajustados para culturas anuais em solos do cerrado brasileiro.....	93

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. HIPÓTESES.....	14
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
4.1. ORIGEM E HISTÓRICO DA CULTURA.....	15
4.2. TAXONOMIA E BOTÂNICA.....	17
4.3. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E USOS.....	20
4.4. MANEJO CULTURAL	22
4.4.1. MANEJO DE PODAS	22
4.4.2. PRAGAS E DOENÇAS	24
4.4.3. SOLO	26
4.5. ADUBAÇÃO E IRRIGAÇÃO	28
4.6. BIOINSUMOS OU BIOESTIMULANTES.....	30
4.6.1. MICRORGANISMOS EFICIENTES.....	31
4.7. COLHEITA E PÓS-COLHEITA	34
4.8. BIOANÁLISE DO SOLO.....	35
4.9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
5. METODOLOGIA COMUM PARA OS 2 CAPÍTULOS	45
5.1. BRUTAL PLUS (MINHOFÉRTIL).....	45
5.2. SAMURAI KING ®	46
5.3. EM1®.....	46
CAPÍTULO I: REAÇÃO DE PLANTAS DE MIRTILO ‘BILOXI’ À APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS	48
1. RESUMO.....	49
2. ABSTRACT.....	50
3. INTRODUÇÃO.....	51

4. MATERIAIS E MÉTODOS	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
6. CONCLUSÕES.....	79
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
CAPÍTULO II: EFEITO DA APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS NA SAÚDE DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE MIRTILO	
1. RESUMO.....	84
2. ABSTRACT.....	85
3. INTRODUÇÃO.....	85
4. MATERIAIS E MÉTODOS	87
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
6. CONCLUSÕES.....	95
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

1. INTRODUÇÃO GERAL

O blueberry ou mirtilo, alimento que vem crescendo em consumo anualmente no mundo, é o fruto do mirtilheiro (*Vaccinium spp.*), arbusto pertencente à família Ericaceae. A planta produz pequenos frutos redondos de cor preto-azulada, e seu uso na alimentação geralmente está associado a benefícios a saúde como melhora na visão, efeitos anti-inflamatórios e antioxidantes (CHU *et al.*, 2018).

O gênero *Vaccinium* apresenta divergências entre autores quanto à classificação taxonômica, sendo citadas cerca de 450 espécies. A origem das espécies está distribuída em cerca de 40% nativas do sudeste asiático, 25% originadas na América do Norte e 10% nas Américas Central e do Sul. O restante das espécies tem suas origens espalhadas ao redor do mundo. O grupo dos Highbush Blueberries cultivados atualmente é derivado de três espécies: *V. australe*, *V. corymbosum* e *V. angustifolium* (lowbush), tendo suas características fenotípicas mais próximas de *V. australe* (LUBY *et al.*, 1991).

Os mirtilos dos grupos highbush e rabbiteye apresentam sistema radicular muito fino e fibroso e não apresenta pelos radiculares (DARNELL, 2006). É uma cultura que exige pH do meio de cultivo ácido, entre 4,5 e 5,5, o que influencia na disponibilidade de nutrientes e sua absorção pelas plantas. Seu crescimento é inibido quando ocorre em um pH elevado (RETAMALES e HANCOCK, 2018). Isso se deve provavelmente ao fato de a planta ter tido sua evolução em terrenos com solos com baixos níveis de nutrientes e altos níveis de estresse (DRUMMOND *et al.*, 2009).

A presença de antioxidantes nos frutos levou-os a ser considerados mantenedores da longevidade, já que os compostos são responsáveis por inibir a degradação oxidativa nos tecidos do corpo. A quantidade e tipo destes antioxidantes é determinada tanto por fatores intrínsecos como a espécie e a genética, quanto extrínsecos, como temperatura, umidade, manejo e outros fatores ambientais (ROCHA, 2009).

Além das propriedades funcionais, o fruto é apreciado por seu sabor característico doce-ácido e sua produção e consumo estão em franca expansão no mundo. Segundo dados da FAO (2021), no ano de 2019 foram produzidas aproximadamente 823.328 toneladas do fruto mundialmente. A maior parte da produção é destinada ao consumo in natura, porém há uma parte que é destinada à indústria para produção de geleias, sucos, recheios de bolos e outros produtos (LUBY *et al.*, 1991). A produção no Brasil está concentrada na região sul devido às exigências climáticas da maioria das cultivares, mas

com a introdução em 2010 de variedades Southern Highbush do sul da Florida, como ‘Jewel’ e ‘Biloxi’, a área plantada com a cultura tende a aumentar em outras regiões do país (MEDINA *et al.*, 2018).

A cultivar Biloxi, de domínio público, é uma cultivar pertencente ao grupo Southern Highbush, que produz frutos de tamanho pequeno a médio. Esta cultivar é considerada “no-chill”, não necessitando de horas de frio para completar seu ciclo e apresentando baixo desempenho em locais com mais de 150 horas de frio (FALL CREEK FARM AND NURSERY, 2020). A variedade foi desenvolvida nos EUA pela USDA em parceria com estações de pesquisa em Beltsville e Poplarville, por meio do cruzamento entre ‘Sharpeblue’ X US329, e é uma cultivar tetraploide (SPIERS, 2002).

A associação simbiótica das plantas com microrganismos é vantajosa, apresentando ganhos tanto no desenvolvimento das plantas como na prevenção a danos causados por doenças (MAZUR *et al.*, 2019). Segundo Bizabani, Fontenla e Dames (2016) a interação depende tanto da espécie de fungo na associação, quanto da variedade de mirtilo utilizada. As espécies podem ser de fungos ou bactérias e cada uma traz diferentes resultados. Pode ser feita a inoculação de plantas com bioinsumos.

Os bioinsumos são substâncias, diferentes de fertilizantes, que promovem o desenvolvimento e as defesas das plantas quando aplicados em pequenas quantidades. Geralmente são substâncias ou compostos extraídos de fontes naturais (KAUFFMAN *et al.*, 2007). Du Jardin (2015) classifica os produtos em sete diferentes grupos, sendo dois deles compostos pelos fungos benéficos e bactérias benéficas. Os microrganismos eficientes foram estudados pelo Dr. Teruo Higa, no Japão, e foram descritos como organismos que aumentam a diversidade microbiana do solo e melhoram a ciclagem de nutrientes (CORALES e HIGA, 2002).

Um exemplo de microrganismo que desenvolve relação de simbiose com mirtilos são as micorrizas ericoides. Para isso deve ocorrer a interação correta entre os integrantes da relação, que pode levar a aumento no desenvolvimento das plantas e prevenção de infecções por doenças e pragas (BIZABANI; FONTENLA e DAMES, 2016). Segundo Iriti *et al.* (2019), plantas tratadas com microrganismos eficientes demonstraram manutenção da taxa fotossintética ótima por mais tempo do que plantas sem aplicação, além de terem sua produtividade aumentada independente do substrato utilizado.

É comum também o uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas. Momoli (2018) verificou aumento no crescimento dos ramos, número de folhas, área foliar, produção por planta e produtividade em experimento no Paraná, além de melhoras na fotossíntese e aproveitamento da água com relação a plantas controle de mirtilo. Apesar disso, os frutos apresentaram menor teor de sólidos solúveis. As comunidades de bactérias endofíticas podem suportar estresses ambientais diversos melhor do que as bactérias rizosféricas (PRASAD *et al.*, 2019). Além desses usos, as bactérias podem ainda ser utilizadas para detoxificação de solos com persistência de Clorpirifós, pesticida organofosforado (DURASAMY; MUTHUSAMY e BALAKRISHNAN, 2018).

Visando melhoras no crescimento das plantas e na qualidade de frutos, este trabalho teve o objetivo de avaliar as características de plantas e frutos de mirtilo da cultivar Biloxi (Southern Highbush Blueberry) sob aplicação de três diferentes Bioinsumos produzidos a base de microrganismos eficientes e suas combinações.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o cultivo de mirtilos (*V. corymbosum* L.) Southern Highbush, da cultivar Biloxi com a aplicação de Bioinsumos à base de microrganismos eficientes e ácidos húmicos e fúlvicos, nas condições de Brasília – DF.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desempenho agrônômico das plantas de mirtilos ‘Biloxi’;
- Apurar mudanças na produtividade e na qualidade dos frutos produzidos com a aplicação dos Bioinsumos;
- Identificar diferenças na qualidade biológica do solo sob aplicação dos diferentes bioinsumos.

3. HIPÓTESES

1ª. A aplicação dos bioinsumos proporcionará melhora nos parâmetros produtivos e de crescimento das plantas de mirtilo;

2ª. A aplicação dos bioinsumos terá influência na qualidade dos frutos e no teor de nutrientes.

3ª. A aplicação dos bioinsumos trará melhoras à qualidade biológica do solo.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. ORIGEM E HISTÓRICO DA CULTURA

Os mirtilos são frutos de plantas pertencentes ao gênero *Vaccinium*, da família Ericaceae. Seus frutos são apreciados pelo sabor doce-ácido e principalmente pelos diversos benefícios aos quais seu consumo está associado. Dentre os grupos cultivados, o que mais se destaca é o grupo dos Highbush, que são geralmente grandes arbustos, produtores de frutos médios a grandes. O gênero é muito antigo e o número de espécies varia entre 150 e 450 na literatura (LUBY *et al.*, 1991). Os centros de origem do gênero estão distribuídos com 40% das espécies com origem na Ásia, 35% nas Américas e os outros 25% espalhados ao redor do mundo. As espécies mais importantes estão presentes nas seções *Cyanococcus*, *Oxycoccus*, *Vitis-Idaea*, *Myrtillus* e *Vaccinium*. Atualmente as espécies mais cultivadas são *V. corymbosum* L., *V. ashei* Reade (syn. *V. virgatum* Ait.) e *V. angustifolium*, dos grupos Highbush, Rabbit-eye e Lowbush, respectivamente, todas elas pertencentes à seção *Cyanococcus* (SONG e HANCOCK, 2010). As espécies do grupo *Cyanococcus* são encontradas ocorrendo naturalmente nas partes central e leste da América do Norte, centro de origem das espécies de mirtilo.

Diferentemente das uvas, que possuem os primeiros registros de sua domesticação por volta de 5000 anos a. C. (GUARINELLO, 1997), e dos figos, que tem registros arqueológicos fossilizados de mais de 11 mil anos, no período Neolítico (KISLEV, HARTMANN e BAR-YOSEF, 2006), os mirtilos ou blueberries, tem sua domesticação ocorrendo somente no início do século XX. Anteriormente, era encontrada certa dificuldade no cultivo da planta, e os frutos eram aproveitados somente do extrativismo de florestas locais nos Estados Unidos, tendo pouquíssimas tentativas de plantio prosperado. O primeiro experimento para domesticação dos mirtileiros foi desenvolvido

pelo Dr. Frederick Vernon Coville, em parceria com George W. Oliver, da Bureau of Plant Industry, com o plantio de algumas sementes no início do ano de 1906 (MAINLAND, 2012). Neste primeiro experimento, os pesquisadores foram capazes de determinar exigências da planta quanto ao tipo de solo para germinação e quanto a baixa exigência em nutrição.

A partir daí, foram conduzidos diversos outros experimentos, com o objetivo de explorar o potencial econômico da cultura, principalmente por meio da produção de frutos maiores. As primeiras seleções com fins de melhoramento foram denominadas ‘Brooks’ e ‘Russel’, adquiridas de plantas em fazendas próximas a Greenland, New Hampshire, EUA, e nos anos seguintes foram coletados diversos outros materiais de várias partes do país. Estes estudos deram origem a novos trabalhos pelo Dr. Frederick Coville e sua equipe de colaboradores, que produziram nas décadas seguintes diversas variedades que foram utilizadas para fins de melhoramento genético e outras que até os dias atuais ainda são utilizadas e melhoradas, como as cultivares ‘Bluecrop’ e ‘Jersey’ (MAINLAND, 2012). Moore (1965) descreveu os métodos de melhoramento utilizados no cultivo do mirtilo, destacando a polinização cruzada fazendo-se emasculação nas flores, dentro de estufas com as condições controladas, sendo a colheita feita de 45 a 60 dias após a polinização, e recolhidas as sementes.

Em meados dos anos 1940, teve início programa de melhoramento em Tifton, Georgia, que contou com diversos pesquisadores e lançou sua primeira variedade com qualidade comercial em 1955, ‘Tifblue’. A partir das décadas de 1960 e 1970 a produção aumentou no estado, junto com o interesse da população e a parceria com associações produtoras de outros estados. Nessa época se popularizaram mercados populares, em que o cliente escolhia seus próprios frutos (pick-your-own), que alavancaram ainda mais o mercado de blueberries, e que fizeram com que a Georgia se tornasse um dos maiores estados produtores do fruto nos Estados Unidos (KREWER e NESMITH, 2002).

A cultivar Biloxi foi lançada em 1998, produzida pelo programa de melhoramento do Departamento de Agricultura do Estados Unidos, nas cidades de Beltsville e Poplarville, localizadas nos estados de Maryland e Mississippi, respectivamente. A cultivar apresentou baixa exigência de frio e florescimento precoce em relação a cultivares do grupo rabbit-eye (SPIERS *et al.*, 2002). A variedade pertence ao grupo Southern Highbush, e apresenta florescimento precoce, frutos com acidez e doçura balanceados e é indicada para o plantio em áreas quentes, em que não há frio suficiente

para quebra da dormência em outras variedades (considerada “no-chill”), como o Brasil e outros países da América do Sul (FALL CREEK FARM AND NURSERY, 2021), além de ser uma cultivar de domínio público.

Em 1946, o Professor S. A. Pieniżek introduziu na Polônia algumas variedades trazidas dos Estados Unidos. Lá, foi constatada difícil adaptação da planta às condições locais, fato que foi contornado por meio do plantio em recipientes, ou vasos, com uso de solo extraído das florestas. Depois de várias tentativas, nas décadas de 1960 e 1970 houveram avanços no manejo da fertilização e a constatação do pH ideal entre 3,6 e 3,8 (extraído em KCl). A partir disso, realizaram-se vários testes, que demonstraram a aptidão das cultivares do Dr. Frederick Coville também na Europa (SMOLARZ, 2006).

As regiões produtoras estão concentradas, além da América do Norte, na América do Sul e na Europa, sendo responsáveis por 17% e 10% da área plantada mundialmente no ano de 2005. Na Europa os principais produtores são a Polônia e a Alemanha, e na América do Sul se destacam Argentina e Chile (BRAZELTON e STRIK, 2007), e mais recentemente o Peru (FAO, 2021). Oceania e Ásia ainda apresentavam pequena produção no ano de 2005, apesar do grande interesse dos países asiáticos no fruto.

Os primeiros exemplares de mirtilo foram introduzidos no Brasil pela Embrapa, em 1983, para estudos e avaliação do potencial da cultura na região de Pelotas - RS. Primeiro foram trazidas plantas do grupo rabbiteye, pois acreditava-se que teriam melhor desempenho em áreas com menor ocorrência de frio, e depois, na década de 1990 foram trazidas dos EUA algumas variedades do grupo Highbush (PAGOT e HOFFMANN, 2003). A produção comercial se iniciou no município de Vacaria - RS, que tinha cerca de 18 hectares plantados em 2004. No princípio as principais cultivares eram ‘Climax’, ‘Delite’ e ‘Powderblue’, depois evoluiu-se para o uso de cultivares Highbush como ‘Duke’ e ‘O’Neal’ (BAÑADOS, 2006). Havia pequena produção também nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

4.2. TAXONOMIA E BOTÂNICA

Os highbush blueberries são plantas de hábito principalmente arbustivo, e sua classificação taxonômica apresentou divergências entre autores desde 1945. Em trabalho desenvolvido por Camp (1945), foi proposta uma classificação que dividiu o grupo em

12 espécies: *V. fuscatum*; *V. atrococcum*; *V. caesariense*; *V. elliottii*; *V. australe*; *V. corymbosum*; *V. arkansanum*; *V. marianum*; *V. simulatum*; *V. constablaei*; *V. ashei* e *V. amoenum*. Nesta classificação, *Vaccinium corymbosum* L. era descrito como um híbrido tetraploide contendo características de 4 outras populações incorporadas, sendo elas de *V. australe*, *V. arkansanum*, *V. marianum* e *V. angustifolium*. A descrição era de plantas com 1,10 a 3,30 m de altura, folhas com margens serrilhadas, levemente pubescentes, subglaucas e com frutos de cores variáveis.

Em estudo com 94 populações de plantas de mirtilo dos Estados Unidos, Vander Kloet (1980) encontrou poucas diferenças entre a maioria dos grupos descritos por Camp (1945), separando as populações em 3 grupos distintos: uma população diploide, espalhada pelo sudeste do país; uma população tetraploide, distribuída no nordeste do país e em áreas próximas do Canadá; e algumas populações isoladas de indivíduos hexaploides presentes em encostas de montanhas em vários estados. As diferenças encontradas entre as populações, porém, não separavam de forma consistente as populações, levando ao pensamento de que estas deveriam ser consideradas como uma espécie ainda em surgimento (*in statu nascendi*). Segundo o autor, pelo fato de as populações serem consideradas “invasoras” e de fácil hibridação, a mistura genética era esperada.

Os mirtilos do grupo Highbush blueberry são pertencentes à família Ericaceae, gênero *Vaccinium*, subseção *Cyanococcus*, espécie *Vaccinium corymbosum* L. (VANDER KLOET, 1980). Apresentam folhas simples, podendo ter os bordos inteiros ou serrilhados, que são dispostas opostamente nos ramos. O formato de folhas pode variar desde elíptico a ovalado e lanceolado. Em sua maioria, os mirtileiros são arbustos decíduos, porém algumas variedades “low-chill” podem crescer de forma “evergreen” (RETAMALES e HANCOCK, 2018), nas quais a substituição e renovação de folhas somente ocorreria por meio de podas.

As flores do mirtilo são compostas de 5 pétalas e 5 sépalas soldadas, apresentando de 8 a 10 estames e um estigma único fundido ao ovário, podendo as pétalas serem brancas ou levemente rosadas, surgindo em inflorescências do tipo rácimo. A primeira inflorescência ocorre na ponta do ramo, surgindo as subseqüentes em gemas dos nós inferiores. As inflorescências produzem mais frutos no topo do que nos nós inferiores, produzindo de 9 a 10 flores nas gemas primárias (topo), 8 nas terciárias e 7 em média nas quaternárias. Nos Highbush Blueberries, o tempo que o estigma se mantém receptivo ao

pólen varia de 5 a 8 dias, enquanto no grupo Rabbiteye esse tempo é de 5 a 6 dias (RETAMALES e HANCOCK, 2018; GOUGH, 1994).

As plantas apresentam dormência, que pode ser classificada como ecodormência, pelo fato de o processo estar ligado a fatores externos como o clima. Os mirtilheiros têm seu período de dormência geralmente no inverno, período em que acumulam horas de frio. A quantidade de horas de frio (abaixo de 7,2°C) varia para cada cultivar, sendo relatadas quantidades entre 150 e 450 horas para a maioria das cultivares de Rabbiteye e Highbush (SCHUCHOVSKI e BIASI, 2021; LUBY *et al.* 1991).

O fruto é composto de 5 lóculos, podendo chegar a 25 mm de diâmetro. É um fruto verdadeiro, proveniente da maturação do ovário, e apresenta formato de redondo a oblongo. A queda das pétalas pode causar certa cicatriz no fruto, porém não compromete sua qualidade. A cor dos frutos varia de preto a azulado ou avermelhado, podendo ser esbranquiçado devido à película cerosa que os reveste (GOUGH, 1994). Esta película de cera é chamada de pruína, que é hidrofóbica e tem função de proteção do fruto contra desidratação por transpiração, além de limitar o desenvolvimento de patógenos, tendo grande importância na pós-colheita e tempo de prateleira dos frutos (CHU *et al.*, 2018).

O sistema radicular é dividido em dois tipos principais de raízes, que se distribuem em cerca de 85% do total nos primeiros 60 cm de solo ou substrato, concentrando-se principalmente nos primeiros 30 cm. As raízes conhecidas como primárias tem função de armazenamento, sendo mais grossas, enquanto as chamadas secundárias e terciárias têm papel de absorção de água e nutrientes do solo, sendo bem finas e fibrosas, com diâmetros muitas vezes inferiores a 1 mm. O meristema apical das raízes é coberto com uma capa mucilaginosa, e é responsável pelo crescimento radicular por meio da divisão celular. À medida que vão envelhecendo, a anatomia das raízes se torna mais semelhante à de ramos. O crescimento de raízes apresenta dois picos, o primeiro na época de floração e formação dos frutos, e o segundo e mais intenso, que ocorre no início da colheita e se estende até pouco antes das plantas entrarem em estágio de dormência. As raízes são finas e não apresentam pelos radiculares, sendo auxiliadas por micorrizas ericóides na absorção e fixação de nutrientes. A colonização por micorrizas ocorre em maior intensidade nas raízes mais novas, diminuindo à medida que as raízes vão envelhecendo e assumindo papel de armazenamento (RETAMALES e HANCOCK, 2018; GOUGH, 1994).

4.3. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E USOS

Além de ter a maior produção de frutos de mirtilo mundialmente, a América do Norte é também o maior mercado consumidor do mundo, conseguindo atender às demandas pelo fruto, tanto domésticas como internacionais, havendo ainda bastante espaço para crescimento da produção (BRAZELTON, 2011). Entre 1992 e 2003 a área plantada com mirtilos na América do Norte aumentou em 30%, sendo a maior parte deste crescimento no Canadá. No México, a área plantada estimada em 2003 era de 28,3 ha (STRIK e YARBOROUGH, 2005), área que já atinge 4319 ha no ano de 2019 (FAO, 2021).

Os mirtilos podem ser comercializados frescos ou processados. Segundo Brazelton (2011), em alguns estados dos Estados Unidos como Washington, Oregon e Michigan, a comercialização de frutos processados foi maior do que a de frutos frescos, nos anos de 2008 e 2010. Nos estados do norte há a tendência de comercialização de frutos processados devido à maior ocorrência de variedades do grupo lowbush.

Na América do Sul, o plantio foi primeiramente introduzido no Chile, em meados da década de 1980, com cultivares trazidas dos Estados Unidos e Nova Zelândia para estudos como nova cultura em potencial para a região. Os primeiros cultivos foram feitos na região Sul do Chile, em latitudes mais elevadas, porém os altos preços para o fruto em outubro e novembro levaram à introdução de variedades low-chill em plantios no Norte do país (RETAMALES *et al.*, 2014). Na Argentina, o primeiro pomar registrado data de 1991, próximo de Buenos Aires. Em 2003/2004 foram registrados 1200 há plantados, com produção de 900 toneladas de frutos no país, principalmente nas regiões de Tucumán, Entre-Ríos e Buenos Aires, com uso da cultivar ‘O’Neal’, predominantemente, e 95% dos frutos destinados à exportação. No mesmo ano, a produção estimada no Uruguai foi de 60 toneladas em aproximadamente 100 ha plantados (BAÑADOS, 2006). Atualmente o maior *player* do mercado internacional da América do Sul é o Perú, com produção de 142.427 toneladas do fruto em 8502 ha no ano de 2019 (FAO, 2021).

Na China, já são plantadas variedades tanto do grupo lowbush como do highbush. O mercado consumidor de blueberry da China é um dos que cresce mais rápido no mundo, sendo a demanda muito maior do que a oferta, necessitando, portanto, de importação. O governo chinês promove esforços como ofertas de terra e financiamentos para que a cultura, de alto valor agregado, possa se desenvolver no país. A produção chinesa é também exportada principalmente para outros países Asiáticos, apesar de ainda

apresentar algumas limitações como na colheita e no transporte dos frutos para os grandes centros de distribuição e consumo como Pequim e Shangai (LONGSTROTH, 2011).

No ano de 2019, foram produzidas no mundo cerca de 823.328 toneladas de mirtilos, em uma área total de 119.472 ha, com uma produtividade média de 6891,4 kg ha⁻¹. Deste total, os Estados Unidos são responsáveis por 308.760 toneladas produzidas, representando 37,5% da produção mundial do fruto. A produção neste ano no Canadá foi de 176.127 toneladas, superando toda a Europa, que obteve um total de 136.495 toneladas colhidas. Em termos de área plantada, destaca-se também os Estados Unidos e Canadá, com 41.560 e 40.623 hectares plantados, respectivamente. Em termos de produtividade, o Peru apresenta domínio absoluto, com média de 16.752,2 kg ha⁻¹, maior que o dobro da média de produtividade americana, que foi de 7.429,3 kg ha⁻¹ (FAO, 2021).

Em 2004, no Brasil, a produção estava concentrada nos municípios de Vacaria – RS, Caxias do Sul – RS, Campos do Jordão – SP e Barbacena – MG. A produção em 2002 e 2003 foi de 14 e 12 toneladas, respectivamente, nos municípios do Rio Grande do Sul. Foram exportados em 2002 4 toneladas de frutos, gerando uma receita de aproximadamente US\$ 24.000,00, demonstrando o alto valor agregado e potencial da cultura (ANTUNES *et al.*, 2006). Atualmente o cultivo se estende por outros estados da região Sul, Minas Gerais e São Paulo, e experimentos já demonstram aptidão para o cultivo em regiões mais quentes, como o cerrado brasileiro (LIMA *et al.*, 2020), com adequado manejo de solo e adubação.

Os mirtilos podem ser processados para a forma de chás, vinagres, xaropes, vinhos, sucos, geleias e muitos outros produtos. Pesquisas demonstram que o interesse dos consumidores por produtos processados de mirtilo existe e está associado principalmente com a idade do consumidor e o seu conhecimento prévio sobre os benefícios que o consumo do fruto pode trazer (HU *et al.*, 2011).

As antocianinas são compostos responsáveis pela pigmentação avermelhada e/ou azulada presentes nos frutos de mirtilo (UPTON, 2001) e em menor quantidade em suas folhas (WANG *et al.*, 2015). Estes compostos possuem propriedades antioxidantes, atuando no sequestro de radicais livres na corrente sanguínea e quelação de íons metálicos (MAZZA *et al.*, 2002), e atuam principalmente contra doenças relacionadas ao envelhecimento. Nicoué, Savard & Belkacemi (2007) acessaram o perfil de antocianinas em mistura processada de *V. angustifolium* e *V. myrtilloides*, observando, além de outros

compostos, Cianidina 3-propionil-galactosídeo, Petunidina 3-propionil-galactosídeo, Petunidina 3-propionil-glucosídeo, Malvidina 3-oxalil-arabinosídeo, Malvidina 3-oxalil-xilosídeo, Peonidina 3-oxalil-galactosídeo, Peonidina 3-succinil-arabinosídeo. O perfil de antocianinas nos produtos é dependente do seu processamento, (KALT, McDONALD e DONNER, 2000), armazenamento (CONNOR *et al.*, 2002) e da cultivar utilizada (RODRIGUES *et al.*, 2011).

Krikorian *et al.* (2010) demonstraram a capacidade da alimentação com mirtilos de trazer melhoras para a memória. Em estudo realizado com homens e mulheres com idade média de 76 anos, com distúrbios leves a medianos de perda de memória, e observaram melhoras na memória e aprendizagem com 12 semanas de tratamento. Os participantes consumiam diariamente entre 6 e 9 mL de suco por kg de massa corporal. Após as 12 semanas, as tendências mostraram ainda diminuição de sintomas de depressão e dos níveis de glicose dos pacientes. O efeito do consumo de blueberries e cranberries já foi estudado, e a atuação de antocianinas na manutenção dos índices aceitáveis de glicose no sangue pode auxiliar no tratamento de doenças como diabetes tipo 2 (ROCHA *et al.*, 2019).

O consumo regular de mirtilos pode, ainda, auxiliar em quadros de obesidade, em dietas com alta ingestão de gordura. Em experimento com ratos, Wu *et al.* (2018) comprovaram a ação de antocianinas na diminuição do estresse oxidativo e inflamação, e também na aceleração do metabolismo energético.

4.4. MANEJO CULTURAL

4.4.1. MANEJO DE PODAS

Na cultura do mirtilo o manejo de podas é de grande importância, tendo efeitos diretos no crescimento de plantas e na produtividade (ALBERT *et al.*, 2010) e também na eficiência de colheita (STRIK, BULLER e HELLMAN, 2003).

Nos EUA, o manejo convencional consiste na remoção de ramos não produtivos, corte de brotações improdutivo da base da coroa e retirada de galhos já lignificados que não teriam mais produtividade. Strik, Buller & Hellman (2003) sugeriram um método mais rápido, com a retirada de somente um ou dois dos galhos mais improdutivo da base

da planta, que teve bons resultados tanto na velocidade e eficiência da colheita, sendo 51% mais eficiente do que em plantas não podadas, como também aumento na colheita e peso de frutos.

Na década de 1990 foram demonstradas as vantagens do manejo correto de podas na cultura. Jansen (1997), em teste com 3 diferentes tipos de podas, comprovou que nos 3 tratamentos foram observados ganhos na qualidade de novas brotações de ramos vegetativos, além de frutos maiores, em relação ao tratamento sem podas. Apesar de uma produção de menos frutos por ramo, a manutenção do vigor e uniformização da produtividade foram considerados, à época, como vantagem que justificava o manejo anual com podas.

Para as variedades Highbush, que geralmente são plantadas em locais mais quentes e não tem tanta necessidade de frio, ocorre o manejo com podas de verão. Como exemplo temos o estado da Florida, onde as podas são feitas entre junho e julho (KOVALESKI *et al.*, 2015a). No Chile, testes indicaram que podas precoces no verão aumentaram o número e comprimento de ramos laterais em variedades de Northern e Southern Highbush, comparados com podas mais tardias (BAÑADOS *et al.*, 2009).

A intensidade e momento da poda foram estudados e resultados indicaram um decréscimo de rebrota e comprimento de ramos para as cultivares ‘Emerald’ e ‘Jewel’ ao longo dos 3 anos de condução do experimento para plantas com intensidade de podas de 30% e 60%, em comparação com plantas não podadas. Além disso, o manejo sem podas apresentou ainda menores níveis de infecção por doenças na cultivar ‘Jewel’. A poda precoce tem bons resultados na incidência de doenças e no crescimento dos ramos, sendo também pode causar um atraso na desfolha (KOVALESKI *et al.*, 2015a). Quanto à parte reprodutiva, a cultivar ‘Jewel’ demonstrou aumento na produtividade no segundo e terceiro ano, com aumento também do número de inflorescências, com 30% de intensidade de poda, quando comparado a plantas sem podas. Os mesmos efeitos não foram observados para a cultivar ‘Emerald’ (KOVALESKI *et al.*, 2015b).

O uso de mulching associado ao manejo de podas é uma estratégia que pode trazer benefícios à recuperação da planta e seu estabelecimento. Manejos com mulching natural, de serragem ou misturas com turfa, associados a podas leves, moderadas ou drásticas apresentaram crescimento de plantas e colheita semelhantes às plantas não podadas, até os 3 anos após a poda. A partir do quarto ano comprovou-se a maior colheita nas plantas

podadas da variedade ‘Northblue’, considerada uma cultivar “half-high” (*V. corymbosum* x *V. angustifolium*) (ALBERT *et al.*, 2010).

Na região Sul do Brasil, o manejo de podas do mirtilo é feito a partir do início das brotações, até o segundo ano. As podas são feitas no inverno, sendo a primeira a 30 centímetros do solo e eliminando brotações finas abaixo, e no inverno seguinte poda-se as plantas a 40-50 centímetros, para formação de 3 a 4 pernadas. A partir daí são feitas podas de manutenção regularmente e substituição das pernadas produtivas depois de 6 anos. Com a planta em produção pode-se fazer a poda seca no inverno ou a poda verde no verão. A primeira tem intuito de remover ramos secos e mal localizados, enquanto a segunda tem intuito de arejamento da planta e preparação de ramos para a próxima safra, fazendo a eliminação de ramos que já produziram frutos e seleção dos ramos mais vigorosos (ANTUNES *et al.*, 2006)

4.4.2. PRAGAS E DOENÇAS

A mosca drosófila-da-asa-manchada ou mosca-do-vinagre (*Drosophila suzukii* (Matsumura)), é uma praga que ocorre na cultura do mirtilo em Portugal, e se não for monitorada e controlada pode trazer prejuízos graves à plantação. Como controle, sugere-se o uso de captura em massa com auxílio de armadilhas, evitando o uso de pesticidas. Loureiro *et al.* (2018) testaram as armadilhas Suzukii Trap, e obtiveram grande sucesso no controle mecânico dos insetos. A *D. suzukii* foi registrada pela primeira vez no Brasil em 2013, e em 2014 foram relatados danos causados na cultura do morango por esta praga, no município de Vacaria – RS (ARIOLI, BOTTON e BERNARDI, 2015). A tela de exclusão também foi testada para o controle deste inseto, e demonstrou bons resultados nas áreas teladas, com frutos maiores e sem infecção, quando comparados a frutos plantados fora do telado (CORMIER, VEILLEUX e FIRLEJ, 2015).

Ocorrências foram registradas do ataque do escaravelho *Epicometis hirta*, atacando flores e raízes de mirtilo, lagartas de lepidópteros, e gorgulhos como *Phyllobius pyri* e *Otiorhynchus sulcatus*, que se alimentam de folhas jovens. Os escaravelhos podem ser combatidos por nematóides parasitas e os gorgulhos tem seu combate feito com o uso de nematóide patogênico *Steinernema kraussei*, que pode ser lançado no solo. Outra praga importante na cultura do mirtilo são os pássaros, que bicam os frutos ou os comem

inteiros, podendo trazer perdas superiores a 20% (RAMOS, PINTO e MOUTINHO, 2016).

Foi registrada também no Brasil a presença do inseto conhecido como mosca-das-frutas sul-americana (*Anastrepha fraterculus*), em plantações no Rio Grande do Sul e também na região de Entre-Ríos na Argentina. As moscas fazem a oviposição nos frutos e as larvas se alimentam então da polpa no interior, fazendo o fruto apodrecer, porém este fruto continua preso à planta. Este fruto atacado pode ocasionar tanto a ocorrência de outras pragas na cultura como a incidência de doenças oportunistas. As medidas de controle envolvem o recolhimento e destruição de frutos caídos (DIEZ-RODRÍGUEZ, NAVA e BISOGNIN, 2015), já que não são recomendados inseticidas contra a praga pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

O fungo *Monilinia vaccinii-corymbosi* é o causador da mumificação de frutos de mirtilo, ou “mummy berry disease”. Os ascósporos do fungo podem ser carregados por abelhas ou pelo vento infectando folhas em desenvolvimento. A umidade nas folhas pode levar a infecção de folhas jovens e flores, onde se desenvolvem os conídios, que são levados para os estigmas por insetos, vento ou gotas de chuva. Os frutos afetados não se desenvolvem corretamente, mudando sua cor e caindo prematuramente. Com a queda, os esporos germinam dando origem ao apotécio em forma de cone invertido e reiniciando o ciclo (MILES e LONGSTROTH, 2018). Ramsdell, Nelson e Myers (1974) observaram que a liberação dos ascósporos foi maior durante o dia do que durante a noite, tendo influência direta da umidade relativa no processo. O tratamento químico do patógeno com sprays de Triarimol teve resultados satisfatórios. Como alternativa, o controle pode ser feito de forma biológica, com o uso de *Bacillus subtilis*. Dedej, Delaplane e Scherm (2004) tiveram sucesso no controle da doença utilizando *Bacillus subtilis* distribuído por abelhas comuns, que além disso são também importantes polinizadoras da cultura e podem transmitir os conídios de *Monilinia vaccinii-corymbosi*.

Outro fungo comum na cultura é o da antracnose, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. Os danos causados podem afetar frutos, ramos, folhas e flores e podem entrar na planta pela inflorescência e pelo pedicelo de frutos podres. Para o crescimento do micélio é necessária presença de umidade e a temperatura ótima para seu desenvolvimento é por volta de 20 °C. A inoculação do fungo em gemas florais e em flores produziu frutos saudáveis, porém apresentaram decaimento na qualidade após a colheita (HARTUNG, BURTON e RAMSDELL, 1981). Prodorutti *et al.* (2007) citam C.

acutatum Simmonds como causador da antracnose em mirtilos. Os esporos são visíveis como massas alaranjadas nos frutos, e as plantas são susceptíveis ao patógeno durante todas as fases de desenvolvimento do fruto.

A podridão de frutos pode ser causada por espécies do gênero *Alternaria*, e afetam na qualidade pós colheita e vida de prateleira dos frutos. Na Califórnia foram identificadas espécies de *Alternaria* causadoras de infecções em plantas de mirtilo, com a grande maioria sendo de *Alternaria alternata* e *Alternaria arborescens*, patógenos já conhecidos por causar problemas para a cultura (ZHU e XIAO, 2015). O controle da doença pode ser realizado por bactérias como *Bacillus spp.* e *Pseudomonas spp.*, que demonstraram eficiência no controle de *Alternaria alternata* e *Botrytis cinerea*, diminuindo o crescimento micelial e a incidência e severidade das doenças, principalmente por meio de mecanismos de antibiose (KURNIAWAN *et al.*, 2018).

Em Portugal as doenças mais comuns são podridão radicular (*Phytophthora spp.*), cancro dos ramos (*Botryosphaeriaceae*), ferrugem (*Naohidemyces vaccinii*), podridão cinzenta (*Botrytis spp.*) e podridão agárica (*Armillaria spp.*). Para estas doenças recomenda-se o controle cultural, em detrimento de métodos de controle químico ou biológico (RAMOS, PINTO e MOUTINHO, 2016).

4.4.3. SOLO

O tipo de solo indicado para o cultivo do mirtilo deve apresentar alta porosidade e boa drenagem, pelo fato das plantas apresentarem raízes finas e com ausência de pelos absorventes, e se situarem na parte mais superficial do solo. A porosidade é necessária para garantir oxigenação nas raízes. O solo deve apresentar boa retenção de água, porém deve ter baixa compactação. Solos de textura argilosa devem ser evitados. Os solos para cultivo devem ser ácidos, com pH entre 4 e 5,5, sendo a faixa mais indicada entre 4,5 e 5, faixa em que há melhor absorção de nutrientes. Os mirtilos tem baixa exigência em fertilidade, utilizando quantidade de nutrientes muito inferior à maioria das outras culturas para obter seu crescimento ótimo (ANTUNES *et al.*, 2006).

A utilização de matéria orgânica é importante e sua incorporação ajuda a melhorar a porosidade do solo. Podem ser utilizadas espécies de cobertura, esterco (ANTUNES *et al.*, 2006), ou cobertura com serragem (HAYNES e SWIFT, 1986) ou casca de pinus

(PLISZKA *et al.*, 1997). Além disto, o uso da cobertura pode ajudar ainda na retenção de água, mantendo as plantas hidratadas durante períodos de seca (PLISZKA *et al.*, 1997). A prática de cobertura do solo, ou mulching, é bastante importante e foi comprovada a sua eficácia na manutenção da umidade do solo, principalmente quando associada a uma correta fertilização nitrogenada (KENDER e EGGERT, 1966).

O uso de complementos ao solo como casca de pinus, turfa e enxofre elemental foram testados por Haynes e Swift (1986), e todos os tratamentos apresentaram ganhos tanto no crescimento quanto na colheita, em comparação com plantas com solo sem complementos. Os motivos relacionados às melhoras em cada tratamento foram diferentes, mas a maioria deles melhorou principalmente as características físicas do solo. Os complementos podem ser aplicados no solo na cova ou sulco de plantio, próximo a região das raízes das plantas.

O pH do solo terá influência direta na absorção de nutrientes. O crescimento das plantas não se demonstrou limitado pelo pH entre 3,5 e 5, porém o crescimento já se mostrou levemente inferior no pH 6, no qual as plantas apresentaram altos níveis de Fe e Mn, que podem ter influenciado no menor crescimento. A absorção de Ca e seu conteúdo nas raízes foi menor no pH 3, sendo melhor a absorção na faixa entre 4 e 6. Nos pHs 5 e 6 o conteúdo de Mn nas raízes foi de 10 a 20 vezes maior do que nos pHs mais baixos (TOWNSEND, 1971). Nos mirtilos lowbush (*V. angustifolium*) o pH do solo de 4,5 mostrou melhores resultados de crescimento do que o pH 6, além de ser observada uma maior absorção de N na forma de NH_4 do que na forma de NO_3 . Os níveis foliares e radiculares de nutrientes também são afetados pelo pH e pela forma de N disponível (TOWNSEND, 1969). Ambos estudos foram realizados em meios hidropônicos, com rigoroso controle do pH.

Para cultivos orgânicos, há certa dificuldade para a sincronização entre a demanda nutricional da planta e a capacidade de liberação dos nutrientes. A estratégia da simbiose com micorrizas ericóides é de grande vantagem para a planta, já que os fungos podem auxiliar a planta no acesso aos nutrientes orgânicos (CASPERSEN *et al.*, 2016). Scagel (2005) observou maior colonização em plantas inoculadas com micorrizas ericóides de diferentes tipos, juntamente com um aumento na eficiência de uso de nutrientes, principalmente nos tratamentos adubados com fertilizantes orgânicos. No caso da inoculação, deve-se observar a disponibilidade de inóculo e a especificidade entre a espécie de fungo e a cultivar hospedeira.

4.5. ADUBAÇÃO E IRRIGAÇÃO

Como dito anteriormente, a necessidade nutricional dos mirtilos é relativamente baixa se comparada a outras fruteiras. Uma planta adulta extrai do solo, anualmente, em ordem decrescente de quantidade, nitrogênio, cálcio, potássio, fósforo e magnésio. Nas folhas, a concentração de nutrientes sofre variação entre a brotação e a colheita, tendendo a uma diminuição nos níveis de NPK e aumento de Ca e Mg. A observação de deficiências nutricionais na cultura é dificultada devido à similaridade dos sintomas de deficiência de diferentes nutrientes (ANTUNES *et al.*, 2006).

Em solos com elevados níveis de matéria orgânica pode não ser necessária a adubação nitrogenada complementar. Segundo Krewer e NeSmith (1999), cada 1% de matéria orgânica no solo liberaria anualmente cerca de 6,8kg de N, portanto solos com 4 a 6% de matéria orgânica, dependendo da variedade utilizada, não necessitariam do complemento de N. Porém, na maioria dos solos utilizados para plantação de mirtilos nos EUA, o percentual de matéria orgânica é mais baixo, necessitando de aplicações de N. Ainda segundo o autor, a planta de mirtilo utiliza melhor o N na forma de amônio, fato que foi corroborado por Hanson (2006), que adiciona que podem ser benéficas combinações das duas formas, ou até o uso somente do nitrato, em determinadas situações.

O momento e forma da aplicação dos nutrientes tem papel importante no seu aproveitamento. Aplicações de NPK 10-10-10 no início da queda de pétalas e na pré-colheita de mirtilos tiveram maior eficiência de aproveitamento de nutrientes do que o tratamento controle, com aplicação na abertura das gemas e pós-floração, apresentando melhoras na produtividade. Além disso, foi observada ainda maior eficiência quando o adubo foi administrado via fertirrigação, com frutos 14% mais firmes em relação ao controle aplicado via solo (PAVLIS, 2006).

O aproveitamento de N pode ser afetado pelo tratamento de cobertura do solo adotado. Em experimento com coberturas com serragem e casca de árvores, somente na cobertura e também misturadas ao solo, Kozinski (2006) relatou que o tratamento com serragem misturada e na cobertura teve os melhores resultados no comprimento de ramos de um ano, e que a serragem foi mais positiva para a produtividade do que a casca de árvore com pedaços maiores. Segundo o autor, a introdução excessiva de matéria orgânica

no solo pode aumentar a relação C:N, fazendo com que as fontes de nitrogênio fiquem divididas entre o aproveitamento pela planta e a utilização por bactérias decompositoras. As doses de nitrogênio por planta foram estudadas e resultados mostraram que concentrações de até 30 g N planta⁻¹ trouxeram melhoras na taxa fotossintética e no conteúdo foliar de N, não tendo influência da dose na condutância estomatal e na eficiência de carboxilação (LIMA *et al.*, 2020).

A adubação com cálcio é bastante importante para a cultura do mirtilo, tendo este elemento papel na estabilização de membranas celulares, como componente dos fosfolipídeos. Os mirtilos absorvem bem o Ca via foliar, e a aplicação de fertilizantes cálcicos podem aumentar o conteúdo de cálcio nos frutos, proporcionando casca e polpas mais firmes, além de aumentar os níveis de polifenóis e vitaminas (OCHMIAN, 2012). Segundo Angeletti *et al.* (2010), a aplicação de 60g m⁻² de CaSO₄ nas cultivares ‘Bluecrop’ e ‘O’Neal’ reduziu a perda de massa e aumentou a firmeza de frutos armazenados a 2 °C por 23 dias. Os frutos das plantas fertilizadas com Ca tiveram uma degradação das paredes celulares ligeiramente menor do que os das plantas controle, além de apresentarem um conteúdo 10% maior de cálcio nas paredes celulares. Diferentes composições de fertilizantes e doses de Ca afetaram a firmeza e tamanho de frutos e a quantidade e perfil de antocianinas. Fertilizantes como cloreto de cálcio e Folanx apresentaram o maior aumento na firmeza de frutos em relação à testemunha, enquanto Folanx e Calcinit apresentaram as maiores quantidades de polifenóis e antocianinas (OCHMIAN e KOZOS, 2015).

A adubação com boro tem influência no teor de sólidos solúveis dos frutos. Com aplicações foliares no início da floração, queda de pétalas, 3 semanas após o fim da floração e 6 semanas após o fim da floração, e via solo na brotação das gemas, observou-se aumento no teor de sólidos solúveis de plantas tratadas com boro em relação ao controle. A necessidade de boro do mirtilo é baixa, e para a cultivar ‘Bluecrop’ se mostrou inferior a 15 mg por kg de massa seca (WOJCIK, 2005).

Em locais onde o volume de precipitação não é suficiente, é necessária adoção de práticas de irrigação. O suprimento de água na cultura deve ser constante e abundante, podendo variações no fornecimento causar problemas na colheita, principalmente por causa da ausência de pelos radiculares e dificuldades na retenção de água pelas raízes. São indicadas lâminas de água entre 25 e 45 mm por semana, a depender da fase vegetativa em que a cultura se encontra. Com tratamentos de acordo com a capacidade de

campo do solo, com irrigação de 20% a 133% do volume de água da evapotranspiração de referência da cultura, observou-se que o aumento do volume de água na irrigação trouxe aumento no tamanho de frutos e na produtividade por planta, quando utilizada irrigação por gotejo (HOLZAPFEL, HEPP e MARIÑO, 2004).

Bryla, Gartung e Strik (2011) estudaram diferentes métodos (gotejadores, aspersores e microaspersores) e lâminas de água (50%, 100% e 150% da evapotranspiração de referência da cultura) em plantas da cultivar ‘Elliott’ (Northern Highbush). Os resultados mostraram uma grande economia de água com o uso de gotejadores, que utilizaram 570 mm em dois anos de cultivo, em comparação com 980 mm ou mais para aspersores e microaspersores. O maior crescimento de plantas foi observado para a irrigação por gotejo na lâmina de água equivalente a 100% da evapotranspiração de referência da cultura, com grande economia de água e eficiência no seu aproveitamento. Em estudo com mirtilos em vasos na Florida, Haman *et al.* (1997) descobriram que a irrigação quando a tensão de água no solo estava em 10 kPa ao invés de 15 ou 20 kPa, proporcionaram aumento da produtividade em plantas das cultivares ‘Premier’, ‘Powderblue’ (rabbiteye) e ‘Sharpblue’ (Highbush), demonstrando a importância da irrigação mais frequente e abundante.

A adubação por gotejo deve observar a emissão de água para cada planta pela mangueira. Com irrigação de 5 L por planta foram obtidos melhores valores de produtividade, em relação a taxa de 10L por planta. O espaçamento entre emissores não proporcionou diferenças na produtividade e qualidade de frutos. Um volume maior de irrigação levou a um maior tamanho de frutos e aumento da vida de prateleira, apesar de uma menor firmeza e teor de sólidos solúveis (EHRET *et al.*, 2012).

4.6. BIOINSUMOS OU BIOESTIMULANTES

Também chamados de bioestimulantes, bioinsumos são produtos usados em plantas há vários anos e ao longo do tempo tiveram nomes e definições diferentes. São utilizados como alternativa para a regulação de processos fisiológicos, estimulação de crescimento e aumento da tolerância a estresses bióticos e abióticos. Apesar de vários trabalhos publicados sobre o assunto, a definição do termo “bioestimulantes” ainda é vaga, assim como a regulação de produtos desse tipo (YAKHIN *et al.*, 2017), tanto no Brasil como em outros países. Segundo Calvo, Nelson & Kloepper (2014) o conceito está

em constante evolução, pelo fato de vários tipos de produtos poderem ser considerados bioestimulantes.

A definição dada por Kauffman et al. (2007) descreve os bioestimulantes como substâncias, diferentes de fertilizantes, que podem promover o crescimento de plantas quando aplicados em pequenas quantidades. O autor descreve ainda uma separação dos estimulantes em 3 grupos de substâncias: Substâncias húmicas, produtos contendo hormônios vegetais e produtos contendo aminoácidos. Yakhin *et al.* (2017) cita que há concordância entre autores no que se refere a possibilidade de bioestimulantes conterem hormônios vegetais, porém não devendo ser representativos do modo de ação do produto. O autor cita ainda que os bioestimulantes não podem ser pesticidas e nem fertilizantes. O uso de microrganismos como bioestimulantes é reconhecido e inclui principalmente bactérias e fungos benéficos (DU JARDIN, 2015).

Du Jardin (2015), buscando consenso na definição, sugere que bioestimulantes são “qualquer substância ou microrganismo aplicado em plantas com o objetivo de aumentar a eficiência da nutrição, tolerância a estresses abióticos e/ou traços de qualidade da cultura, independente do seu conteúdo de nutrientes”. Segundo o autor, o termo também pode ser usado para designar produtos que contenham misturas de substâncias bioestimulantes, e as substâncias são divididas em sete grupos: i) ácidos húmicos e fúlvicos; ii) Hidrolisados proteicos e outros compostos contendo N; iii) Extratos de algas; iv) Quitosano e outros biopolímeros; v) Compostos inorgânicos; vi) Fungos benéficos e vii) Bactérias benéficas.

4.6.1. MICRORGANISMOS EFICIENTES

O uso indiscriminado de fertilizantes químicos e pesticidas, desde a década de 1930, desperta a necessidade da pesquisa em métodos alternativos, como a Agricultura Natural, fundada por Mokichi Okada, e posteriormente a tecnologia EM - “effective micro organisms”, ou microrganismos eficientes, idealizada pelo Dr. Teruo Higa, da Universidade de Ryukyus, em Okinawa, no Japão. O Dr. Higa constatou que o manejo de solos levava em consideração aspectos químicos e físicos do solo, deixando de lado o manejo biológico. Foi sugerida uma classificação da biologia do solo em quatro tipos de solo: indutor de doenças, supressor de doenças, zimogênico e sintético. Os solos infestados por doenças e pragas são, segundo ele, solos não saudáveis, que estão em

estado de “apodrecimento”. O solo zimogênico é um solo com alto índice de microrganismos que fazem fermentação, processo no qual as bactérias transformam substâncias orgânicas em aminoácidos e sacarídeos que podem ser aproveitados pelas plantas. Solos saudáveis idealmente teriam organismos zimogênicos e sintéticos atuando conjuntamente, transformando substâncias potencialmente nocivas ao solo em nutrientes (HIGA, 1991).

Segundo Higa e Parr (1994), EM “consiste em culturas mistas de microrganismos benéficos e de ocorrência natural, que podem ser aplicados como inoculantes para aumento da diversidade microbiana em solos e plantas. A tecnologia EM hoje é distribuída mundialmente como uma marca registrada, como seleções de microrganismos. A utilização destes microrganismos pode transformar solos em “apodrecimento” em solos supressores de doenças, zimogênicos e sintéticos, melhorando as suas qualidades. Foram criadas as misturas comerciais EM-2, EM-3 e EM-4, sendo, respectivamente: Cultura de bactérias fotossintéticas, fungos e leveduras contendo 10 gêneros e 80 espécies diferentes; Cultura de bactérias fotossintéticas, e; Cultura de *Lactobacillus* e outros microrganismos produtores de ácido lático (HIGA e WIDIDANA, 1991). O EM-1 é um produto comercial natural, contendo mistura de microrganismos como bactérias do ácido lático, leveduras e bactérias fototróficas, e é registrado e distribuído comercialmente pela empresa EMRO®, do Japão (EMRO, 2021). Segundo Joshi *et al.* (2019) microrganismos presentes no EM são dominantes sobre outros microrganismos do solo, coagindo-os a seguir processos semelhantes, e com isso diminuindo a atividade de micróbios oportunistas potenciais causadores de doenças de plantas.

Os microrganismos podem ser usados de várias maneiras e afetam qualidades e processos das plantas de maneiras diferentes. Daly e Stewart (1999), em estudo preliminar sobre a tecnologia EM, constataram aumento na produtividade de cebolas e ervilhas, utilizando 10 L há⁻¹ de EM diluídos em 10.000 L há⁻¹ de mistura de água e melaço, além de observarem também aumento no peso por espiga de milho doce. Com uso de 500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹ foram relatados aumento, em relação ao controle, no número de folhas, diâmetro do caule, número de brotações laterais e peso seco de folhas, ramos e raízes de plantas de amendoeira (*Prunus amygdalus*), sendo a dose de 1000 mg L⁻¹ a que trouxe melhores resultados (SALIH ABDULRAHMAN, 2013). O uso do EM associado com aplicação de matéria orgânica teve uma economia de 85 kg de N há⁻¹ na produção de

algodão para semente, utilizando metade da dose recomendada de fertilizante NPK, comparado com a dose completa do adubo. Tal fato demonstrou a melhora na eficiência de aproveitamento de nutrientes, tanto de fontes minerais como orgânicas (KHALIQ, ABBASI e HUSSAIN, 2006). Em tratamento de sementes de trigo, o EM-1 foi eficiente no controle do carvão do trigo (*Tilletia tritici*), provavelmente por causa da ação de metabólitos produzidos por bactérias do ácido lático. Apesar disso, o tratamento apresentou significativa redução no potencial de germinação, não sendo, portanto, indicado, pelo menos nessa fase da cultura (BORGEN, 1997).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são indivíduos que formam colônias na parte cortical das raízes de várias plantas, e podem ser tratados também como microrganismos eficientes. Podem ser simplesmente arbusculares – formam estruturas chamadas arbúsculos – e também formadores de vesículas, conhecidas também como nódulos. A simbiose das micorrizas arbusculares é uma relação mutualística, e sua função está atrelada a capacidade das hifas de estabilizar agregados do solo e de melhorar a ciclagem de carbono, regulando assim a presença de outras comunidades de microrganismos do solo. Entre os gêneros de FMA citam-se *Gigaspora*, *Scutelospora*, *Glomus*, *Entrophospora*, *Aucalospora* e *Sclerocystis*, sendo os quatro últimos formadores de nódulos. (DOUDS JR. e MILLNER, 1999). As micorrizas arbusculares podem ser capazes de ajudar a reduzir o uso de fertilizantes químicos e pesticidas, aproximando-se da agricultura orgânica e garantindo melhor segurança alimentar (GOSLING *et al.* 2006).

As micorrizas ericóides, conhecidas por colonizar raízes de plantas das famílias Ericaceae e Epacridaceae, são fungos que estabelecem relação simbiótica com estas plantas. As células do fungo se estabelecem nas células da epiderme da raiz da planta hospedeira, funcionando como pelos radiculares na captura de nutrientes por essas plantas, como as do gênero *Vaccinium*, que apresentam ausência de pelos radiculares e raízes concentradas na parte mais superficial do solo. Além dessa função, o fungo micorrízico *Hymenoscyphus ericae*, foi relatado por apresentar capacidade de assimilação de íon amônio, nitrato e fosfato, capacidade que pode levar plantas a sobreviverem em ambientes onde não conseguiriam obter o suprimento nutricional necessário sozinhas (READ, 1996). Fungos do gênero *Oidiodendrum* também foram isolados, de plantas de *Vaccinium angustifolium* na América do Norte, e foi comprovada sua atividade como fungos micorrízicos. O crescimento de plantas foi melhorado pela inoculação de algumas espécies do gênero, porém não por outras, demonstrando uma especificidade fungo-

hospedeiro (PEROTTO *et al.* 1995). A depender da diversidade de espécies, tanto de plantas como de fungos micorrízicos, a resposta no crescimento de plantas pode indicar desde relações altamente mutualísticas a relações altamente parasíticas (KLIRONOMOS, 2003).

4.7. COLHEITA E PÓS-COLHEITA

Os mirtilos sofrem alterações tanto nas estruturas físicas como nas químicas no período de pós-colheita. A transpiração é o principal processo físico ocorrendo nesta fase, pelo qual os frutos perdem água com o passar do tempo, sendo perdas de 3 a 5% do peso já prejudiciais para o valor comercial do fruto. O principal processo químico é a respiração celular, que aumenta nos frutos após a colheita, por se tratar de frutos considerados climatéricos. A ação de microrganismos também afeta na conservação e tempo de prateleira, e podem infectar o fruto tanto no campo como na fase de armazenamento (ANTUNES *et al.*, 2006). Segundo Paniagua *et al.* (2013) a maior causa de perda de firmeza de frutos de mirtilo na pós colheita é a perda de água, havendo uma correlação linear entre os dois parâmetros.

Para diminuir problemas no armazenamento e comercialização, deve-se ter bastante cuidado no momento da colheita, já que qualquer dano nos frutos pode representar perda econômica para o comércio. Atenta-se à colheita com cuidado, evitando choques mecânicos, nas horas mais frescas do dia e evitando colher depois de chuvas fortes, observando o ponto de maturação e o acondicionamento correto das embalagens. O pré-resfriamento é uma técnica comum e que pode evitar grandes perdas nos frutos. Os frutos tem vida de prateleira de aproximadamente 10 dias se armazenados a temperaturas ambientes, tempo que pode ser aumentado com uso de refrigeração (ANTUNES *et al.*, 2006). Na colheita, deve-se ainda atentar à serosidade dos frutos, que é a pruína, não devendo o fruto ser manuseado mais que o necessário, tendendo a ir direto para a embalagem (GONÇALVES *et al.*, 2012). Segundo Mitcham, Crisosto & Kader (1998), a temperatura ótima para armazenamento de mirtilos foi de $0\pm 0,5$ °C, com umidade relativa entre 90 e 95%. Mirtilos da cultivar ‘Bluegem’ aguentaram, com qualidade comercial, 42 dias de armazenamento a 1,5 °C, após tratamento em atmosfera controlada de CO₂, comparado a 14 dias na mesma temperatura, sem tratamento com CO₂ e com umidade relativa entre 90 e 95%. (GALARÇA *et al.*, 2012).

Alguns tratamentos são utilizados na pós colheita para melhora das qualidades de frutos e prevenção de perdas. O uso de radiação ultravioleta em vários níveis no pré-armazenamento de frutos a 5 °C por 7 dias e depois mais 2 dias a temperatura ambiente (20 °C) promoveu uma diminuição de 10% na incidência de *Colletotrichum gloeosporioides*, patógeno causador da antracnose, além de elevar ligeiramente a concentração de antioxidantes nos frutos (PERKINS-VEAZIE, COLLINS e HOWARD, 2008). A utilização de tratamento com SO₂ por fumigação dos frutos atrasou a senescência de frutos em combinação com uso de atmosfera modificada de CO₂, em comparação com o uso da atmosfera modificada por si só (RODRÍGUEZ e ZOFFOLI, 2016).

4.8. BIOANÁLISE DO SOLO

O solo é um ambiente extenso, heterogêneo e mutável. O componente biológico é central para inúmeros processos e funções que são realizados neste ambiente, como decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, síntese de substâncias húmicas do solo, agregação, degradação de xenobióticos, fixação de N dentre outros. A biologia do solo é um conjunto de diversos grupos interrelacionados de organismos que representam diferentes níveis tróficos. Embora a complexidade e a importância da diversidade biológica nos solos não sejam bem compreendidas, é razoável que comunidades microbianas estáveis e funcionalmente variadas nos solos sejam de grande relevância na avaliação da qualidade do solo. Investigar sua vida microbiana é de muita importância nos ciclos biogeoquímicos, abordagens de restauração e biorremediação (DICK *et al.*, 2015).

Para analisar as propriedades biológicas do solo, é importante primeiro determinar se a finalidade é medir atividade, tamanho (massa), diversidade ou processos bioquímicos mediados da biologia do solo. A amostragem das propriedades biológicas do solo necessita de algumas considerações especiais devido à natureza dinâmica do componente biológico do solo. Um fator significativo é a época do ano para amostrar. Idealmente, seria melhor amostrar frequentemente durante o ano porque a atividade biológica muda naturalmente anualmente e de ano para ano como consequência das mudanças climáticas (DICK *et al.*, 2015).

O grande benefício dos bioindicadores é que eles são mais sensíveis do que indicadores químicos e físicos, detectando com maior antecedência mudanças que ocorrem no solo, em função do seu uso e manejo (LISBOA *et al.*, 2012; MENDES *et al.*, 2018).

No Brasil, o uso de bioindicadores em análises de solo, para melhor tomada de decisão nas lavouras, coincidiu com o início do uso de técnicas conservacionistas. Nos últimos 15 anos, dados de pesquisas comprovaram a importância do uso desses indicadores para um manejo mais assertivo do solo e manutenção da sua qualidade biológica (MENDES *et al.*, 2018).

No segundo capítulo do livro intitulado “Manejo e Qualidade Biológica do Solo”, Segundo Balota (2017), a qualidade do solo pode ser avaliada qualitativamente ou quantitativamente. Para as análises quantitativas do solo podem ser empregados métodos físicos, químicos e biológicos. Entre os indicadores biológicos comumente adotados, pode-se destacar a biomassa microbiana, atividade enzimática, respiração microbiana e presença de microrganismos benéficos, fauna do solo, entre outros. No solo, as enzimas atuam como aceleradoras de reações metabólicas na célula. Além disso, as enzimas extracelulares desempenham papel fundamental, atuando em várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos (como ligninases, celulasas e proteases), ciclagem de nutrientes (fosfatases, amidases, urease, sulfatase) e formação da matéria orgânica do solo (MENDES *et al.*, 2018).

A influência dos microrganismos no solo é notada com variações de culturas e manejos do solo. Para solos com cobertura e sem revolvimento, como por exemplo em sistemas de plantio direto, a ação, principalmente de bactérias, é aumentada. O aumento nessa atividade pode ser mensurado pela medida da atividade de enzimas como a arilsulfatase e a betaglicosidase, que estão ligadas diretamente aos ciclos do enxofre e do carbono nas plantas, respectivamente (MENDES *et al.*, 2012).

A bioanálise do solo (ou BioAS), foi desenvolvida pela Dra. Ieda Mendes e seus colaboradores, em estudos contínuos que datam de antes de 2010, na Embrapa em parceria com outras instituições, como um meio de acessar a “memória” do solo, usando das evidências deixadas por manejos passados, para prever modificações na biologia do solo, e conseqüentemente na sua qualidade de abrigar os cultivos e disponibilizar nutrientes para os mesmos no futuro. A amostragem de solo pode ser feita na mesma

época da amostragem comum para análise física e química do solo, facilitando a logística para o produtor rural, e usa de parâmetros destas análises, juntamente com a atividade enzimática da arilsulfatase e da betaglicosidase, para o cálculo do IQS FertBio, um índice que integra a qualidade química e a qualidade biológica do solo, sendo capaz de prever situações de pobreza de nutrientes no solo antes que elas venham a acontecer (MENDES *et al.* 2018).

4.9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERT, T. et al. The effect of mulching and pruning on the vegetative growth and yield of the half-high blueberry. **Agronomy research (Tartu)**, v. 8, n. 1, p. 759–768, 2010.

AL-JANABI, A. S. A.; NEAMAH, S. S. Effect of Biofertilizer (EM-1) and Organic fertilizer (Acadian) on Vegetative Growth of Many Cultivars of Apricot seedling (*Prunus armeniaca* L .). **يه . زيتاآت بصخولا يويحلا EM-1 داوسلاو يوضعلا Acadian** و يرضخلا ؤذعل صا فا *Prunus armeniaca* L. n. April, p. 23–32, 2013.

ANGELETTI, P. et al. Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties. **Postharvest Biology and Technology**, v. 58, n. 2, p. 98–103, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.05.015>>.

ANTUNES, L. E. C. Cultivo do mirtilo (*Vaccinium spp.*). **Embrapa**, 2006.

ARIOLI, C., BOTTON, M., BERNARDI, D. Drosophila suzukii: uma possível praga nos vinhedos da Serra Catarinense. **Embrapa Uva e Vinho-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2015.

BALOTA, E. L. Manejo e qualidade biológica do solo. Londrina: Mecenas, 2017.

BAÑADOS, M. P. Blueberry production in South America. **Acta Horticulturae**, v. 715, p. 165–172, 2006.

BAÑADOS, P., P. URIBE, AND D. DONNAY. The effect of summer pruning date in ‘Star’, ‘O’Neal’ and ‘Elliot’. **Acta Hort.**; 810:501–507, 2009.

BIZABANI, C.; FONTENLA, S.; DAMES, J. F. Ericoid fungal inoculation of blueberry under commercial production in South Africa. **Scientia Horticulturae**, v. 209, p. 173–177, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.06.029>>.

BLUNDEN, G.; JENKINS, T.; LIU Y-W. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. **J Appl Phycol** 8: 535–543, 1997.

BORGEN A. Effect of seed treatments with EM (Effective Microorganisms) in control of common bunt (*Tilletia tritici*) in wheat. In: proceedings of the **5th International Scientific Conference on Kyusei Nature Farming in Bangkok** 23-25 October 1997, 1997.

- BRAZELTON, C. World blueberry acreage & production. **US Highbush Blueberry Council**, p. 102, 2011.
- BRAZELTON, D.; STRIK, B. C. Perspective on the U.S. and global blueberry industry. **Journal of the American Pomological Society**, v. 61, n. 3, p. 144–147, 2007.
- BRYLA, D. R., GARTUNG, J. L., & STRIK, B. C. Evaluation of irrigation methods for highbush blueberry—I. Growth and water requirements of young plants. **HortScience**, 46(1), 95-101, 2011.
- BUMANDALAI, O.; TSERENNADMID, R. Effect of *Chlorella vulgaris* as a biofertilizer on germination of tomato and cucumber seeds. **International Journal of Aquatic Biology**, 7(2), 95-99, 2019.
- CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v. 383, n. 1–2, p. 3–41, 2014.
- CAMP, W. H. On the structure of populations in the genus *Vaccinium*. **Brittonia**, 4: 189-204. 1945. The North American blueberries with notes on other groups of Vacciniaceae. **Brittonia**, 5: 203-275, 1942.
- CASPERSEN, S. et al. Blueberry—Soil interactions from an organic perspective. **Scientia Horticulturae**, v. 208, p. 78–91, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.002>>.
- CHU, W., GAO, H., CHEN, H., FANG, X., & ZHENG, Y. Effects of cuticular wax on the postharvest quality of blueberry fruit. **Food Chemistry**, 239, 68-74, 2018.
- CONNOR, A. M. et al. Changes in Fruit Antioxidant Activity among Blueberry Cultivars during Cold-Temperature Storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 893–896, 2002.
- CORALES, R. G.; HIGA, T. Rice Production with effective microorganisms: impact on rice and Soil. In: SANGKKARA, U. R. et. al. (ed.) **Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming**. Christchurch Polytechnic, Christchurch, New Zealand. p. 72 – 76, 2002.
- CORMIER, D.; VEILLEUX, J.; FIRLEJ, A. Exclusion net to control spotted wing *Drosophila* in blueberry fields. **IOBC-WPRS Bulletin**, v. 109, n. 2015, p. 181–184, 2015.
- CRAIGIE J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **J. Appl. Phycol.**, DOI 10, 1007/s 10811-010-9560-4, 2010.
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 35(3), 271-276, 2013.
- DALY, M. J.; STEWART, D. P. C. Influence of EM on vegetable production and carbon mineralization-A preliminary investigation. **Journal of sustainable agriculture**, v. 14, n. 2/3, p. 37–41, 1999.
- DARNELL, R. L., & HISS, S. A. Uptake and assimilation of nitrate and iron in two *Vaccinium* species as affected by external nitrate concentration. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 131(1), 5–10, 2006 <<https://doi.org/10.21273/jashs.131.1.5>>
- DE LIMA, F. N. et al. Ecophysiology of the Southern Highbush blueberry cv. Biloxi in response to nitrogen fertilization. **Comunicata Scientiae**, v. 11, n. January, 2020.

DEDEJ, S.; DELAPLANE, K. S.; SCHERM, H. Effectiveness of honey bees in delivering the biocontrol agent *Bacillus subtilis* to blueberry flowers to suppress mummy berry disease. **Biological Control**, v. 31, n. 3, p. 422–427, 2004.

DICK, R. P.; BREAKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. **Methods for Assessing Soil Quality**, p. 247–271, 2015

DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I., NAVA, D., & BISOGNIN, M. PRAGAS: alvos menores. **Embrapa Clima Temperado-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

DOUDS Jr, D. D.; MILLNER, P. D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, ecosystems & environment**, 74(1-3), 77-93, 1999.

DRUMMOND, F., SMAGULA, J., ANNIS, S., & YARBOROUGH, D. E. Organic wild blueberry production. **Bulletin B852**, 1–49, 2009.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3–14, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>>.

DURASAMY, K.; MUTHUSAMY, S.; BALAKRISHNAN, S. An eco-friendly detoxification of chlorpyrifos by *Bacillus cereus* MCAS02 native isolate from agricultural soil, Namakkal, Tamil Nadu, India. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 13, p. 283–290, 2018. Elsevier Ltd. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.01.001>>.

EHRET, D.L., FREY, B., FORGE, T., HELMER, T., BRYLA, D.R. Effects of drip irrigation configuration and rate on yield and fruit quality of young highbush blueberry plants. **HortScience** 47, 414–421, 2012.

EMRO JAPAN ®, What is EM? Disponível em < <https://www.emrojapan.com/what/> >. Acesso em 14/06/2021

FALL CREEK – Farm & Nursery. 2021. <https://www.fallcreeknursery.com/commercial-fruit-growers/varieties/biloxi> <Acesso em 10 junho de 2021>

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021. <http://faostat.fao.org/> <Acesso em 01 jun. 2021>

GALARÇA, S. P.; FLORES CANTILLANO, R. F.; SCHUNEMANN, A.; LIMA, C. S. M. Efeito do armazenamento em atmosfera controlada na qualidade pós-colheita de mirtilos' Bluegem' produzidos no Brasil. **Embrapa Clima Temperado-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

GONÇALVES, E. D., PIMENTEL, R. D. A., LIMA, L. D. O., CASTRICINI, A., ZAMBON, C. R., ANTUNES, L., & TREVISAN, R. Manutenção da qualidade pós-colheita das pequenas frutas. **Embrapa Clima Temperado-Artigo em periódico indexado (ALICE)**. 2012.

GOSLING, P.; HODGE, A.; GOODLASS, G.; BENDING, G. D. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. **Agriculture, ecosystems & environment**, 113(1-4), 17-35, 2006.

GOUGH, R. E. The Highbush Blueberry and its management. **Food Products Press**, 1994.

GUARINELLO, N. L. A civilização do vinho: um ensaio bibliográfico. **Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material**, 1997.

HAMAN, D.Z., SMAJSTRLA, A.G., PRITCHARD, L.T. AND LYRENE, P.M. Response of young blueberry plants to irrigation in Florida. **HortScience** 32, 1194–1196, 1997.

HANSON, E.J. Nitrogen fertilization of highbush blueberry. **Acta Hort.** 715, 347-352, 2006

HARTUNG, J. S.; BURTON, C. L.; RAMSDELL, D. C. Epidemiological Studies of Blueberry Anthracnose Disease Caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. **Phytopathology**, v. 71, n. 4, p. 449, 1981.

HAYNES, R. J.; SWIFT, R. S. Effect of soil amendments and sawdust mulching on growth, yield and leaf nutrient content of highbush blueberry plants. **Scientia Horticulturae**, v. 29, n. 3, p. 229–238, 1986.

HIGA, T. Effective microorganisms: A biotechnology for mankind. **Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming**, p. 8–14, 1991. Disponível em: <http://www.infrc.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/PDF_KNF_Conf_Data/C1-2-001.pdf>.

HIGA, T.; PARR, J. F. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. n. 808, p. 229–252, 1994.

HIGA, T.; WIDIDANA, G. N. The Concept and Theories of Effective Microorganisms T. Higa and G. N. Wididana University of the Ryukyus, Okinawa, Japan. **Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming**, p. 118–124, 1991.

HOLZAPFEL, E. A.; HEPP, R. F.; MARIÑO, M. A. Effect of irrigation on fruit production in blueberry. **Agricultural Water Management**, v. 67, n. 3, p. 173–184, 2004.

HORN, S. J., AASEN, I. M., & ØSTGAARD, K. Ethanol production from seaweed extract. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, 25(5), 249-254, 2000.

HU, W. et al. Assessing Consumer Willingness to Pay for Value-Added Blueberry Products Using a Payment Card Survey. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 43, n. 2, p. 243–258, 2011.

IRITI, M. et al. Soil application of effective microorganisms (EM) maintains leaf photosynthetic efficiency, increases seed yield and quality traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown on different substrates. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 9, 2019.

JANSEN, W. A. G. M. Pruning of highbush blueberries. **Acta Horticulturae**, 1997.

JAYARAJ, J., WAN, A., RAHMAN, M., & PUNJA, Z. K. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. **Crop Protection**, 27(10), 1360-1366, 2008.

JOSHI, H. et al. Role of Effective Microorganisms (EM) in Sustainable Agriculture. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 8, n. 03, p. 172–181, 2019.

KALT, W.; MCDONALD, J. E.; DONNER, H. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity of processed lowbush blueberry products. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 3, p. 390–393, 2000.

KAUFFMAN, G. L.; KNEIVEL, D. P.; WATSCHKE, T. L. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. **Crop Science**, v. 47, n. 1, p. 261–267, 2007.

KENDER, W. J.; EGGERT, F. P. SEVERAL SOIL MANAGEMENT PRACTICES INFLUENCING THE. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 46, p. 1–9, 1966.

- KHALIQ, A.; ABBASI, M. K.; HUSSAIN, T. Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 8, p. 967–972, 2006.
- KHOLSSI, R., MARKS, E. A., MIÑÓN, J., MONTERO, O., DEBDOUBI, A., & RAD, C. Biofertilizing effect of *Chlorella sorokiniana* suspensions on wheat growth. **Journal of Plant Growth Regulation**, 38(2), 644-649, 2019.
- KISLEV, M. E.; HARTMANN, A.; BAR-YOSEF, O. Early Domesticated Fig in Jordan Valley. **Natural History**, v. 312, n. June, p. 2004–2006, 2006.
- KLIRONOMOS, J. N. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. **Ecology**, 84(9), 2292-2301, 2003.
- KLOET, S. P. Vander. The taxonomy of the highbush blueberry, *Vaccinium corymbosum*. **Canadian Journal of Botany**, v. 58, n. 10, p. 1187–1201, 1980.
- KOVALESKI, A. P.; DARNELL, R. L.; CASAMALI, B.; WILLIAMSON, J. G. Effects of timing and intensity of summer pruning on reproductive traits of two southern highbush blueberry cultivars. **HortScience**, v. 50, n. 10, p. 1486–1491, 2015 (b).
- KOVALESKI, A. P.; WILLIAMSON, J. G.; CASAMALI, B.; DARNELL, R. L. Effects of timing and intensity of summer pruning on vegetative traits of two southern highbush blueberry cultivars. **HortScience**, v. 50, n. 1, p. 68–73, 2015 (a).
- KOZINSKI, B. Influence of mulching and nitrogen fertilization rate on growth and yield of highbush blueberry. **Acta Horticulturae** 715, 231–235, 2006.
- KREWER, G., NESMITH, D. S. Blueberry fertilization in soil. **Fruit Publication**, (01-1), 1999.
- KREWER, G.; NESMITH, D. S. The Georgia Blueberry Industry: Its History, Present State, and Potential for Development in the Next Decade. **Acta Horticulturae**, n. 574, p. 101–106, 2002.
- KRIKORIAN, R. et al. Blueberry supplementation improves memory in older adults. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 7, p. 3996–4000, 2010.
- KURNIAWAN, O. et al. *Bacillus* and *Pseudomonas* spp. provide antifungal activity against gray mold and *Alternaria* rot on blueberry fruit. **Biological Control**, v. 126, p. 136–141, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.08.001>>.
- LISBOA, B. B. et al. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 45–55, 2012.
- LONGSTROTH, M. What's happening with the Chinese Blueberry Industry. In: **Great Lakes Fruit & Farm Market EXPO Michigan Greenhouse Growers EXPO**, 2011.
- LOUREIRO, J. et al. Captura em massa no combate à *Drosophila suzukii* (Matsumura) na cultura do mirtilo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. SPE, p. 201–210, 2018.
- LUBY, J. J. et al. Blueberries and Cranberries (*Vaccinium*). **Acta Horticulturae**, n. 290, p. 393–458, 1991.
- MAINLAND, C. M. Frederick V. Coville and the History of North American Highbush Blueberry Culture. **International Journal of Fruit Science**, v. 12, n. 1–3, p. 4–13, 2012.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. de C.; LOUREIRO, M. F. BIOMASSA MICROBIANA E ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM SOLOS SOB VEGETAÇÃO NATIVA E SISTEMAS AGRÍCOLAS ANUAIS E PERENES NA REGIÃO DE PRIMAVERA DO LESTE (MT). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n. 3, p. 425–433, 2003.

MAZUR, S. et al. Effectiveness of mycorrhizal fungi in the protection of juniper, rose, yew and highbush blueberry against *Alternaria alternata*. **Folia Horticulturae**, v. 31, n. 1, p. 117–127, 2019.

MAZZA G., KAY C.D., CORRELL T., HOLUB B.J. Absorption of anthocyanins from blueberries and serum antioxidant status in human subjects. **J Agric Food Chem**. 2002; 50:7731–7

MEDINA, R. B.; CANTUARIAS-AVILÉS, T. E.; ANGOLINI, S. F.; SILVA, S. R. D. (2018). Performance of 'Emerald' and 'Jewel' blueberry cultivars under no-chill incidence. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 48, 147-152.

MENDES, I. C. et al. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. **Circular Técnica**, v. 38, p. 23, 2018. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t%0AEmbrapa>>.

MENDES, I. C. et al. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. **Plant and Soil**, v. 359, n. 1–2, p. 183–195, 2012.

MILES, T., LONGSTROTH, M. The Blueberry mummies return! Here's how to be prepared. Michigan State University Extension, 2018. Disponível em: <https://www.canr.msu.edu/news/the_blueberry_mummies_return_heres_how_to_be_prepared> Acesso em 10/06/2021.

MITCHAM, E. J.; CRISOSTO, C. H.; KADER, A. A. Bushberries-blackberry, blueberry, cranberry, raspberry: recommendations for maintaining postharvest quality. Davis: University of California, 1998. Disponível em: < <http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Bushberries> > Acesso em: 16/06/2021.

MOMOLI, L.W., Crescimento e desenvolvimento de plantas de Mirtilo, cultivar clímax, inoculadas com *Azospirillum Brasiliense*. Ponta Grossa, 2018. 73 p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Agricultura – Fisiologia, Melhoramento e Manejo de Culturas), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

MOORE, J. N. Improving highbush blueberries by breeding and selection. **Euphytica**, v. 14, n. 1, p. 39–48, 1965.

NICOUÉ, E. É.; SAVARD, S.; BELKACEMI, K. Anthocyanins in wild blueberries of Quebec: Extraction and identification. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 14, p. 5626–5635, 2007.

OCHMIAN, I. The impact of foliar application of calcium fertilizers on the quality of highbush blueberry fruits belonging to the 'Duke' cultivar. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici** 40, 163–169, 2012.

OCHMIAN, I.; KOZOS, K. Influence of foliar fertilisation with calcium fertilisers on the firmness and chemical composition of two highbush blueberry cultivars. **Journal of Elementology**, 20(1), 2015.

PAGOT, E; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. **1º Seminário Brasileiro sobre pequenas frutas**. Documentos 37 Embrapa, 2003.

- PANIAGUA, A. C., EAST, A. R., HINDMARSH, J. P., & HEYES, J. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. **Postharvest Biology and Technology**, 79, 13-19, 2013.
- PAVLIS, G. C. Blueberry fruit quality and yield as affected by fertilization. **Acta Horticulturae** 715:353–56, 2006.
- PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; HOWARD, L. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. **Postharvest Biology and Technology**, 47(3), 280-285, 2008.
- PEROTTO, S., PERETTO, R., FACCIO, A., SCHUBERT, A., BONFANTE, P., & VARMA, A. Ericoid mycorrhizal fungi: cellular and molecular bases of their interactions with the host plant. **Canadian Journal of Botany**, 73(S1), 557-568, 1995.
- PLISZKA, K. et al. Effect of soil management and water stress upon growth and cropping of the highbush blueberry. **Sixth International Sym. Vaccinium**, p. 487–496, 1997.
- PRASAD, M. et al. Endophytic bacteria: Role in sustainable agriculture. [s.l.] **Elsevier Inc.**, 2019.
- PRODORUTTI, D. et al. Highbush blueberry: cultivation, protection, breeding and biotechnology. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 44–56, 2007.
- RAMOS, F.; PINTO, L.; MOUTINHO, D. Pragas e doenças dos pequenos frutos. Portugal, p. 9–24, 2016.
- RAMSDELL, D. C., NELSON, J. W., MYERS, R. L. An epidemiological study of mummy berry disease of highbush blueberry. **Phytopathology**, 64(2), 222-228. 1974.
- RATHORE, S. S., CHAUDHARY, D. R., BORICHA, G. N., GHOSH, A., BHATT, B. P., ZODAPE, S. T., *et al.* (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. **South Afr. J. Bot.** 75, 351–355, 2009.
- READ, D. J. The structure and function of the ericoid mycorrhizal root. **Annals of Botany**, 77(4), 365-374, 1996.
- RETAMALES, J. B. et al. Blueberry production in Chile: current status and future developments. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 58–67, 2014.
- RETAMALES, J. B.; HANCOCK, J. F. **Blueberries – Crop production Science in Horticulture**. 2nd edition, CABI, 2018.
- ROCHA, D. M. U. P. et al. Effects of blueberry and cranberry consumption on type 2 diabetes glycemic control: A systematic review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 11, p. 1816–1828, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1430019>>.
- ROCHA, F. I. G. da. Avaliação da cor e da atividade antioxidante da polpa e extrato de mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) em pó. 105. 2009. <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/2865>
- RODRIGUES, E. et al. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 31, n. 4, p. 911–917, 2011.
- RODRÍGUEZ, J.; ZOFFOLI, J.P. Effect of sulfur dioxide and modified atmosphere packaging on blueberry postharvest quality. **Postharvest Biology and Technology** 117, 230–238, 2016.

- ROJAS-HERRERA, R. et al. A simple silica-based method for metagenomic DNA extraction from soil and sediments. **Molecular Biotechnology**, v. 40, n. 1, p. 13–17, 2008.
- SALIH ABDULRAHMAN, A. Effect of Foliar Spray of Ascorbic Acid, Zinc, Seaweed Extracts and Biofertilizer (EM1) on Growth of Almonds (*Prunus amygdalus*) Seedling. **International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology Int. J. Pure Appl. Sci. Technol**, v. 17, n. 2, p. 62–71, 2013.
- SCAGEL, C. F. Inoculation with ericoid mycorrhizal fungi alters fertilizer use of highbush blueberry cultivars. **HortScience**, v. 40, n. 3, p. 786–794, 2005.
- SCHUCHOVSKI, C.; BIASI, L. A. Dormancy of Floral Buds of Rabbiteye Blueberry in a Mild Winter Climate. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 64, 2021.
- SMOLARZ, K. History of highbush blueberry (*V. corymbosum* L.) growing in Poland. **Acta Horticulturae**, v. 715, p. 313–316, 2006.
- SONG, G.-Q., & HANCOCK, J. F. *Vaccinium*. **Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources**, 197–221, 2010. doi:10.1007/978-3-642-16057-8_10
- SPIERS, J. M.; STRINGER, S. J.; DRAPER, A. D.; GUPTON, C. L. “Biloxi” Southern Highbush Blueberry. **Acta Horticulturae**, n. 574, p. 153–155, 2002.
- STRIK, B. C.; YARBOROUGH, D. Blueberry production trends in North America, 1992 to 2003, and predictions for growth. **HortTechnology**, v. 15, n. 2, p. 391–398, 2005.
- STRIK, B.; BULLER, G.; HELLMAN, E. Pruning severity affects yield, berry weight, and hand harvest efficiency of highbush blueberry. **HortScience**, v. 38, n. 2, p. 196–199, 2003.
- TAY, S. A. B.; PALNI, L. M. S.; MACLEOD, J. K. Identification of cytokinin glucosides in seaweed extract. **J. Plant Growth Regul.** 5, 133–138, 1987.
- TOWNSEND, L. R. Effect of acidity on growth and nutrient composition of the highbush blueberry. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 390, n. 1415, p. 385–390, 1971.
- TOWNSEND, L. R. INFLUENCE OF FORM OF NITROGEN AND pH ON GROWTH AND NUTRIENT LEVELS IN THE LEAVES AND ROOTS OF THE LOWBUSH BLUEBERRY. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 49, n. 3, p. 333–338, 1969.
- UPTON R, editor. *Bilberry Fruit Vaccinium myrtillus* L. Standards of Analysis, Quality Control, and Therapeutics. Santa Cruz, CA: **American Herbal Pharmacopoeia and Therapeutic Compendium**; 2001. p. 25.
- WANG, L. J. et al. Composition of phenolic compounds and antioxidant activity in the leaves of blueberry cultivars. **Journal of Functional Foods**, v. 16, p. 295–304, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.027>>.
- WOJCIK, P. Response of ‘Bluecrop’ highbush blueberry to boron fertilization. **Journal of Plant Nutrition** 28, 1897–1906, 2005.
- WU, T. et al. Blackberry and blueberry anthocyanin supplementation counteract high-fat-diet-induced obesity by alleviating oxidative stress and inflammation and accelerating energy expenditure. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2018, 2018.

YAKHIN, O. I. et al. Biostimulants in plant science: A global perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. January, 2017.

ZHU, X. Q.; XIAO, C. L. Phylogenetic, morphological, and pathogenic characterization of *Alternaria* species associated with fruit rot of blueberry in California. **Phytopathology**, v. 105, n. 12, p. 1555–1567, 2015.

5. METODOLOGIA COMUM PARA OS 2 CAPÍTULOS

Os experimentos foram desenvolvidos entre os meses de março de 2020 e abril de 2022, no Setor de Fruticultura da Estação Experimental de Biologia (EEB) (latitude 15° 44' 24'' Sul e longitude 47° 52' 12'' Oeste) da Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw (CARDOSO et al., 2014), que caracteriza essa região como tropical, com inverno seco e verão chuvoso.

Para ambos os experimentos foram utilizados os bioinsumos Samurai King, EM-1 e Brutal Plus (Minhofétil).

5.1. BRUTAL PLUS (MINHOFÉRTIL)

O Brutal Plus é um bioinsumo nacional, produzido a partir de resíduos e restos culturais de propriedades no Brasil, pela fabricante Minhofétil. É atestada, pelo próprio fabricante, no rótulo do produto, a possibilidade de variação na composição do insumo em cada lote produzido, por causa da matéria prima utilizada. O produto é classificado como fertilizante orgânico composto classe A, e é desenvolvido por meio de fermentação natural do processo de compostagem. A empresa desenvolve também a versão do produto em fertilizante sólido (MINHOFÉRTIL, 2022).

A composição conta com variedade de microrganismos eficientes, além de concentração relevante de substâncias húmicas e fúlvicas, que podem favorecer a produtividade (AHMAD, KHAN & NAWAZ KHATTAK, 2018) e a absorção de nutrientes pelas plantas (XUDAN, 1986).

5.2. SAMURAI KING ®

O bioinsumo Samurai King é um produto comercial registrado no Japão, composto de uma seleção de microrganismos benéficos. A composição biológica do Samurai King® pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Características microbiológicas do bioinsumo Samurai King®. Brasília-DF, 2020.

Bactéria	Quantificação
<i>Bacillus cereus</i> *	1,44
<i>Aeromicrobium kwangyangensis</i> **	2,8 x 10 ⁷
<i>Bacillus subtilis</i> **	1,4 x 10 ⁷
<i>Aeromicrobium sp.</i> **	1,4 x 10 ⁷
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> **	3,2 x 10 ⁷
<i>Acidovorax sp.</i> **	8,8 x 10 ⁷
<i>Stenotrophomonas sp.</i> **	2,2 x 10 ⁷
<i>Sphingomonas fennica</i> **	2,2 x 10 ⁷
<i>Acinetobacter modestus</i> **	2,2 x 10 ⁷
<i>Methylobacterium adhaesivum</i> **	1,8 x 10 ⁷

*Spike metagenômica (%); ** Diluição seriada (UFC/(mL ou g))

5.3. EM1®

O EM1® é um bioinsumo à base de microrganismos eficientes, produzido pela EMRO Japan e comercializado mundialmente. Na descrição do produto, é recomendado seu uso em diversas culturas para aumento de produtividade e indução de resistência a pragas e patógenos. A composição dos microrganismos presentes no EM1® está organizada na Tabela 2, adaptada de Al-Janabi *et al.* (2013).

Tabela 2. Composição do bioinsumo EM1®

Bactérias fotossintéticas	<i>Rhodopseudomonas plustris</i> <i>Rhodobacter sphaeroides</i>
Bactérias do ácido láctico	<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus casei</i> <i>Streptococcus lactis</i>
Levedura	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Fungos	<i>Aspergillus spp.</i> <i>Penicilium spp.</i>

Fonte: AL-JANABI *et al.* (2013)

Para os estudos, foram utilizados mirtilheiros do grupo Southern Highbush, *Vaccinium Corymbosum*, da cultivar ‘Biloxi’. As plantas dessa cultivar são citadas como low ou no-chill, sem a necessidade de frio invernal para sua plena produção, se desenvolvendo bem em climas quentes com boa amplitude térmica diária (SPIERS *et al.* 2002).

**CAPÍTULO I: REAÇÃO DE PLANTAS DE MIRTILO ‘BILOXI’ À
APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS**

CAPÍTULO I: REAÇÃO DE PLANTAS DE MIRTILO ‘BILOXI’ À APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS

1. RESUMO

A produção de mirtilos está aumentando ano a ano tanto nos principais países produtores quanto no Brasil. Paralelamente, a utilização de bioinsumos também está em alta, assim como seu mercado, devido à crescente preocupação com a sustentabilidade na cadeia produtiva de alimentos em geral. No plantio de blueberries, a quantidade de experimentos com tratamentos biológicos, principalmente com a inoculação de microrganismos, ainda é escassa. Portanto foram avaliados os efeitos dos bioinsumos Samurai King, EM-1 e Brutal Plus (Minhofétil) no cultivo de mirtilos (*V. corymbosum* L.) Southern Highbush, da cultivar ‘Biloxi’. Nas plantas, os parâmetros avaliados foram: i) altura de plantas (cm); ii) diâmetro do caule principal (mm); iii) número de brotações; iv) clorofila, por meio do equipamento ATLeaf; v) total de folhas por planta; vi) comprimento de folhas; vii) largura de folhas. Para os frutos, foram medidas a massa total de frutos, quantidade de frutos e massa média por fruto. Realizou-se ainda medição dos diâmetros transversal e longitudinal de frutos, além do total de açúcares na polpa (°Brix). As análises revelaram diferenças significativas entre os tratamentos para a maioria das variáveis, nos dois anos de avaliação (2020 e 2021). No ano de 2020, o tratamento que mais se destacou foi o tratamento 6 (Samurai King + EM-1), para as variáveis relacionadas aos frutos e à produção, porém sem diferença significativa com relação aos outros tratamentos. Quanto aos parâmetros relacionados ao crescimento das plantas, destacaram-se principalmente os tratamentos 1 (Brutal Plus) e 5 (Brutal Plus + EM-1). Em 2021 o tratamento 7 (Brutal Plus + Samurai King + EM-1) foi o mais produtivo e teve melhores rendimentos nas variáveis relacionadas aos frutos, exceto em MPF e BRIX. Nos dois anos de avaliação, apesar de haver tratamentos que obtiveram médias mais baixas que o tratamento 0 (controle), o efeito notado em geral foi positivo, revelando a eficiência da aplicação dos produtos contendo microrganismos para o desenvolvimento das plantas de mirtilo.

Palavras-Chave: Sustentabilidade, bioinsumos, cultivo em vasos, produtividade.

2. ABSTRACT

Blueberry production is increasing year by year both in the main producing countries and in Brazil. At the same time, the use of biostimulants is also on the rise, as is their market, due to the growing concern about sustainability in the food production chain in general. In the planting of blueberries, the amount of experiments with biological treatments, mainly with the inoculation of microorganisms, is still scarce. Therefore, the effects of Samurai King, EM-1 and Brutal Plus (Minhofétil) biostimulants on the cultivation of blueberries (*V. corymbosum* L.) Southern Highbush, cultivar 'Biloxi', were evaluated. In plants, the parameters evaluated were: i) plant height (cm); ii) diameter of the main stem (mm); iii) number of shoots; iv) chlorophyll, using the ATLeaf equipment; v) total number of leaves per plant; vi) length of leaves; vii) width of leaves. For the fruits, the total mass of fruits, number of fruits and average mass per fruit were measured. The transversal and longitudinal diameters of the fruits were also measured, in addition to the total sugars in the pulp (°Brix). The analyzes revealed significant differences between treatments for most variables in the two years of evaluation (2020 and 2021). In 2020, the treatment that stood out the most was treatment 6 (Samurai King + EM-1), for variables related to fruits and production, but with no significant difference in relation to the other treatments. Regarding the parameters related to plant growth, treatments 1 (Brutal Plus) and 5 (Brutal Plus + EM-1) stood out mainly. In 2021, treatment 7 (Brutal Plus + Samurai King + EM-1) was the most productive and had better yields in fruit-related variables, except for MPF and BRIX. In the two years of evaluation, although there were treatments that obtained lower averages than treatment 0 (control), the effect observed was generally positive, revealing the efficiency of the application of products containing microorganisms for the development of blueberry plants.

Key-words: Sustainability, biostimulants, planting in pots, productivity

3. INTRODUÇÃO

A produção de blueberries no mundo vem crescendo ano a ano, juntamente com o crescimento acelerado do consumo. Entre os anos de 1995 e 2010, a área plantada mundialmente com a cultura teve um aumento de aproximadamente 20.230 ha para mais de 76.800 ha, aumento de cerca de 26%, com a produção concentrada na América do Norte, principalmente nos Estados Unidos. No ano de 2020, dados da FAO (2022) já revelam uma área plantada de 126.144 ha, com produção total calculada em torno de 850 mil toneladas mundialmente. O consumo ainda apresenta espaço para bastante crescimento, tanto nos Estados Unidos como em algumas regiões da Europa e África. A produção na América do Sul também teve aumento considerável no mesmo período, variando de cerca de 1000 ha para quase 18000 ha, representados principalmente pela produção no Chile, Argentina e Uruguai (VILLATA, 2011). O Peru, que em 2014 não exportava mirtilos, se tornou, por meio de parcerias entre o governo e iniciativa privada, o maior exportador da América Latina no ano de 2019, exportando quantidade equivalente a mais de 1 bilhão de dólares (GHEZZI e STEIN, 2021) Em 2020, cerca de 82,8% da produção mundial de mirtilos ocorreu no continente americano, sendo o Perú responsável pela produção de 46,7 mil toneladas do fruto, ficando atrás somente de Estados Unidos e Canadá (FAO, 2022).

No Brasil, dados de 2002 atestam exportação próxima de 4 toneladas no ano, rendendo cerca de 24.000 dólares aos produtores brasileiros. A produção foi iniciada pela Embrapa Clima Temperado em caráter experimental na década de 1980, e o primeiro cultivo comercial foi implantado em 1990 na cidade de Vacaria – RS. No ano de 2006, a área plantada no Brasil era de cerca de 35 ha, concentrados nos estados mais frios (ANTUNES, 2006). A partir de 2010, com a introdução das variedades low chill oriundas de pesquisas da Universidade da Flórida, a área plantada aumentou ainda mais. Em 2011, a área total de 142 ha produziu cerca de 59 toneladas de mirtilos. Em 2014, apesar da ausência de dados oficiais, a área plantada com mirtilos era estimada em cerca de 400 ha, melhor distribuídos entre as regiões quentes e frias do país (CANTUÁRIAS-AVILÉS *et al.*, 2014).

A utilização de bioinsumos na agricultura no mundo é uma prática em crescimento, assim como o mercado destes bioprodutos. Segundo a empresa de pesquisas de mercado MarketsandMarkets Research (2022), o mercado de bioestimulantes mundial foi avaliado no ano de 2021 em um valor de US\$ 3.2 bilhões, com crescimento esperado anual de

12,1% e previsão de avaliação em US\$ 5.6 bilhões em 2026. O maior mercado é a Europa, que também é a região que apresenta maior crescimento desse mercado. O aumento da utilização desse tipo de produto na agricultura ocorre principalmente devido à crescente preocupação dos consumidores e produtores com relação aos fatores climáticos como o aquecimento global e a degradação dos solos, e com a sustentabilidade na cadeia produtiva de alimentos em geral. No Brasil, o uso dos chamados bioinsumos ou biofertilizantes também cresce, porém em menor escala, com uso de insumos produzidos na própria fazenda ou compra de produtos comerciais artesanais de valor mais baixo (MEDEIROS *et al.*, 2007).

Bioinsumos são substâncias ou microrganismos aplicados em plantas com o objetivo de aumentar a eficiência da nutrição, tolerância a estresses abióticos e/ou traços de qualidade da cultura, independente do seu conteúdo de nutrientes (DUJARDIN, 2015). Diversos estudos demonstram a eficiência desses produtos na produção de diferentes culturas. O uso do EM-1 na dose de 1mL/100mL proporcionou aumento no crescimento vegetativo de quatro cultivares de damasco (*Prunus armeniaca*), quando comparado ao tratamento controle e à aplicação de fertilizantes orgânicos (AL-JANABI *et al.*, 2013). Os bioinsumos podem ainda agir como catalisadores da absorção de nutrientes, por meio da aceleração de processos naturais, e aumentar a proteção de planta contra pragas e doenças, por meio de indução sistêmica de resistência (OLOWE, AKANMU & ASEMOLOYE, 2020).

No plantio de mirtilos, a quantidade de experimentos com tratamentos biológicos, principalmente com a inoculação de microrganismos, ainda é escassa. Em experimento em Nanjing, na China em 2016, com a aplicação de diferentes espécies e estirpes do gênero *Bacillus*, foi possível observar ganhos expressivos na produção. Os mirtilos da variedade ‘Lanmei No.1’ apresentaram aumento no conteúdo de clorofila e taxa fotossintética, crescimento e produtividade, além de demonstrar aumento na quantidade de nitrogênio amoniacal e de matéria orgânica do solo (YU *et al.*, 2020).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

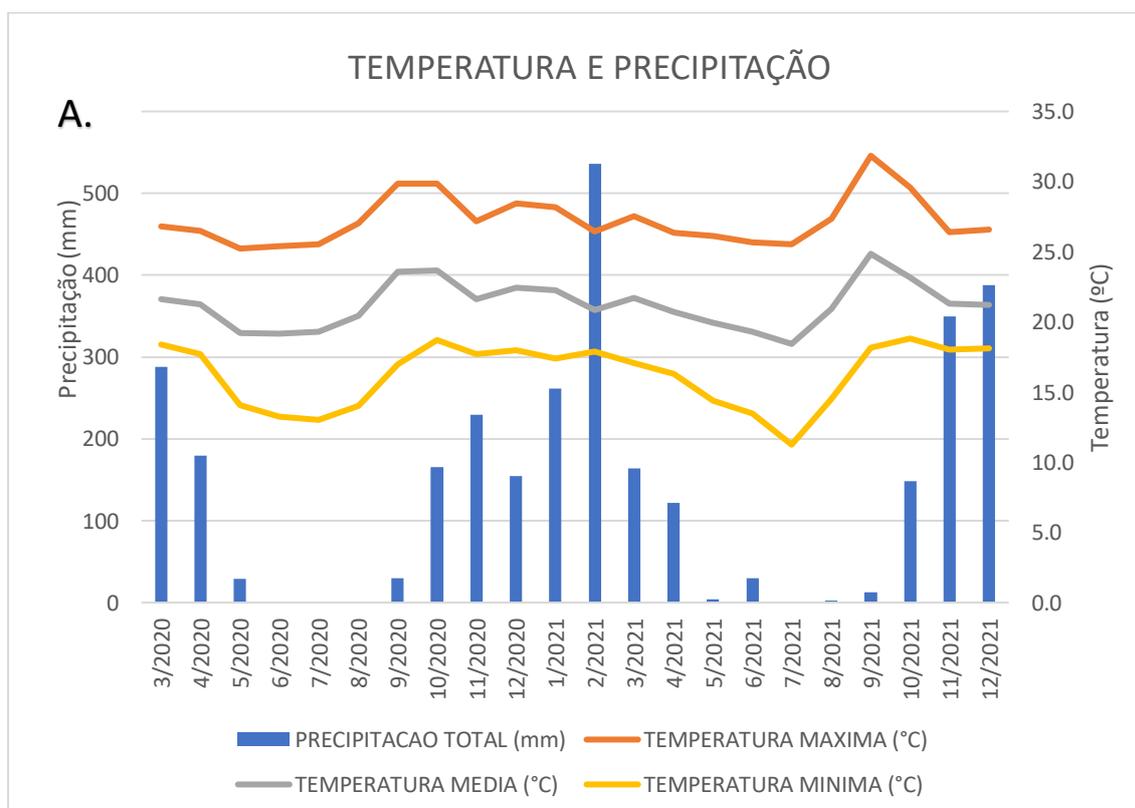
As plantas avaliadas encontravam-se no seu terceiro e quarto ano de produção (2020 e 2021), acondicionadas em recipientes plásticos (sacos de polietileno pretos). O manejo foi com exposição em malha de cobertura para proteção contra pássaros, com incidência

solar de 80% (malha 20% de cobertura), com espaçamento de 0,4 m entre plantas e 1,5 m entre linhas, conduzindo as plantas com 10 a 12 ramos em média para produção. Em cada recipiente foi disposta uma planta, com o substrato de casca de arroz crua, sem nenhum processo de queima, na quantidade de 60 dm³ por saco, cujas características podem ser observadas na Tabela 3. Os dados relativos às variáveis climáticas observadas durante o experimento foram obtidos por meio do site do INMET e se encontram disponíveis na Figura 1.

Tabela 3. Densidade Seca (DS); porosidade total (PT); pH; condutividade elétrica (EC); Matéria orgânica (M.O) e teores cálcio (Ca); magnésio (Mg) e Ferro Fe) do substrato casca de arroz natural. Brasília-DF, 2020.

DS	PT	pH	EC	M.O.	Ca	Mg	Fe
kg m ⁻³		-	mS cm ⁻¹	mg L ⁻¹			
131,71	85,46	5,56	0,418	224,4	47,4	1,98	0,79

Fonte: LIMA et al., 2020.



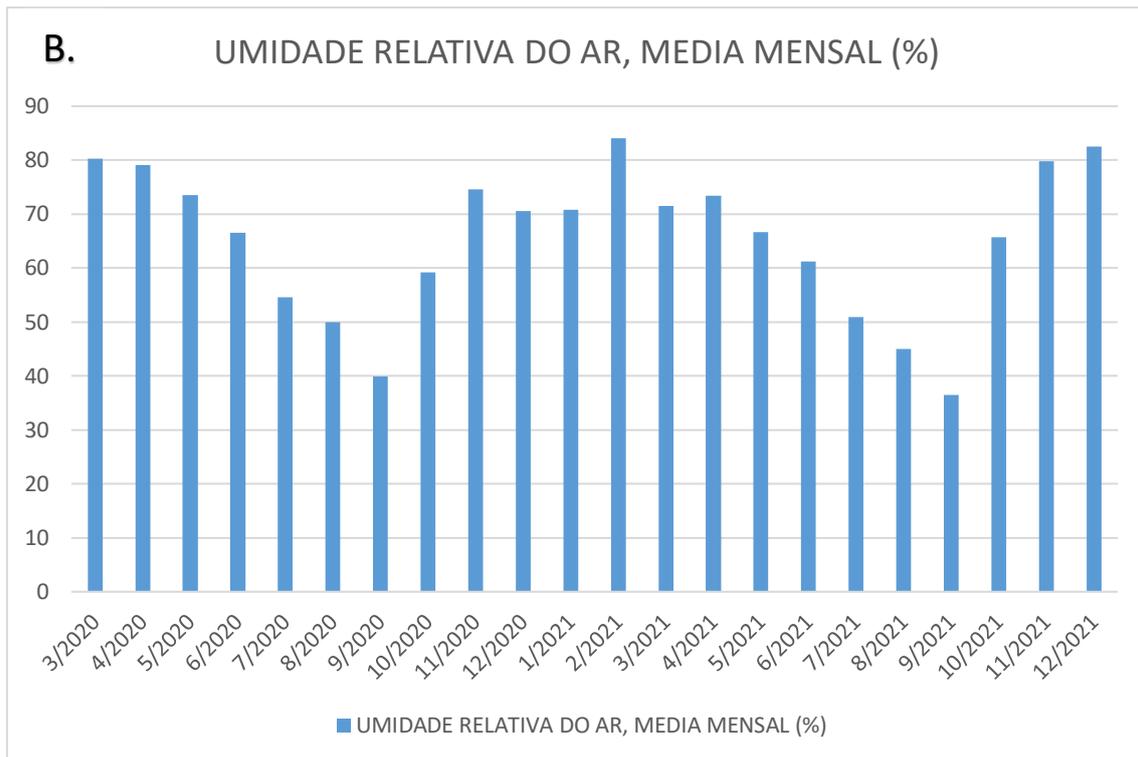


Figura 1. A. Temperatura e Precipitação médias mensais – Brasília-DF, 2020/2021. B. Umidade relativa do ar, média mensal – Brasília-DF, 2020/2021. Fonte: INMET

A nutrição do pomar foi realizada por fertirrigação, com uso de emissores com 4 hastes gotejadoras, com vazão total de 4 L h^{-1} e um emissor por planta (Figura 2), totalizando aproximadamente 3 L de solução por planta por dia. As quantidades de nutrientes foram administradas de modo a fornecer anualmente os valores aproximados (em kg ha^{-1}) de: N - 250; P_2O_5 - 160; K_2O - 300; CaO - 250; MgO - 150 e SiO_2 - 200.



Figura 2. Sistema de Irrigação

O experimento foi organizado em delineamento em blocos ao acaso (DBC), contendo 8 tratamentos, sendo: i) Brutal Plus; ii) Samurai King®; iii) EM-1®; iv) Brutal Plus + Samurai King®; v) Brutal Plus + EM-1®; vi) Samurai King ®+ EM-1®; vii) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®; além do tratamento controle ou testemunha, sem aplicação, que neste trabalho será tratado como tratamento 0. As plantas foram dispostas em 3 blocos, cada um contendo os 8 tratamentos arranjados aleatoriamente, sendo um total de 5 plantas de cada tratamento por bloco, totalizando 40 plantas por bloco e 120 no total do experimento. As doses aplicadas foram de 3 mL L⁻¹ para Brutal Plus e EM-1® e 4 mL L⁻¹ para o Samurai King®, sendo aplicadas a cada 15 dias continuamente durante o experimento, cessando somente em dezembro de 2020 em ocasião da poda das plantas no mês de janeiro. Durante o andamento das análises, não foi feita nenhuma aplicação de agrotóxicos para controle de pragas ou doenças nas plantas.

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal manual com capacidade para 20 L, da marca Jacto. O jato foi direcionado principalmente às raízes, aplicando-se diretamente no substrato, mas também foi feito um banho na parte aérea, totalizando cerca de 250 mL por planta, com dosador de 25mL.

Nas plantas, os parâmetros avaliados foram: i) altura de plantas (cm), medida pela altura do ramo principal previamente marcado; ii) diâmetro do caule principal (mm); iii) número de brotações; iv) clorofila, por meio do equipamento ATLeaf; v) total de folhas por planta; vi) comprimento de folhas; vii) largura de folhas. A partir do dia 13 de julho de 2020, data da primeira colheita deste ano, foram feitas semanalmente até o dia 4/11/2020 medições de massa total de frutos, quantidade de frutos e massa média por fruto. Realizou-se ainda mensalmente em agosto, setembro e outubro a medição dos diâmetros transversal e longitudinal de frutos, além do total de açúcares na polpa (° Brix).

Em 2021, as avaliações dos parâmetros das plantas ocorreram mensalmente entre os meses de março a setembro, enquanto as avaliações relativas aos frutos ocorreram a partir de 13 de julho de 2021, data da primeira colheita do ano. As avaliações de diâmetros dos frutos e °Brix ocorreram quinzenalmente, enquanto os dados das demais variáveis foram colhidos de forma semanal.

Os diâmetros transversal e longitudinal foram utilizados para o cálculo estimado do volume médio dos frutos por tratamento em cada época de colheita. Para o cálculo foi

utilizado como base a fórmula do volume do elipsoide, que pode ser deduzida a partir do Princípio de Cavalieri, segundo Lula (2013), em:

$$V_{\text{elipsoide}} = (4/3) \pi abc$$

Sendo:

- a. raio maior transversal;
- b. raio menor transversal;
- c. raio longitudinal.

Utilizando-se nesta aproximação $a = b$.

O comprimento e largura de folhas foram utilizados para o cálculo da área foliar, utilizando a fórmula:

$$AFOLIAR = a + b LW$$

Sendo:

- a. constante calculada para o mirtilo (0,54)
- b. coeficiente ajustado para o mirtilo (0,68)
- L. comprimento da folha
- W. largura da folha

Segundo Fallovo et al. (2008), a equação é a melhor aproximação para a área foliar de mirtilheiros *Highbush*.

Para a medição do diâmetro do caule principal e do diâmetro transversal e longitudinal de frutos foi utilizado paquímetro digital da marca iGaging modelo OriginCal, Digital Caliper, com precisão de 0,01 mm. A medição da altura de plantas foi feita com fita métrica, e o ramo marcado com fita colorida para identificação. A largura e comprimento de folhas serão medidas com o uso de régua milimetrada comum de 30 cm. O teor de clorofila foi medido por meio de um medidor de clorofila do modelo ATLeaf CH Plus. O teor de açúcares nos frutos foi medido utilizando refratômetro digital. Para os demais parâmetros procedeu-se contagem manual.

Uma avaliação com equipamento IRGA (Figura 3) foi realizada no dia 23 de junho de 2021, onde foram quantificados parâmetros relativos à taxa de fotossíntese e condutância estomática nas folhas. As medições foram feitas em dois períodos do dia, as

8h e as 12h. A sigla IRGA significa Infra-red Gas Analyser e o equipamento é utilizado principalmente para mensurar a capacidade fotossintética, condutância estomática, taxa de transpiração, entre outras trocas gasosas (LOBO *et al.* 2018). Neste teste foram avaliadas a taxa de fotossíntese (FOTO), condutância estomática (CE), Carbono interno (CI) e taxa de transpiração (TRANSP).



Figura 3. Medições realizadas com equipamento IRGA

Os dados das diversas variáveis foram submetidos a análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR, segundo recomendações de Ferreira (2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as análises realizadas para o ano de 2020, as variáveis relativas aos frutos não retornaram diferença significativa entre os tratamentos, para o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. O tratamento 6 (Samurai King + EM1) obteve os maiores valores absolutos para este ano, que ocorreram na colheita de 02/09/2020, com média de 83,77 g por planta, na variável massa média de frutos por semana (MFS) (Tabela 4). Para este tratamento a produção maior se concentrou entre os dias 20 de agosto e 20 de setembro. O uso de bioestimulantes causou aumento na produção de soja, tanto via aplicação foliar quanto via sementes, em experimento com produtos compostos principalmente por hormônios vegetais. A aplicação foliar se mostrou efetiva, principalmente quando feita na fase vegetativa da cultura (BERTOLIN *et al.*, 2010). No entanto, para tratamento de maçãs na Itália com bioinsumos a base de algas, aminoácidos e ácidos húmicos e fúlvicos,

não foram observados ganhos na colheita e qualidade de frutos, além de não ser observada diferença também na taxa fotossintética da cultura (THALHEIMER & PAOLI, 2002). A aplicação de extratos de algas e microrganismos eficientes em batatas, demonstrou ganhos significativos na colheita e na receita líquida obtida com os produtos, que demonstravam melhor qualidade (ARAFÁ et al., 2012).

Tabela 4. Teste de Tukey para a variável Massa média de frutos por semana por planta (MFS), Brasília – DF, 2022.

MFS																		
2020																		
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8	ÉPOCA 9	ÉPOCA 10	ÉPOCA 11	ÉPOCA 12	ÉPOCA 13	ÉPOCA 14				
TRATAMENTO*	13/07/2020	22/07/2020	29/07/2020	05/08/2020	13/08/2020	20/08/2020	02/09/2020	11/09/2020	15/09/2020	23/09/2020	01/10/2020	08/10/2020	15/10/2020	04/11/2020				
0	0.57aD	1.96aBCD	1.23aCD	5.79aABCD	26.88aABC	35.39aABC	76.94aA	61.66aAB	43.88aABC	44.15aABC	34.33aABC	18.07aABCD	23.42aABC	13.98aABCD				
1	2.42aA	4.39aA	5.19aA	6.67aA	18.08aA	26.63aA	55.79aA	40.93aA	36.23aA	42.12aA	30.36aA	20.70aA	23.59aA	18.86aA				
2	1.87aAB	1.29aB	6.21aAB	17.20aAB	31.82aAB	40.14aAB	61.55aA	51.01aA	28.31aAB	47.08aAB	27.00aAB	17.99aAB	13.70aAB	12.53aAB				
3	1.14aB	4.36aAB	7.94aAB	14.88aAB	34.42aAB	43.74aAB	55.77aA	39.07aAB	23.70aAB	22.84aAB	22.66aAB	11.96aAB	15.79aAB	14.63aAB				
4	3.11aA	7.41aA	10.63aA	18.78aA	27.77aA	45.75aA	68.23aA	55.85aA	32.26aA	26.18aA	9.67aA	8.14aA	10.01aA	6.33aA				
5	1.01aB	2.52aAB	4.94aAB	7.30aAB	28.05aAB	48.90aA	66.18aA	59.08aA	32.08aAB	42.34aA	21.52aAB	18.57aAB	21.48aAB	9.34aAB				
6	0.82aB	3.57aAB	5.88aAB	14.41aAB	29.12aAB	50.56aA	83.77aA	75.81aA	39.60aA	35.40aA	23.48aAB	13.67aAB	17.29aAB	8.05aAB				
7	2.81aA	3.55aA	4.68aA	10.10aA	31.27aA	49.26aA	68.01aA	54.60aA	27.04aA	25.30aA	11.43aA	11.80aA	16.69aA	9.32aA				
CV = 33.69%	DMS = 1.40																	
2021																		
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8	ÉPOCA 9	ÉPOCA 10	ÉPOCA 11	ÉPOCA 12	ÉPOCA 13	ÉPOCA 14	ÉPOCA 15	ÉPOCA 16	ÉPOCA 17	ÉPOCA 18
TRATAMENTO*	21/07/2021	28/07/2021	04/08/2021	11/08/2021	18/08/2021	25/08/2021	01/09/2021	08/09/2021	15/09/2021	22/09/2021	29/09/2021	06/10/2021	13/10/2021	20/10/2021	27/10/2021	03/11/2021	10/11/2021	17/11/2021
0	4.22aA	2.14aA	2.26aA	5.99aA	8.74aA	17.45aA	22.04aA	21.55aA	19.99aA	13.37aA	9.59aA	10.48aA	14.11aA	10.18aA	19.27aA	27.67aA	27.26aA	25.80aA
1	10.30aA	2.72aA	4.45aA	7.71aA	13.37aA	17.95aA	19.06aA	18.75aA	24.13aA	14.00aA	10.88aA	10.63aA	15.06aA	6.48abA	17.45aA	23.32aA	19.33aA	23.19aA
2	3.43aAB	1.54aB	2.84aAB	6.95aAB	12.17aAB	18.08aAB	17.11aAB	18.45aAB	18.77aAB	13.15aAB	12.71aAB	8.29aAB	9.58aAB	7.03abAB	20.11aAB	29.13aAB	33.32aA	33.65aA
3	2.65aAB	1.98aAB	1.97aB	5.71aAB	13.11aAB	15.84aAB	15.40aAB	15.07aAB	14.27aAB	10.24aAB	11.38aAB	11.85aAB	17.78aAB	9.23abAB	19.61aAB	25.86aAB	28.00aAB	29.34aA
4	3.64aA	1.39aA	2.77aA	3.38aA	6.36aA	9.17aA	12.39aA	13.06aA	17.79aA	10.62aA	12.14aA	9.56aA	11.21aA	8.35abA	15.06aA	18.61aA	18.46aA	22.19aA
5	5.22aAB	2.27aAB	4.05aAB	5.38aAB	10.39aAB	13.40aAB	10.58aAB	11.53aAB	13.37aAB	9.04aAB	8.90aAB	11.84aAB	15.24aAB	5.84bB	16.29aAB	28.38aA	20.35aAB	21.82aAB
6	3.11aAB	0.90aB	1.56aAB	3.03aAB	6.13aAB	12.04aAB	16.92aAB	23.86aA	23.44aA	17.86aAB	9.61aAB	6.42aAB	8.46aAB	5.26abAB	9.93aAB	16.08aAB	14.92aAB	19.97aA
7	7.89aA	3.37aA	4.20aA	9.35aA	15.00aA	20.71aA	23.51aA	23.17aA	23.40aA	16.16aA	13.78aA	15.61aA	23.13aA	17.59aA	25.94aA	30.57aA	27.66aA	27.45aA
CV = 27.52%	DMS = 1.15																	

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Transformação de dados utilizada para fins de análise estatística: Log(X)

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

Tabela 5. Teste de Tukey para a variável Número de frutos por semana por planta (NFS), Brasília – DF, 2022.

NFS																		
2020																		
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8	ÉPOCA 9	ÉPOCA 10	ÉPOCA 11	ÉPOCA 12	ÉPOCA 13	ÉPOCA 14				
TRATAMENTO*	13/07/2020	22/07/2020	29/07/2020	05/08/2020	13/08/2020	20/08/2020	02/09/2020	11/09/2020	15/09/2020	23/09/2020	01/10/2020	08/10/2020	15/10/2020	04/11/2020				
0	0.33aC	1.11aABC	0.77aBC	3.44aABC	15.44aABC	21.33aAB	44.33aA	40.11aA	32.22aAB	34.55aAB	31.33aAB	21.22aAB	31.55aAB	19.66aAB				
1	1.33aA	2.77aA	4.11aA	4.55aA	11.22aA	15.88aA	32.55aA	27.44aA	27.00aA	33.66aA	26.33aA	24.22aA	28.22aA	25.77aA				
2	1.11aA	1.00aA	3.44aA	9.44aA	18.55aA	23.11aA	39.11aA	33.22aA	20.55aA	35.11aA	24.22aA	19.11aA	16.77aA	16.22aA				
3	0.77aB	2.44aAB	5.11aAB	8.55aAB	22.22aAB	27.11aAB	35.55aA	28.66aAB	19.77aAB	19.11aAB	22.33aAB	15.33aAB	19.11aAB	18.44aAB				
4	1.77aA	4.66aA	7.22aA	10.44aA	16.66aA	30.22aA	47.55aA	39.33aA	25.66aA	23.22aA	15.66aA	12.33aA	16.22aA	10.88aA				
5	0.55aB	1.55aAB	2.89aAB	4.00aAB	15.22aAB	28.66aA	42.33aA	40.22aA	25.11aA	36.44aA	20.44aAB	22.00aAB	30.77aA	14.55aAB				
6	0.44aB	2.11aAB	3.77aAB	8.22aAB	17.22aAB	31.22aA	54.55aA	53.33aA	27.66aA	26.88aA	21.44aA	16.88aAB	20.33aA	10.77aAB				
7	1.66aA	2.11aA	3.11aA	5.89aA	18.00aA	30.77aA	41.55aA	38.00aA	21.77aA	21.88aA	11.88aA	14.66aA	23.11aA	13.66aA				
CV = 38,22%	DMS = 1.48																	
2021																		
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8	ÉPOCA 9	ÉPOCA 10	ÉPOCA 11	ÉPOCA 12	ÉPOCA 13	ÉPOCA 14	ÉPOCA 15	ÉPOCA 16	ÉPOCA 17	ÉPOCA 18
TRATAMENTO*	21/07/2021	28/07/2021	04/08/2021	11/08/2021	18/08/2021	25/08/2021	01/09/2021	08/09/2021	15/09/2021	22/09/2021	29/09/2021	06/10/2021	13/10/2021	20/10/2021	27/10/2021	03/11/2021	10/11/2021	17/11/2021
0	2.33aA	1.20aA	1.46aA	3.46aA	5.13aA	10.73aA	15.06aA	15.86aA	18.06aA	14.13aA	10.86aA	11.8aA	15.26aA	12.20aA	21.86aA	31.60aA	31.13aA	31.00aA
1	6.66aA	2.00aA	2.80aA	4.53aA	7.66aA	11.53aA	12.46aA	14.26aA	20.93aA	14.26aA	10.86aA	10.53aA	15.40aA	7.40aA	18.60aA	26.20aA	20.86aA	26.73aA
2	2.00aAB	1.06aB	1.86aAB	4.26aAB	7.00aAB	10.66aAB	11.86aAB	13.13aAB	15.06aAB	11.73aAB	11.06aAB	7.80aAB	9.26aAB	7.33aAB	20.80aAB	31.86aAB	36.53aA	39.53aA
3	1.53aABC	1.40aBC	1.20aC	3.46aABC	7.66aABC	10.26aABC	10.46aABC	10.53aABC	11.73aABC	10.00aABC	11.33aABC	11.33aABC	17.26aABC	9.13aABC	21.06aABC	29.73aAB	31.40aAB	36.26aA
4	2.13aA	0.93aA	1.86aA	1.80aA	3.66aA	5.60aA	8.46aA	9.33aA	14.40aA	9.46aA	10.80aA	8.53aA	9.86aA	8.73aA	15.86aA	20.80aA	21.20aA	26.20aA
5	3.13aA	1.53aA	2.73aA	3.60aA	5.93aA	8.73aA	7.40aA	8.53aA	11.06aA	9.00aA	8.06aA	10.53aA	14.46aA	10.73aA	17.00aA	31.46aA	24.93aA	26.33aA
6	1.93aAB	0.60aB	1.00aAB	1.93aAB	3.60aAB	7.06aAB	10.80aAB	15.86aAB	18.06aAB	15.73aAB	9.66aAB	6.53aAB	8.86aAB	5.40aAB	10.26aAB	18.73aAB	15.53aAB	21.13aA
7	4.93aA	2.06aA	2.80aA	5.40aA	8.26aA	12.93aA	16.33aA	17.06aA	18.66aA	13.80aA	12.33aA	14.53aA	22.06aA	18.13aA	28.53aA	35.93aA	36.66aA	34.20aA
CV = 32,56%	DMS = 1.31																	

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Transformação de dados utilizada para fins de análise estatística: Log(X)

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

Para a variável número de frutos por semana (NFS) (Tabela 5) repetiram-se os maiores valores absolutos para o tratamento 6, sendo o tratamento 3 novamente o que teve pior rendimento, apresentando as piores médias gerais. Ocorreu também grande diferenciação das épocas para o tratamento 0, iniciando com uma baixa produção e depois aumentando em curto espaço de tempo. O uso de microrganismos eficientes já revelou aumentos em colheitas de ervilhas e cebolas, aumentando também o peso por espiga de milho doce, em aplicação associada com melaço de cana. No mesmo experimento foi revelado também um aumento na mineralização de carbono em cultura laboratorial, desta vez com o uso do EM associado a glucose, demonstrando eficiência do produto para produções de espécies variadas (DALY & STEWART, 1999).

A massa média por fruto (MPF) (Tabela 6) também variou pouco entre os tratamentos, com destaque no valor para os tratamentos 5 (Brutal Plus + EM1) e 6, sendo mais baixa a média do tratamento 4 (Brutal Plus + Samurai King). O tratamento 6 foi o único que apresentou diferença entre as épocas para o ano de 2020, tendo a primeira colheita com os frutos com maior massa. O aumento do peso na colheita já foi observado em plantações de cenoura convencionais e orgânicas com aplicação de bioinsumos a base de bactérias como *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus*, levedura *Saccharomyces cerevisiae*, ácidos húmicos e fúlvicos, entre outros compostos comuns às formulações utilizadas aqui neste experimento, ministradas em doses baixas (2L/ha). Além do aumento no peso das cenouras, foi observada também maior acumulação de monossacarídeos, carotenoides, fenóis e aumento na atividade antioxidante (GAVELIENÈ *et al.*, 2021). Os consumidores de mirtilo, apesar de se preocuparem mais com o sabor dos mirtilos quando procuram para compra, estão também interessados em mirtilos maiores e, conseqüentemente, mais pesados, em sua maioria (GILBERT *et al.*, 2014). Além de maiores ganhos com frutos grandes, eles terão provavelmente maior aceitação no mercado.

Tabela 6. Teste de Tukey para a variável Massa média por fruto (MPF), Brasília – DF, 2022.

MPF																		
2020																		
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8	ÉPOCA 9	ÉPOCA 10	ÉPOCA 11	ÉPOCA 12	ÉPOCA 13	ÉPOCA 14				
TRATAMENTO*	13/07/2020	22/07/2020	29/07/2020	05/08/2020	13/08/2020	20/08/2020	02/09/2020	11/09/2020	15/09/2020	23/09/2020	01/10/2020	08/10/2020	15/10/2020	04/11/2020				
0	1.72aA	1.79aA	1.58aA	1.68aA	1.76aA	1.67aA	1.70aA	1.51aA	1.34aA	1.25aA	1.05aA	0.84aA	0.73aA	0.70aA				
1	1.82aA	1.58aA	1.26aA	1.47aA	1.59aA	1.63aA	1.69aA	1.49aA	1.35aA	1.26aA	1.15aA	0.84aA	0.84aA	0.73aA				
2	1.71aA	1.30aA	1.80aA	1.82aA	1.68aA	1.76aA	1.58aA	1.54aA	1.40aA	1.30aA	1.08aA	0.88aA	0.80aA	0.73aA				
3	1.52aA	1.79aA	1.56aA	1.74aA	1.37aA	1.60aA	1.59aA	1.39aA	1.21aA	1.21aA	0.99aA	0.77aA	0.85aA	0.81aA				
4	1.76aA	1.59aA	1.47aA	1.80aA	1.66aA	1.51aA	1.41aA	1.40aA	1.21aA	1.10aA	0.63aA	0.63aA	0.61aA	0.57aA				
5	2.03aA	1.63aAB	1.71aAB	1.83aAB	1.83aAB	1.71aAB	1.56aAB	1.47aAB	1.27aAB	1.17aAB	1.05aAB	0.86aAB	0.69aAB	0.64aB				
6	2.05aA	1.70aA	1.56aA	1.75aA	1.70aA	1.62aA	1.53aA	1.43aA	1.41aA	1.32aA	1.09aA	0.84aA	0.84aA	0.71aA				
7	1.69aA	1.69aA	1.50aA	1.72aA	1.71aA	1.61aA	1.63aA	1.42aA	1.23aA	1.14aA	0.96aA	0.84aA	0.73aA	0.68aA				
CV = 10.36%	DMS = 0.39																	
2021																		
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8	ÉPOCA 9	ÉPOCA 10	ÉPOCA 11	ÉPOCA 12	ÉPOCA 13	ÉPOCA 14	ÉPOCA 15	ÉPOCA 16	ÉPOCA 17	ÉPOCA 18
TRATAMENTO*	21/07/2021	28/07/2021	04/08/2021	11/08/2021	18/08/2021	25/08/2021	01/09/2021	08/09/2021	15/09/2021	22/09/2021	29/09/2021	06/10/2021	13/10/2021	20/10/2021	27/10/2021	03/11/2021	10/11/2021	17/11/2021
0	1.85aA	1.71aA	1.49aA	1.69aA	1.55aA	1.59aA	1.57aA	1.37aA	1.15aA	0.99aA	0.87aA	0.90aA	0.92aA	0.82aA	0.88aA	0.86aA	0.86aA	0.82aA
1	1.53aA	1.35aA	1.49aA	1.67aA	1.62aA	1.56aA	1.50aA	1.32aA	1.17aA	1.00aA	1.02aA	1.02aA	0.98aA	0.87aA	0.94aA	0.90aA	0.92aA	0.85aA
2	1.70aA	1.42aA	1.54aA	1.54aA	1.70aA	1.67aA	1.43aA	1.41aA	1.24aA	1.10aA	1.15aA	1.07aA	1.03aA	0.96aA	0.94aA	0.91aA	0.91aA	0.84aA
3	1.76aA	1.39aA	1.65aA	1.64aA	1.70aA	1.53aA	1.49aA	1.43aA	1.26aA	1.04aA	1.06aA	1.07aA	1.03aA	0.99aA	0.92aA	0.86aA	0.88aA	0.80aA
4	1.96aA	1.55aA	1.42aA	1.80aA	1.86aA	1.64aA	1.40aA	1.57aA	1.27aA	1.15aA	1.13aA	1.10aA	1.12aA	0.95aA	0.93aA	0.87aA	0.85aA	0.84aA
5	1.69aA	1.48aA	1.49aA	1.48aA	1.73aA	1.54aA	1.44aA	1.36aA	1.22aA	1.00aA	1.11aA	1.09aA	1.05aA	0.67aA	0.94aA	0.89aA	0.81aA	0.83aA
6	1.57aA	1.50aA	1.62aA	1.57aA	1.67aA	1.70aA	1.54aA	1.48aA	1.28aA	1.15aA	0.98aA	0.98aA	0.95aA	1.05aA	1.00aA	0.90aA	0.96aA	0.94aA
7	1.60aA	1.62aA	1.53aA	1.71aA	1.76aA	1.57aA	1.43aA	1.35aA	1.23aA	1.15aA	1.10aA	1.07aA	1.04aA	0.97aA	0.91aA	0.84aA	0.75aA	0.78aA
CV = 8.97%	DMS = 0.33																	

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Transformação de dados utilizada para fins de análise estatística: $(X+1)^{0.5}$

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

O total de açúcares solúveis (Tabela 7), medido em graus brix (BRIX) retornou baixa variação entre os tratamentos, e em 2021 não foram observadas diferenças entre as épocas de avaliação. No primeiro ano, os maiores valores ocorreram para o tratamento 7, na última época, avaliação do mês de novembro, enquanto no segundo os maiores valores ocorreram no final de agosto, com destaque para os tratamentos 6 e 7. Os momentos coincidem em 2020 com época sem precipitação, enquanto em 2021 estes valores mais elevados foram encontrados em novembro, com precipitação mais regular e abundante. Segundo Bryla *et al.* (2009), a irrigação deve se manter em torno de 100% da evapotranspiração de referência da cultura, sendo a falta ou o excesso de água prejudiciais para fatores relativos à qualidade e quantidade de frutos. A concentração de sólidos solúveis foi relacionada diretamente com a cobertura utilizada para o cultivo, com diminuição no valor de graus BRIX em caso de cobertura com rede de sombreamento, em relação ao uso de cobertura de polietileno e ao controle, sem cobertura. Destaca-se ainda que em caso de temperaturas mais altas, a retirada da cobertura deve ser cogitada, para permitir melhor desenvolvimento dos frutos (PEREIRA, 2020). Segundo o autor uma malha de sombreamento poderia prejudicar o período de colheita para a cultura.

Tabela 7. Teste de Tukey para o total de açúcares solúveis (°BRIX), Brasília – DF, 2022.

AÇÚCARES SOLÚVEIS (°BRIX)								
2020								
TRATAMENTO*	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5			
	13/07/2020	13/08/2020	11/09/2020	08/10/2020	04/11/2020			
0	10.09aA	9.63aA	10.08aA	9.96aA	13.14aA			
1	10.26aAB	9.03aAB	11.26aAB	8.02aB	13.22aA			
2	10.07aA	8.73aA	10.20aA	8.37aA	12.58aA			
3	8.62aA	8.47aA	10.36aA	8.38aA	10.52aA			
4	10.35aA	8.59aA	9.94aA	8.44aA	12.18aA			
5	10.20aA	10.23aA	9.76aA	10.18aA	13.54aA			
6	9.44aAB	8.68aAB	9.64aAB	8.22aB	13.12aA			
7	9.85aB	8.84aB	9.58aB	9.09aB	14.89aA			
CV = 20.36	DMS = 5.24							
2021								
TRATAMENTO*	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8
	04/08/2021	18/08/2021	01/09/2021	15/09/2021	29/09/2021	13/10/2021	27/10/2021	10/11/2021
0	13.40aA	12.86aA	14.43aA	14.30aA	12.86aA	10.90aA	12.03aA	10.83aA
1	14.40aA	14.36aA	13.80aA	13.76aA	11.80aA	11.16aA	11.23aA	11.26aA
2	13.66aA	14.33aA	13.56aA	12.96aA	11.36aA	11.93aA	11.23aA	11.10aA
3	13.93aA	14.46aA	12.56aA	13.96aA	12.53aA	11.70aA	10.50aA	10.40aA
4	14.36aA	13.53aA	14.16aA	12.73aA	12.36aA	12.20aA	12.60aA	11.10aA
5	13.63aA	14.06aA	14.33aA	13.76aA	13.00aA	11.53aA	11.00aA	11.13aA
6	14.26aA	14.90aA	13.16aA	13.50aA	13.70aA	11.43aA	12.13aA	10.46aA
7	14.83aA	14.56aA	12.73aA	13.40aA	12.76aA	11.83aA	11.40aA	10.53aA
CV = 14.39	DMS = 4.60							

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

Para o ano de 2021, em MFS, o tratamento 7 (Brutal Plus + Samurai King + EM1) demonstrou a maior massa média geral, porém sem diferenças significativas entre as épocas. A diferença entre as épocas foi encontrada nos tratamentos 2, 3, 5 e 6, estando as melhores produções concentradas nas avaliações do meio de setembro e do início para a metade de novembro. Os bioestimulantes de diferentes tipos irão apresentar diferentes ações, podendo a combinação deles se mostrar eficaz em alguns casos. As principais variações nos bioinsumos estão associadas a origem do material utilizado para a fabricação do produto, à maneira como este material é processado e às misturas de outras substâncias para confecção do produto comercial. Além do aumento na produção, o uso dos insumos biológicos pode aumentar a resistência dos frutos a rachaduras, como observado em plantios de romã (RODRIGUES et al. 2020).

A situação se repete para NFS, com destaque para o tratamento 7 com valor médio superior a 36 frutos por semana, por planta, na colheita de 10/11/2021. Porém, neste caso o destaque negativo foi para o tratamento 6, que apresentou os menores valores na avaliação em que foi observada a média mais alta entre os tratamentos (17/11/2021), com 21,13 frutos por planta.

Para MPF e graus Brix não houve diferenças significativas, estando muito próximos os valores entre os tratamentos. A massa média por fruto foi inferior no ano de 2021 na maioria dos tratamentos, com relação aos valores do ano anterior. Em compensação, os valores de açúcares solúveis totais foram superiores em todos os tratamentos em 2021, mostrando uma possível ação dos produtos com a continuidade da frequência de aplicação. Auriga et al. (2018) encontraram pouca ou nenhuma relação entre a aplicação de microrganismos eficientes e o total de sólidos solúveis. Em uvas, o total de sólidos solúveis, a acidez total titulável e a quantidade de polifenóis presentes no fruto não foi influenciada pela aplicação do EM, sendo a quantidade de polifenóis alterada somente com alteração da cultivar e aumento do número de gemas por ramo.

Os gráficos de massa média de frutos por semana e número de frutos por semana (Figuras 4 e 5) nos dois anos, revelaram um pico de produção entre os meses de agosto e setembro. No gráfico de 2020 é possível observar um pico mais curto, concentrado do

meio para o final do mês de agosto, enquanto no segundo ano essa produção mais elevada se mantém mais estável desde o início de agosto até o meio de setembro, antes de cair novamente.

A produção após o pico cai no ano de 2020 e não se recupera até o final da colheita no fim de novembro, mantendo-se numa baixa estável. Em 2021, após o pico, a produção sofre uma queda, mas logo volta a subir, revelando mais um pico de produção, maior até que o primeiro, a partir da segunda quinzena de outubro. Segundo Tuell & Isaacs (2010) o clima é um fator determinante na produção de mirtilos, sendo climas mais frios os mais indicados para maior produção, inclusive tendo influência direta na presença de insetos polinizadores, indispensáveis para o aumento da produção na cultura. A cobertura ou ausência dela pode ter influência na antecipação do período de colheita. Pereira (2020), em experimento com diferentes coberturas para produção de mirtilo em Portugal, observou avanço na colheita com o uso de cobertura de polietileno, e atraso na colheita com o uso de cobertura de redes de sombreamento. No caso deste experimento, o fechamento do cultivo com rede de sombreamento pode ter impedido a entrada de pássaros, protegendo a colheita, mas provavelmente diminuiu também a entrada de insetos polinizadores. Os polinizadores são muito importantes na cultura do mirtilo e é grande a variedade de espécies que podem exercer este papel. Em Vermont, Estados Unidos, a visita de espécies variadas de abelhas selvagens proporcionou aumentos de 12% tanto na massa de frutos como no pegamento deles, em comparação com tratamento somente com polinização manual (NICHOLSON & RICKETTS, 2019).

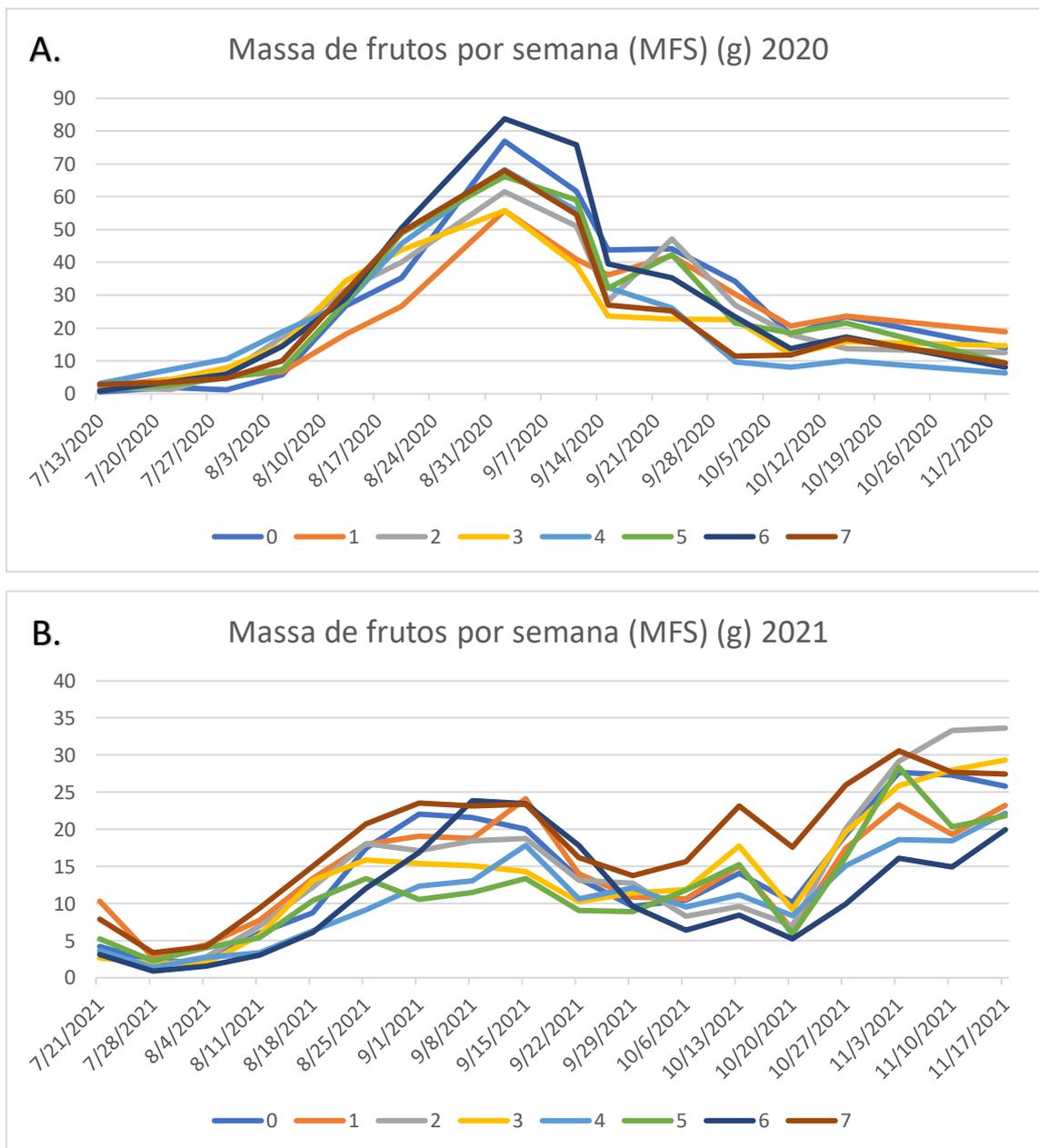
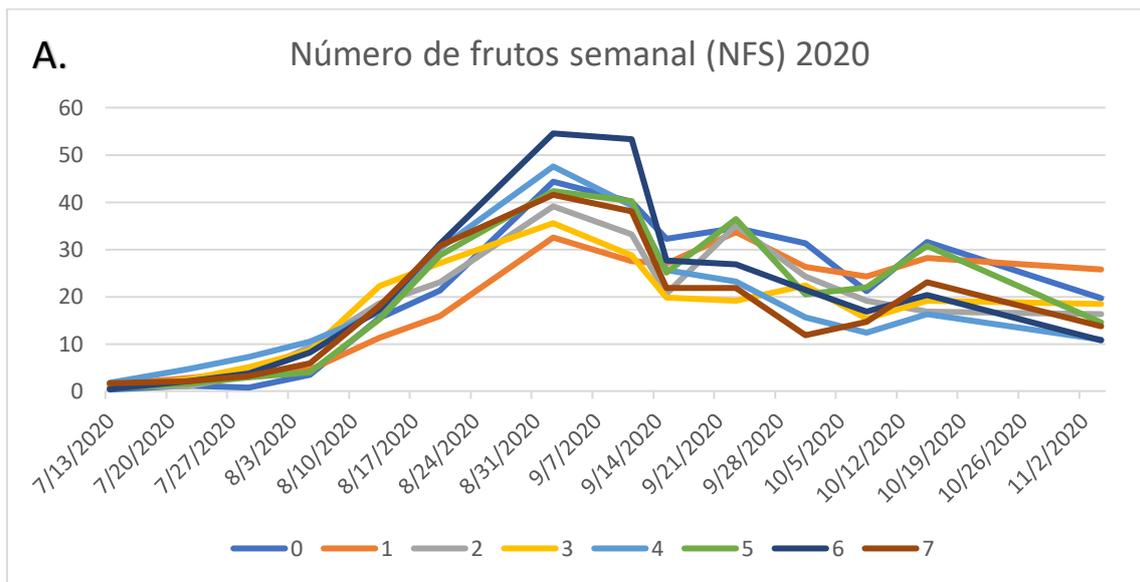


Figura 4. Evolução da Massa média de frutos (g) por semana, por planta, para os diferentes tratamentos nos anos de 2020 (A) e 2021 (B).

O número de frutos também apresentou alta entre os meses de agosto e setembro de 2020, caindo depois e mantendo uma estabilidade até o fim do ano. Em 2021 o gráfico tem leve baixa nos mesmos meses, mantendo-se até o meio de outubro, onde o valor começa a subir, para ter o valor mais alto atingido pelo tratamento 2 no dia 17 de novembro, com média de 39,54 frutos colhidos por planta. A presença de polinizadores e a sua conservação podem aumentar significativamente a produção de mirtilos, e consequentemente a renda do produtor. Além dos aumentos de 12% na massa e

pegamento de frutos, Nicholson & Ricketts (2019) relataram também adiantamento na colheita de 2,5 dias e aumento da renda em média de 1 a 6% para o produtor.

Os maiores números médios de frutos por semana foram observados no tratamento 2 em 2021, com média de 39,53 por planta e no tratamento 6 no ano de 2020, com valores médios de 54,55 frutos, no dia 2 de setembro. O pegamento de gemas florais e o seu desenvolvimento estão diretamente relacionados com o aumento na produção de frutos. Um fator importante no pegamento das flores é o manejo correto de podas para manutenção da luminosidade pela copa da planta. A produção de gemas florais aumenta com a presença maior de radiação, estando concentrada principalmente nos primeiros 60 cm a partir da copa, onde a luz penetra com maior intensidade. Em experimento com a cultivar 'Choice', no Chile, em média 63,7% dos cachos florais estavam presentes nos primeiros 60 cm, indicando que a intensidade luminosa causou aumento considerável na produção de flores e, conseqüentemente, de frutos (YÁÑEZ *et al.*, 2009).



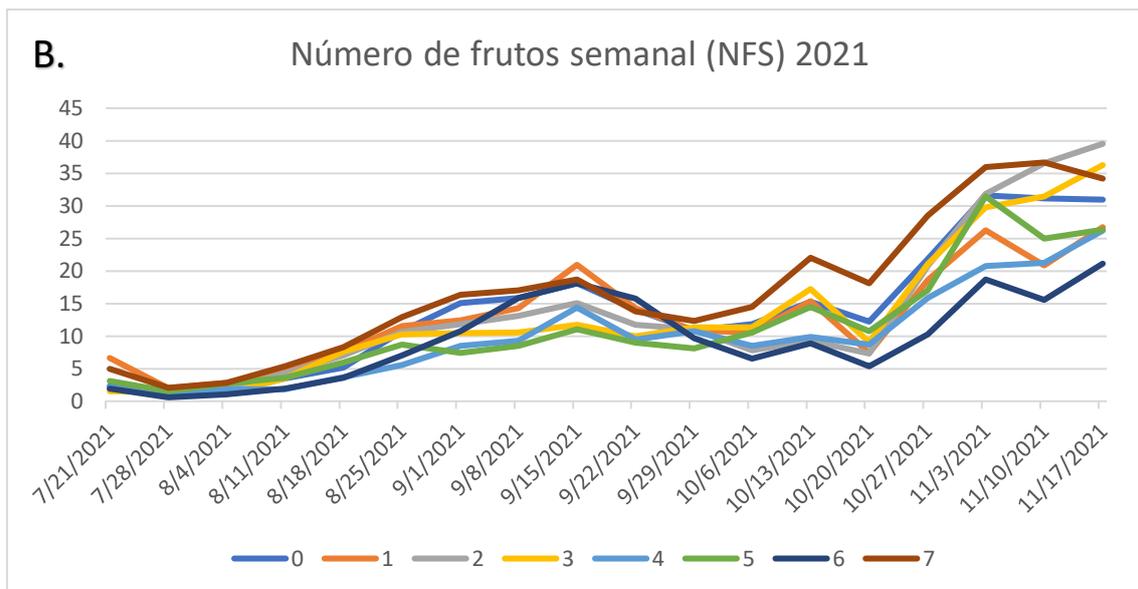


Figura 5. Evolução do Número de frutos por semana para os diferentes tratamentos nos anos de 2020 (A) e 2021 (B).

Para o volume de frutos (Tabela 8), não foram observadas diferenças entre os tratamentos em ambos os anos. Porém, também nos dois anos, houve diferenças significativas entre as épocas de avaliação. Em 2020, os tratamentos 2 e 7 apresentaram os maiores valores absolutos para o volume de fruto, sendo também os tratamentos que demonstraram diferença entre as épocas de avaliação, juntamente com os tratamentos 4 e 5, que obtiveram menores volumes médios. No segundo ano, os maiores volumes ocorreram na época 2, durante o mês de agosto, em oposição ao ano anterior, em que o maior volume foi observado no mês de julho. Em plantas, o uso de bioreguladores e hormônios vegetais desenvolvidos em laboratório pode trazer grandes vantagens para a colheita de mirtilos. A aplicação de ácido naftalenacético e 6-benziladenina, indicada para aplicação no momento da queda das pétalas, proporcionou aumento no diâmetro e comprimento de ramos, área foliar e tamanho de frutos em geral (MILIĆ et al., 2018). Segundo Anaya (2006), plantas, microrganismos e outros organismos do solo podem produzir aleloquímicos, que em sua maioria podem ser usados na agricultura. Estas substâncias bioativas podem ser alcaloides, fenóis, terpenoides, entre outros, e atuar na regulação de processos como crescimento, atividade de enzimas, controle de pragas e quelação de metais.

Os maiores valores se repetiram para os tratamentos 2 e 7, e assim como em 2020, com a chegada dos meses do final do ano (verão), a tendência foi de diminuição dos volumes em geral. O aumento da temperatura no fim da primavera e início do verão

podem aumentar a utilização de água por plantas de mirtilo, afetando os estágios de floração e desenvolvimento do fruto. Segundo Williamson *et al.*(2015), o pico de utilização de água se dá do meio para o final do verão, época que coincide com uma maior quantidade de frutos devido a brotação secundária dos ramos.

Tabela 8. Teste de Tukey para a variável volume de frutos, Brasília – DF, 2022.

VOLUME DE FRUTOS (cm ²)								
2020								
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5			
TRATAMENTO*	13/07/2020	13/08/2020	11/09/2020	08/10/2020	04/11/2020			
0	1.08aA	1.04aA	1.07aA	0.75aA	0.78aA			
1	0.97aA	1.02aA	1.05aA	0.87aA	0.83aA			
2	1.36aA	0.92aAB	1.12aAB	0.94aAB	0.74aB			
3	1.28aA	0.85aA	0.98aA	0.78aA	0.86aA			
4	1.11aA	1.12aA	0.99aAB	0.56aAB	0.46aB			
5	1.24aA	1.18aA	1.18aA	0.69aAB	0.53aB			
6	1.26aA	1.20aA	1.13aA	0.88aA	0.77aA			
7	1.37aA	1.14aAB	1.12aAB	0.69aB	0.73aB			
CV = 26.55%	DMS = 0.65							
2021								
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8
TRATAMENTO*	04/08/2021	18/08/2021	01/09/2021	15/09/2021	29/09/2021	13/10/2021	27/10/2021	10/11/2021
0	1.04aA	1.29aA	1.38aA	0.92aA	0.78aA	0.87aA	0.65aA	0.73aA
1	1.49aA	1.47aA	1.21aA	0.88aA	0.84aA	1.17aA	0.91aA	0.77aA
2	1.32aAB	1.61aA	1.23aAB	0.97aAB	0.97aAB	1.08aAB	0.90aAB	0.74aB
3	1.21aA	1.40aA	1.23aA	1.00aA	0.82aA	1.44aA	0.99aA	0.87aA
4	1.18aA	1.35aA	0.92aA	0.91aA	0.88aA	1.02aA	0.78aA	0.76aA
5	1.42aA	1.59aA	1.10aA	1.03aA	0.79aA	1.08aA	0.95aA	0.76aA
6	1.26aA	1.46aA	1.33aA	0.89aA	0.75aA	0.98aA	0.83aA	0.75aA
7	1.47aAB	1.71aA	1.20aAB	0.97aAB	0.93aAB	1.11aAB	0.91aAB	0.75aB
CV = 32.24%	DMS = 0.86							

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

Para os parâmetros relativos às características das plantas, no ano de 2020 foi observada diferença estatística em todas as variáveis avaliadas, com exceção da altura de plantas (AP) (Tabela 9), principalmente nas medições realizadas no mês de maio. Em geral, no ano, o tratamento que se sobressaiu com relação à altura de plantas foi o tratamento 5.

A altura de plantas foi medida no primeiro ano contando-se a partir do segundo fluxo de crescimento (primeira brotação secundária). Já em 2021 a medida foi feita a partir da primeira brotação após a poda, motivo da diferença nos valores entre os dois anos. A diferença entre épocas foi observada somente no segundo ano, no qual o tratamento 1 foi

o de maior crescimento, apresentando altura média de 84,86 cm na última época de avaliação (mês de outubro). Para ambos os anos não houve diferenças entre os tratamentos, diferindo a estatística somente nas épocas de avaliação para 2021. De Silva et al. (2000) relataram aumento do diâmetro do caule e área foliar com a inoculação no solo de isolado de *Pseudomonas fluorescens*. No mesmo trabalho, foram ainda observados os mesmos aumentos, adicionados de melhoras na massa seca de raízes e parte aérea e no número de folhas por planta com a inoculação de isolado do fungo *Gliocladium virens*.

Tabela 9. Teste de Tukey para a variável altura de plantas (AP), Brasília – DF, 2022.

AP (cm)								
2020								
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3					
TRATAMENTO*	20/05/2020	21/06/2020	20/07/2020					
0	29.22aA	28.57aA	31.65aA					
1	28.41aA	30.68aA	30.32aA					
2	26.36aA	32.27aA	33.01aA					
3	30.97aA	37.96aA	34.93aA					
4	27.30aA	33.44aA	30.65aA					
5	33.02aA	31.97aA	33.15aA					
6	30.48aA	34.66aA	32.55aA					
7	28.87aA	28.68aA	30.26aA					
CV = 34.75%	DMS = 15.68							
2021								
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8
TRATAMENTO*	19/03/2021	22/04/2021	21/05/2021	18/06/2021	23/07/2021	20/08/2021	17/09/2021	22/10/2021
0	48.13aB	63.03aAB	65.58aAB	65.85aAB	66.00aAB	67.85aAB	67.63aAB	78.46aA
1	42.91aB	70.90aAB	77.83aA	79.78aA	79.33aA	79.61aA	82.01aA	84.86aA
2	39.55aB	62.75aAB	65.53aAB	65.88aAB	67.50aAB	67.38aAB	68.15aA	72.16aA
3	44.11aB	64.35aAB	69.05aAB	71.51aAB	72.41aA	73.66aA	73.93aA	79.10aA
4	42.91aA	63.70aA	68.56aA	69.41aA	70.25aA	69.20aA	69.58aA	70.63aA
5	43.23aA	61.73aA	64.83aA	66.50aA	65.31aA	65.43aA	68.81aA	61.96aA
6	45.75aA	58.33aA	62.20aA	63.11aA	63.75aA	63.58aA	63.56aA	66.68aA
7	41.20aB	63.50aAB	69.78aA	70.25aA	69.50aA	70.91aA	71.70aA	76.90aA
CV = 24.14%	DMS = 28.03							

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King® + EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King® + EM-1®.

A produtividade (PROD) (Tabela 10) no ano de 2020 retornou um p-valor de 0,7551 para os tratamentos e 0,8611 para os blocos, evidenciando que não houve diferença tanto entre os blocos como entre os tratamentos.

O tratamento mais produtivo no primeiro ano de avaliações foi o tratamento 6, com produtividade média de 401,27 g por planta. O pior tratamento avaliado foi o tratamento 3, com produtividade de 312,96 g, diferença de 28,2% com relação ao mais produtivo.

Já no ano de 2021, a produtividade apresentou P-valor equivalente a 0,0498, sendo diferentes os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade. O destaque foi para o tratamento 7, com produtividade média de 328,59 g por planta, valor 67,4% superior à média do pior tratamento (tratamento 4). A análise de variância evidenciou também uma diferença significativa entre os blocos, com P-valor igual a 0,0031. No espaçamento adotado, a produtividade por hectare seria de 5,47 toneladas, com 16.666 plantas. Apesar de produtividade menor do que os grandes produtores de mirtilo, este modo de cultivo acaba podendo se tornar mais barato, principalmente por benefícios a longo prazo para o produtor.

Tabela 10. Teste de Tukey para a variável produtividade (PROD), Brasília – DF, 2022.

TRATAMENTO*	PROD				
	2020			2021	
0	388.28	a	262.18	ab	
1	332.00	a	258.85	ab	
2	357.75	a	266.40	ab	
3	312.96	a	249.39	ab	
4	330.18	a	196.25	b	
5	363.35	a	213.98	ab	
6	401.27	a	199.59	ab	
7	325.91	a	328.59	a	

Valores seguidos das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

Apesar de não ser significativa a diferença de produtividade em 2020, repetiu-se o melhor desempenho para o tratamento 6. O aumento da produtividade com a utilização de microrganismos do solo está ligado a alguns fatores, dentre eles está a produção de auxinas, um dos hormônios mais importantes para o desenvolvimento das plantas e um dos que está presente nelas em maior quantidade. A biossíntese do ácido indol-acético (AIA), uma das principais auxinas, pode ser realizada por bactérias e fungos, alguns deles presentes nos produtos aqui utilizados, como *Bradyrhizobium*, e pode inclusive ser estimulada pela exsudação de compostos secundários das próprias plantas (THEUNIS *et al.*, 2004, ORTÍZ-CASTRO *et al.*, 2012).

Para o número de brotações, os tratamentos diferiram no ano de 2020, com o tratamento 1 apresentando mais brotações primárias a partir da coroa da planta. Não houve diferença significativa no ano de 2021, porém os valores absolutos aumentaram com relação ao ano anterior.

No segundo ano de avaliação, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis número de brotações (NB) (Tabela 11), número de folhas por planta (NFOLHAS)(Tabela 14.) e clorofila nas folhas (CLO)(Tabela 12). Já em 2020, as mesmas variáveis apresentaram diferença significativa entre os tratamentos e entre épocas. O número de brotações nesse ano foi maior para os tratamentos 0 e 1, em todas as épocas de avaliação. Em 2021 o tratamento com maior número de brotações foi o 3. A diferença entre épocas de avaliação foi evidenciada somente para os tratamentos 0, 1 e 7 em 2020 e para todos exceto o tratamento 0 em 2021. O número de brotações se manteve estável basicamente o ano todo, nos dois anos, porém em 2021 nota-se uma aceleração da brotações entre o final de agosto e início de setembro, coincidindo com os climas que tendem a ter temperaturas mais elevadas, no final do ano.

Tabela 11. Teste de Tukey para a variável número de brotações (NB), Brasília – DF, 2022.

NB								
2020								
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3					
TRATAMENT	20/05/2020	21/06/2020	20/07/2020					
0	13.00abA	9.44aB	9.55aB					
1	13.88aA	9.77aB	9.88aB					
2	9.22cA	7.66aA	7.88aA					
3	11.22abcA	9.22aA	9.00aA					
4	10.22bcA	8.66aA	8.77aA					
5	9.55bcA	7.66aA	7.33aA					
6	9.44bcA	7.55aA	7.55aA					
7	11.77 abcA	9.22aAB	8.88aB					
CV = 26.47%	DMS = 3.60							
2021								
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8
TRATAMENT	19/03/2021	22/04/2021	21/05/2021	18/06/2021	23/07/2021	20/08/2021	17/09/2021	22/10/2021
0	21.16aA	13.83aA	12.33aA	12.33aA	12.50aA	12.66aA	17.16aA	18.33aA
1	21.16aA	13.66aAB	11.33aB	11.50aAB	11.33aB	11.50aAB	13.33aAB	17.33aAB
2	25.83aA	11.83aB	11.83aB	11.83aB	12.00aB	12.16aB	16.16aAB	17.83aAB
3	25.83aA	12.16aB	12.66aB	12.50aB	13.16aB	13.33aB	17.50aAB	20.33aAB
4	27.50aA	12.16aB	11.00aB	11.33aB	11.16aB	11.16aB	12.33aB	17.33aB
5	25.66aA	13.50aB	12.16aB	12.33aB	12.33aB	12.83aB	16.83aAB	17.00aAB
6	25.33aA	14.66aB	13.33aB	13.50aB	14.33aB	13.66aB	16.83aAB	18.33aAB
7	28.50aA	14.16aB	14.00aB	12.66aB	13.00aB	13.00aB	16.50aB	16.50aB
CV = 36.16%	DMS = 9.69							

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

***Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.**

O índice de clorofila nas folhas foi maior para os tratamentos 6 e 5, nos anos de 2020 e 2021 respectivamente. A diferença entre os tratamentos foi observada somente no mês de maio do ano de 2020, época em que o tratamento 6 retornou valores médios de 58,14, 14,7% maior do que o tratamento 1, pior tratamento deste período (50,67). Entre as épocas de avaliação, em 2020 foram observados os maiores valores no mês de julho, enquanto em 2021 os melhores desempenhos ocorreram para os meses de agosto e outubro. O uso de microrganismos já foi estudado com relação ao aumento dos índices de clorofila e taxa fotossintética das plantas. Em experimento com plantas de tabaco com aplicação de fertilizante biológico composto de mistura de microrganismos e biochar, Li *et al.* (2020) reportaram diferença positiva de aproximadamente 3,47 a 69% no índice SPAD e de 8 a 107% na taxa de fotossíntese, além de aumento significativo na condutância estomática e taxa de transpiração, indicando efeito benéfico da aplicação do fertilizante, que aumentava de acordo com a dose de fertilizante e de irrigação aplicados. A taxa de fotossíntese é influenciada ainda pelo potencial de água na folha, que está relacionado diretamente à irrigação correta das plantas (RHO *et al.*, 2012). Em 2021, o tratamento 5 chegou a valores médios de 70,26 no índice de clorofila do equipamento ATLeaf.

Tabela 12. Teste de Tukey para índice de clorofila (CLO ATLEAF), Brasília – DF, 2022.

CLO ATLEAF				
2020				
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	
TRATAMENTO*	20/05/2020	21/06/2020	20/07/2020	
0	55.72abB	62.03aAB	65.14abA	
1	50.67bB	60.06aA	58.38bA	
2	58.41abB	62.81aAB	66.78abA	
3	55.86abB	62.32aAB	66.03abA	
4	60.54aA	62.43aA	65.82abA	
5	54.47abB	60.78aAB	63.55abA	
6	58.14abB	62.22aAB	69.26aA	
7	54.35abB	63.75aA	62.74abA	
CV = 10.77%	DMS = 9.48			
2021				
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4
TRATAMENTO*	30/07/2021	30/08/2021	29/09/2021	30/10/2021
0	48.31aB	64.10aA	65.16aA	64.45aA
1	46.33aB	68.73aA	67.88aA	67.26aA
2	52.80aB	67.33aA	64.20aAB	64.73aAB
3	48.75aB	66.56aA	64.15aA	68.13aA
4	50.08aB	60.95aAB	61.11aAB	64.25aA
5	48.45aB	67.73aA	66.91aA	70.26aA
6	51.80aB	67.86aA	63.80aAB	67.90aA
7	51.26aB	67.10aA	65.83aA	67.45aA
CV = 14.35%	DMS = 15.75			

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

O diâmetro do caule principal (DC) (Tabela 13) teve resultado similar nos dois anos, diminuindo no segundo, com a diferença de que no ano de 2020 o tratamento que apresentou maior diâmetro foi o tratamento 5, com média de 9,17 mm no mês de julho, enquanto em 2021 o melhor desempenho ocorreu para o tratamento 1, com diâmetro médio de 7,95 mm em outubro. No teste de Tukey a 5% de probabilidade, foram constatadas diferenças entre os tratamentos nos meses de junho e julho de 2020, e entre as épocas para a maioria dos tratamentos nos dois anos. O melhor desenvolvimento de plantas e alargamento do caule pode estar relacionado ao aumento da resistência das plantas às diferentes intempéries ambientais. Por meio da supressão do stress oxidativo com aumento dos níveis de antioxidantes, a aplicação de extratos de milho e de própolis

foi capaz de aumentar a resistência de plantas de feijão fava (*Vicia faba* L.) ao estresse hídrico, salino e de cádmio (Cd²⁺). Os extratos foram relatados por aumentarem a eficiência da fotossíntese e das trocas gasosa, além do crescimento de plantas e da colheita, tanto sob os estresses mencionados como em condições ideais (DESOKY et al., 2021).

Tabela 13. Teste de Tukey para a variável Diâmetro do caule (DC), Brasília – DF, 2022.

DC (mm)								
2020								
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3					
TRATAMENTO*	20/05/2020	21/06/2020	20/07/2020					
0	7.04aA	8.19aA	8.36abA					
1	5.92aA	6.62abA	7.08bA					
2	5.86aA	6.82abA	7.03bA					
3	6.71aA	6.97abA	7.57abA					
4	5.98aA	6.13bA	6.91bA					
5	7.35aB	8.51aAB	9.17aA					
6	5.91aB	7.30abAB	7.68abA					
7	7.13aA	8.08abA	8.61abA					
CV = 19.18%	DMS = 1.99							
2021								
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7	ÉPOCA 8
TRATAMENTO*	19/03/2021	22/04/2021	21/05/2021	18/06/2021	23/07/2021	20/08/2021	17/09/2021	22/10/2021
0	5.14aA	5.06aA	5.66aA	5.91aA	6.06aA	6.26aA	6.48aA	7.50aA
1	3.83aB	5.57aAB	6.43aAB	7.02aA	7.53aA	7.34aA	7.75aA	7.95aA
2	3.28aB	4.87aAB	5.52aAB	6.04aA	6.16aA	6.18aA	6.37aA	6.82aA
3	3.51aB	4.87aAB	5.57aAB	5.85aAB	6.26aA	6.09aAB	6.18aAB	6.47aA
4	3.66aA	4.91aA	5.56aA	5.75aA	5.92aA	5.95aA	6.06aA	6.23aA
5	3.55aB	4.79aAB	5.45aAB	5.69aAB	5.89aAB	5.99aAB	6.08aAB	6.28aA
6	3.57aA	4.33aA	4.99aA	5.63aA	5.63aA	5.60aA	5.73aA	6.20aA
7	3.36aB	4.85aAB	5.60aAB	6.16aA	6.35aA	6.34aA	6.48aA	6.84aA
CV = 26.88%	DMS = 2.71							

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King® + EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King® + EM-1®.

O tratamento 1 se destacou também no número de folhas por planta no ano de 2020, com média de 627,66 folhas no mês de maio. Em 2021 o maior número de folhas foi observado para o tratamento 7 em setembro, com valor médio de 1093 folhas. Ambos possuem na mistura o bioinsumo Brutal Plus, com concentração relevante de ácidos húmicos. Os ácidos húmicos podem ser extraídos de vermicompostos, com o auxílio de minhocas, e sua aplicação nas plantas pode trazer melhoras no crescimento de raízes e número de frutos. Compostos extraídos de resíduos orgânicos tiveram melhor ação no crescimento de plantas do que hormônios vegetais e ácidos húmicos comerciais (ARANCON et al. 2006). Nota-se nos valores também uma tendência, de maior número

de folhas nos meses iniciais do ano, que depois diminui coincidindo com a época de floração e enchimento de frutos, e logo depois aumenta novamente devido principalmente às brotações secundárias que ocorrem após o amadurecimento dos primeiros frutos. Apesar de ser uma planta de climas mais frios, novas cultivares de mirtilheiros vem sendo desenvolvidas com trabalhos de melhoramento, sendo capazes de manter o seu crescimento, floração e produção de frutos mesmo em temperaturas mais altas, e até aumentando esses parâmetros (MAZZONI et al. 2020), como é o caso por exemplo da cultivar Biloxi.

Tabela 14. Teste de Tukey para a variável número de folhas (NFOLHAS), Brasília – DF, 2022.

NFOLHAS			
2020			
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3
TRATAMENTO*	20/05/2020	21/06/2020	20/07/2020
0	464.00cAB	525.00aA	386.00abB
1	627.66aA	503.00aB	515.33aB
2	433.66cA	294.33bB	305.66bB
3	505.33abcA	394.00abB	398.66abAB
4	536.66abcA	293.66bB	332.33bB
5	500.00abcA	456.66aAB	369.33bB
6	470.66bcA	276.33bB	334.00bB
7	603.66abA	461.66aB	443.00abB
CV = 22.09%	DMS = 138.74		
2021			
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3
TRATAMENTO*	30/07/2021	30/08/2021	29/09/2021
0	458.83aB	589.00aB	1170.16aA
1	467.33aB	516.83aAB	916.16aA
2	565.16aB	571.83aB	1053.16aA
3	606.33aB	594.66aB	1031.33aA
4	584.50aA	502.16aA	909.33aA
5	606.66aB	513.00aB	1056.00aA
6	628.00aB	600.66aB	1054.00aA
7	710.00aAB	612.16aB	1093.83aA
CV = 41.21%	DMS = 532.63		

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

Para a área foliar calculada, apesar de não haver diferenças tanto entre os tratamentos como entre as épocas, para ambos os anos, nota-se que as médias para 2021 foram bem superiores às médias do ano de 2020 (Tabela 15). O EM, aplicado em conjunto com

ácidos húmicos e suplementação de magnésio, causou aumento no tamanho de tubérculos de batata, juntamente com aumento na massa fresca e seca da parte aérea e na produtividade. A aplicação conjunta do magnésio auxilia na absorção do nutriente, tornando mais eficiente o desenvolvimento da clorofila, aumentando, portanto, o rendimento das plantas (AWAD & EL-GHAMRY, 2007). O aumento da produtividade em trigo foi estudado por Hu & Qi (2012), onde foi constatado em experimento de longo prazo, a ação continuada dos microrganismos na eficiência de absorção de adubação orgânica. Plantas de trigo tiveram melhoras ao longo do tempo com aplicação de compostos com EM em aplicações continuadas, em parâmetros como produtividade de grãos e biomassa da haste, indicando uma eficiência da frequência do tratamento.

Tabela 15. Teste de Tukey para a variável área foliar (AFOLIAR), Brasília – DF, 2022.

AFOLIAR							
2020							
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3				
TRATAMENTOS	20/05/2020	21/06/2020	20/07/2020				
0	7.10aA	8.10aA	8.39aA				
1	9.09aA	10.32aA	10.56aA				
2	8.05aA	8.99aA	9.10aA				
3	7.95aA	8.42aA	8.57aA				
4	8.08aA	9.65aA	8.54aA				
5	8.24aA	8.77aA	9.00aA				
6	7.64aA	9.08aA	8.00aA				
7	8.57aA	8.98aA	9.00aA				
CV = 23.74%	DMS = 2.97						
2021							
	ÉPOCA 1	ÉPOCA 2	ÉPOCA 3	ÉPOCA 4	ÉPOCA 5	ÉPOCA 6	ÉPOCA 7
TRATAMENTOS	19/03/2021	22/04/2021	20/05/2021	18/06/2021	22/07/2021	19/08/2021	17/09/2021
0	14.63aA	15.96aA	15.73aA	16.38aA	16.07aA	15.80aA	17.68aA
1	14.50aA	16.46aA	17.71aA	17.09aA	16.72aA	16.86aA	15.70aA
2	11.42aA	12.98aA	13.85aA	13.54aA	13.57aA	12.67aA	12.70aA
3	13.34aA	15.26aA	17.83aA	17.49aA	17.06aA	15.79aA	15.28aA
4	13.89aA	15.00aA	17.09aA	16.35aA	15.80aA	15.62aA	16.90aA
5	13.78aA	16.34aA	17.15aA	17.17aA	17.18aA	15.66aA	16.81aA
6	13.62aA	15.63aA	15.09aA	15.25aA	14.37aA	14.40aA	15.12aA
7	14.82aA	15.64aA	17.11aA	16.03aA	15.55aA	15.85aA	15.53aA
CV = 20.61%	DMS = 5.64						

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

O destaque na área foliar foi para o tratamento 1, em ambos os anos, com médias de 10,56 em julho de 2020 e 17,71 em maio de 2021. Uma maior área foliar média, em

conjunto com maior número de folhas, trarão benefícios diretos para a fotossíntese e, conseqüentemente, para a obtenção de CO₂ pelas plantas. Segundo Doughty & Goulden (2009), em floresta tropical, as épocas de baixa produção de folhas e alta abscisão, nas quais conseqüentemente o índice de área foliar ativo para fotossíntese é mais baixo, coincidiram com as épocas de menor absorção de CO₂.

Nas análises de fotossíntese e condutância estomática realizadas pelo equipamento IRGA não foram observadas diferenças entre os tratamentos para nenhum dos parâmetros avaliados, em nenhum dos dois horários de avaliação. Na avaliação das 8h, o P-valor correspondente às variáveis de taxa fotossintética e condutância estomática retornou os valores de 0,8080 e 0,8643 respectivamente. Já na avaliação das 12h os valores foram de 0,7019 e 0,6031. Os tratamentos que obtiveram os maiores valores absolutos foram os tratamentos 2 e 7, para fotossíntese e condutância estomática, respectivamente, na avaliação das 8h. As 12h, os maiores valores foram evidenciados no tratamento 7 para ambos os parâmetros (Tabela 16). A utilização de EM, além de aumentar índices de condutância estomática, concentração intercelular de CO₂, taxa de transpiração e taxa fotossintética (LI *et al.*, 2020), pode proporcionar ainda um aumento na indução de resistência a patógenos (HAMID *et al.*, 2021), afetando também indiretamente a fotossíntese das plantas. Danos causados em folhas por patógenos como *Septoria albopunctata*, foram relatados por grande diminuição nas taxas de assimilação de CO₂ e de transporte, tendo efeito direto na diminuição da fotossíntese (ROLOFF & SCHERM, 2004).

Tabela 16. Teste de Tukey para análises realizadas com equipamento IRGA, para os parâmetros taxa de fotossíntese (FOTO), condutância estomática (CE), carbono interno (CI) e taxa de transpiração (TRANSP).

TRATAMENTO	IRGA							
	FOTO		CE		CI		TRANSP	
	8H	12H	8H	12H	8H	12H	8H	12H
0	11.34aA	8.74aA	0.274aA	0.091aA	298.25aA	214.75aA	1.125aA	1.498aA
1	11.28aA	8.34aA	0.260aA	0.092aA	286.42aA	195.85aA	1.123aA	1.528aA
2	14.05aA	9.16aA	0.367aA	0.097aA	298.87aA	212.76aA	1.332aA	1.592aA
3	13.31aA	8.43aA	0.357aA	0.094aA	296.67aA	225.12aA	1.332aA	1.591aA
4	12.70aA	7.86aA	0.271aA	0.083aA	290.38aA	216.01aA	1.178aA	1.416aA
5	12.23aA	8.00aA	0.292aA	0.084aA	298.43aA	213.59aA	1.112aA	1.384aA
6	12.88aA	7.64aA	0.330aA	0.079aA	294.76aA	212.97aA	1.475aA	1.454aA
7	12.39aA	10.39aA	0.378aA	0.128aA	297.47aA	234.74aA	1.240aB	2.106aA
	CV = 30.08%	DMS = 8.41	CV = 6.84%	DMS = 0.19	CV = 21.37%	DMS = 144.75	CV = 28.02%	DMS = 1.04

Valores seguidos das mesmas letras minúsculas nas colunas, e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável CE foi usada transformação de dados: $(X+1)^{0.5}$

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

Para as variáveis de carbono interno e taxa de transpiração, também não foram observadas diferenças significativas, tanto entre os horários como entre os tratamentos, exceto pelo tratamento 7. O tratamento com a mistura tripla dos bioinsumos foi o único que apresentou grande diferença no valor da taxa de transpiração entre os dois horários de coleta dos dados, alcançando alta taxa no horário mais quente. Segundo Sadok, Lopez & Smith (2021), a taxa de transpiração das culturas é aumentada sob altas temperaturas, podendo tal fato ocorrer inclusive em ambientes áridos, o que leva a uma certa preocupação sobre a adaptabilidade das espécies em um cenário de aquecimento global.

6. CONCLUSÕES

No ano de 2020, foram verificados os maiores benefícios para a aplicação dos tratamentos 6 (Samurai King + EM-1), 1 (Brutal Plus) e 5 (Brutal Plus + EM-1). O pior desempenho ocorreu para o tratamento 3 (EM-1).

Em 2021 o tratamento 7 (Brutal Plus + Samurai King + EM-1) foi o mais produtivo, com destaque também para o desempenho no tratamento 1.

Foram verificados benefícios para o crescimento das plantas e qualidade dos frutos, nas aplicações dos diversos bioinsumos. As aplicações desse tipo de produto devem ser continuadas, sendo já comprovada a melhora de sua ação nas culturas no longo prazo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-JANABI, A. S. A.; NEAMAH, S. S. Effect of Biofertilizer (EM-1) and Organic fertilizer (Acadian) on Vegetative Growth of Many Cultivars of Apricot seedling (*Prunus armeniaca* L.) n. April, p. 23–32, 2013.

ANAYA, A. L. Allelopathic Organisms and Molecules: Promising Bioregulators for the Control of Plant Diseases, Weeds, and Other Pests. **Allelochemicals: Biological Control of Plant Pathogens and Diseases**, p. 31–78, 2006.

ANTUNES, L. E. C. Cultivo do mirtilo (*Vaccinium spp.*). **Embrapa**, 2006.

ARAFI, A. A.; HUSSIAN, S. F. M.; MOHAMED, H. S. G. Response of tuber yield quantity and quality of potato plants and its economic consideration to certain bioregulators or effective

- microorganisms under potassium fertilization. **J. Plant Production, Mansoura University**, v. 3, n. 1, p. 131–150, 2012.
- ARANCON, N. Q. et al. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, n. SUPPL. 1, p. 65–69, 2006.
- AURIGA, A. et al. The influence of effective microorganisms and number of buds per cane in viticulture on chemical composition in fruits. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, n. November, p. 271–280, 2018.
- AWAD, E.; EL-GHAMRY, A. Effect of Humic Acid, Effective Microorganisms (Em) and Magnesium on Potatoes in Clayey Soil. **Journal of Plant Production**, v. 32, n. 9, p. 7629–7639, 2007.
- BERTOLIN, D. C. et al. Increase of the productivity of the soybean crop with the application of biostimulants. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 339–347, 2010.
- BRYLA, D. R.; YORGEY, B.; SHIREMAN, A. D. Irrigation management effects on yield and fruit quality of highbush blueberry. **Acta Horticulturae**, v. 810, p. 649–656, 2009.
- CANTUARIAS-AVILÉS, T. et al. Cultivo do mirtilo: Atualizações e desempenho inicial de variedades de baixa exigência em frio no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 139–147, 2014.
- CARDOSO, M.R.D., MARCUZZO, F.F.N., BARROS, J.R. Classificação climática de KÖPPEN-GEIGER para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica** 8: 40-55, 2014.
- DALY, M. J.; STEWART, D. P. C. Influence of EM on vegetable production and carbon mineralization-A preliminary investigation. **Journal of sustainable agriculture**, v. 14, n. 2/3, p. 37–41, 1999.
- DE SILVA, A. et al. Growth promotion of highbush blueberry by fungal and bacterial inoculants. **HortScience**, v. 35, n. 7, p. 1228–1230, 2000.
- DESOKY, E. S. M. et al. Application of biostimulants promotes growth and productivity by fortifying the antioxidant machinery and suppressing oxidative stress in faba bean under various abiotic stresses. **Scientia Horticulturae**, v. 288, n. June, p. 110340, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110340>>.
- DOUGHTY, C. E.; GOULDEN, M. L. Seasonal patterns of tropical forest leaf area index and CO₂ exchange. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 114, n. 1, p. 1–12, 2009.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021. <http://faostat.fao.org/> <Acesso em 25 jul. 2022>
- FALLOVO, C. et al. Leaf area estimation model for small fruits from linear measurements. **HortScience**, v. 43, n. 7, p. 2263–2267, 2008.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, 35, 1039-1042, 2011.
- GAVELIENĖ, V. et al. Plant microbial biostimulants as a promising tool to enhance the productivity and quality of carrot root crops. **Microorganisms**, v. 9, n. 9, 2021.

GHEZZI, P.; STEIN, E. Los arándanos en el Perú. **Nota técnica del Banco Interamericano de Desarrollo**: 2324. 2021.

GILBERT, J. L. et al. Consumer-assisted selection of blueberry fruit quality traits. **HortScience**, v. 49, n. 7, p. 864–873, 2014.

HAMID, B. et al. Bacterial plant biostimulants: A sustainable way towards improving growth, productivity, and health of crops. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 5, p. 1–24, 2021.

HU, C.; QI, Y. Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China. **European Journal of Agronomy**, v. 46, p. 63–67, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2012.12.003>>.

LI, X. et al. Effects of effective microorganisms biochar-based fertilizer on photosynthetic characteristics and chlorophyll content of flue-cured tobacco under water-saving irrigation strategies. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 80, n. 3, p. 422–432, 2020.

LOBO, A. L. A.; MOREIRA, J. V.; SILVA, N.R.; CASTRO, C. S. D.; MESQUITA, R. O. Capacitação no uso do equipamento IRGA (Infra-red Gas Analyser) em atividades de pesquisa. **Encontros Universitários da UFC**, Fortaleza, v. 3, 2018.

LULA, K. P. Aplicações do Princípio de Cavalieri ao Cálculo de Volumes e Áreas. **Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional**. Universidade Federal de Goiás, v. Dissertação de Mestrado, p. 61, 2013.

MARKETSANDMARKETS RESEARCH. **Biostimulants Market** by Active Ingredients (Humic Substances, Seaweed Extracts, Microbial Amendments, Amino Acids), Mode of Application (Folier, Soil Treatment, Seed Treatment), Form (Liquid, and Dry), Crop Type, & by Region - Global Forecast to 2026. Disponível em: <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biostimulant-market-1081.html?gclid=CJfh9TvorgCFcU5QgodkTMApw>. Acessado em 26/04/2022.

MAZZONI, L. et al. Yield and nutritional quality of highbush blueberry genotypes trialled in a Mediterranean hot summer climate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 9, p. 3675–3686, 2020.

MEDEIROS, D. C. de et al. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 433–436, 2007.

MILIĆ, B. et al. Bioregulators can improve fruit size, yield and plant growth of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 235, n. February, p. 214–220, 2018.

MINHOFÉRTIL. **Fertilizante orgânico composto Classe A**. Disponível em: <http://minhofertil.com.br/sessoes.asp?sessao=produtos>. Acessado em 20/07/2022.

NICHOLSON, C. C.; RICKETTS, T. H. Wild pollinators improve production, uniformity, and timing of blueberry crops. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 272, n. November 2018, p. 29–37, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.10.018>>.

LOWE, O. M.; AKANMU, A. O.; ASEMOLAYE, M. D. Exploration of microbial stimulants for induction of systemic resistance in plant disease management. **Annals of Applied Biology**, v. 177, n. 3, p. 282–293, 2020.

- ORTIZ-CASTRO, R.; VALENCIA-CANTERO, E.; LOPEZ-BUCIO, J. The beneficial role of Rhizosphere microorganisms in plant health and productivity: Improving root development and nutrient acquisition. **Acta Horticulturae**, v. 1009, p. 241–250, 2012.
- PEREIRA, M. M. Otimização de técnicas de produção de mirtilo para alargamento da época de colheita. **Dissertação de Mestrado**, Universidade de Lisboa, 2020.
- RHO, H. et al. Limitation factors for photosynthesis in “Bluecrop” highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) leaves in response to moderate water stress. **Journal of Plant Biology**, v. 55, n. 6, p. 450–457, 2012.
- RODRIGUES, M. et al. Organic plant biostimulants and fruit quality-a review. **Agronomy**, v. 10, n. 7, 2020.
- ROLOFF, I.; SCHERM, H.; VAN IERSEL, M. W. Photosynthesis of blueberry leaves as affected by Septoria leaf spot and abiotic leaf damage. **Plant Disease**, v. 88, n. 4, p. 397–401, 2004.
- SADOK, W.; LOPEZ, J. R.; SMITH, K. P. Transpiration increases under high-temperature stress: Potential mechanisms, trade-offs and prospects for crop resilience in a warming world. **Plant Cell and Environment**, v. 44, n. 7, p. 2102–2116, 2021.
- SPIERS, J. M.; STRINGER, S. J.; DRAPER, A. D.; GUPTON, C. L. “Biloxi” Southern Highbush Blueberry. **Acta Horticulturae**, n. 574, p. 153–155, 2002.
- THALHEIMER, M.; PAOLI, N. Effectiveness of various leaf-applied biostimulants on productivity and fruit quality of apple. **Acta Horticulturae**, v. 594, p. 335–339, 2002.
- THEUNIS, M., KOBAYASHI, H., BROUGHTON, W.J. and PRINSEN, E. Flavonoids, NodD1, NodD2 and nod-box NB15 modulate expression of the y4wEFG locus that is required for indole-3-acetic acid synthesis in *Rhizobium* sp. strain NGR234. **Mol. Plant Microbe Interact.** 17:1153-1161, 2004.
- TUELL, J. K.; ISAACS, R. Weather during bloom affects pollination and yield of highbush blueberry. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 3, p. 557–562, 2010.
- VILLATA, M. TRENDS IN WORLD BLUEBERRY PRODUCTION Keeping Ahead of the Blue Wave. **Great Lakes Fruit & Farm Market EXPO Michigan Greenhouse Growers EXPO**, p. 9, 2011.
- WILLIAMSON, J. G. et al. Seasonal water use of southern highbush blueberry plants in a subtropical climate. **HortTechnology**, v. 25, n. 2, p. 185–191, 2015.
- YÁÑEZ, P. et al. Light environment within mature rabbiteye blueberry canopies influences flower bud formation. **Acta Horticulturae**, v. 810, n. May 2014, p. 471–474, 2009.
- YU, Y. Y. et al. Combination of beneficial bacteria improves blueberry production and soil quality. **Food Science and Nutrition**, v. 8, n. 11, p. 5776–5784, 2020.

**CAPÍTULO II: EFEITO DA APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS NA SAÚDE
DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE MIRTILO**

CAPÍTULO II: EFEITO DA APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS NA SAÚDE DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE MIRTILO

1. RESUMO

O estudo dos bioinsumos e suas aplicações cresce cada vez mais no Brasil e no mundo, aumentando conseqüentemente a quantidade de pesquisas relacionadas ao tema. Com o desenvolvimento no Brasil da tecnologia BioAS, tornou-se possível uma classificação dos solos baseada na sua memória de culturas anteriores e da microfauna presente, utilizando como principal indicador a ação de duas enzimas do solo, arilsulfatase e betaglicosidase. O presente experimento teve o objetivo de estudar as alterações causadas pela aplicação dos bioinsumos Brutal Plus, Samurai King e EM-1, e suas combinações, na qualidade biológica do solo e no desenvolvimento de plantas jovens de mirtilo (*Vaccinium corymbosum*) Cv. Biloxi. Nas plantas foram avaliadas as variáveis de altura de plantas, número de folhas, massa seca da parte aérea e massa seca de raízes. O tratamento 1, composto pelo insumo Brutal Plus, apresentou os maiores valores para todas as variáveis analisadas, porém com diferenças significativas somente para a massa seca da parte aérea. Na Bioanálise do solo, foram revelados baixos índices de atividade da enzima betaglicosidase, porém níveis aceitáveis de arilsulfatase, principalmente nos tratamentos 5 e 6, mistura do Brutal Plus com o EM-1 e mistura do Samurai King com EM-1, respectivamente, que também foram os tratamentos com melhor desempenho geral nos índices de qualidade FertiBio. As maiores atividades das enzimas do solo foram relacionadas com as maiores porcentagens de matéria orgânica do solo, demonstrando a importância do manejo da matéria orgânica para a qualidade biológica. Os melhores resultados das plantas com o tratamento 1 apontam provavelmente uma ação mais rápida dos ácidos húmicos e fúlvicos na nutrição e desenvolvimento.

Palavras-Chave: Microrganismos eficientes, solo, bactérias, qualidade biológica

2. ABSTRACT

The study of biostimulants and their applications is growing more and more in Brazil and in the world, consequently increasing the amount of research related to the topic. With the development of BioAS technology in Brazil, it became possible to classify soils based on their memory of previous cultures and the present microfauna, using as main indicator the action of two soil enzymes, arylsulfatase and beta-glucosidase. The present experiment aimed to study the changes caused by the application of the biostimulants Brutal Plus, Samurai King and EM-1, and their combinations, on the biological quality of the soil and in the development of young blueberry plants (*Vaccinium corymbosum*) Cv. Biloxi. In plants, the variables of plant height, number of leaves, shoot dry mass and root dry mass were evaluated. Treatment 1, composed of the Brutal Plus product alone, presented the highest values for all the variables analyzed, but with significant differences only for the dry mass of the shoot. In the soil bioanalysis, low levels of activity of the beta-glucosidase enzyme were revealed, but acceptable levels of arylsulfatase, mainly in treatments 5 and 6, mixture of Brutal Plus with EM-1 and mixture of Samurai King with EM-1, respectively, which were also the treatments with the best overall performance in the FertiBio quality indices. The highest soil enzyme activities were related to the highest percentages of soil organic matter, demonstrating the importance of organic matter management for biological quality. The best results of plants with treatment 1 probably point to a faster action of humic and fulvic acids on nutrition and development.

Key-words: Effective microorganisms, soil, bacteria, biological quality

3. INTRODUÇÃO

Desde muito antigamente na história, as plantas já eram tratadas com extratos naturais, os quais se acreditava terem um efeito benéfico tanto para o crescimento das plantas como para a ampliação de funções fisiológicas e características desejáveis nas mesmas (YAKHIN et al., 2017). Os bioinsumos ou bioprodutos são substâncias, que podem promover o crescimento, a resistência sistêmica a doenças ou a indução da resistência, principalmente quando aplicados em pequenas quantidades (KAUFFMAN et al., 2007). Apesar da definição de bioinsumos ser ainda um tema amplamente discutido, com diferentes abordagens entre pesquisadores, a sua ação é conhecida nas plantas, com vários estudos com diferentes aplicações em diferentes culturas (DALY & STEWART, 1999; BORGEM, 1997; PEROTTO et al., 1995).

Outro efeito bastante notado e estudado é a influência dos bioinsumos, principalmente aqueles a base de microrganismos, no solo. Um solo rico em microrganismos pode aumentar o desenvolvimento de plantas, a qualidade biológica do solo, a capacidade do solo de retenção de água e nutrientes e sua disponibilização para as culturas. Solos biologicamente ativos, nos quais a microfauna está em equilíbrio e constante multiplicação, produzem substâncias que interessam ao desenvolvimento ótimo de plantas e dos próprios microrganismos (HIGA, 1991).

A influência dos microrganismos no solo é notada com variações de culturas, além de mudanças na sua atividade também com a mudança do manejo do solo. Para solos mais cobertos e com menos revolvimento, a ação, principalmente de bactérias é aumentada. O aumento nessa atividade pode ser mensurado pela medida da atividade de enzimas como a arilsulfatase e a betaglicosidase, que estão ligadas diretamente aos ciclos do enxofre e do carbono nas plantas, respectivamente (MENDES et al., 2012).

A bioanálise do solo (ou BioAS), foi desenvolvida pela Dra. Ieda Mendes e seus colaboradores, em estudos contínuos de mais de uma década da Embrapa em parceria com outras instituições, como um meio de acessar a “memória” do solo, usando de mais esta informação para uma tomada de decisão mais assertiva nas lavouras. A amostragem de solo é feita na mesma época da amostragem comum para análise física e química do solo, e usa de parâmetros destas análises, juntamente com a atividade enzimática da arilsulfatase e da betaglicosidase, para o cálculo do IQS FertBio, um índice que integra a qualidade química e a qualidade biológica do solo, sendo capaz de prever situações de pobreza de nutrientes no solo antes que elas venham a acontecer (MENDES *et al.* 2018).

A cobertura do solo é um fator importante para a atividade microbiana, seja esta cobertura morta ou viva. Segundo Mendes *et al.* (1999), a maior atividade das enzimas está diretamente relacionada com o aumento da biomassa de carbono microbiana no solo e com a porcentagem de C e N mineralizáveis no solo, e estas mudanças foram significativas de acordo com a diferente cultura de inverno que era usada em rotação com brócolis e milho doce, sendo a rotação com leguminosa melhor recomendada, em relação ao pousio do solo e rotação com cereais.

Na soja, a capacidade de nodulação é um fator de grande importância, característica que é significativamente aumentada com a variabilidade bacteriana no solo. Batista *et al.* (2007) constataram que após inoculação nos 3 primeiros anos, a capacidade dos microrganismos para formação de nódulos na soja se manteve por mais vários anos, trazendo uma economia com a inoculação. Segundo Stacey (1995), bactérias como *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* são capazes de estabelecer ligações com a rizosfera das plantas para envio de sinais enzimáticos, ligados a mecanismos mais complexos, que dão início por exemplo, ao processo de nodulação.

O objetivo do experimento foi avaliar a capacidade da aplicação de bioinsumos à base de microrganismos eficientes de provocar mudanças na atividade microbiana do solo, e, conseqüentemente, auxiliar no desenvolvimento das plantas de mirtilo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi iniciado no dia 6 de janeiro de 2022, mesmo dia em que foi coletado o solo para plantio das mudas nos vasos e feita a poda drástica das plantas. A pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília, local onde foi também coletado o solo, em área de solo exposto próximo a mata. As plantas de mirtilo da cultivar Biloxi estavam em seu primeiro ciclo de desenvolvimento, com idade de aproximadamente 10 meses, e foram acondicionadas em recipientes plásticos rígidos (vasos) com capacidade para 3 litros. As mudas receberam poda drástica no dia do plantio. As condições climáticas no período de avaliação, obtidas por meio do site do INMET, podem ser observadas na Figura 6 a seguir. A irrigação foi realizada por aspersão, com 3 ciclos de 15 minutos por dia.

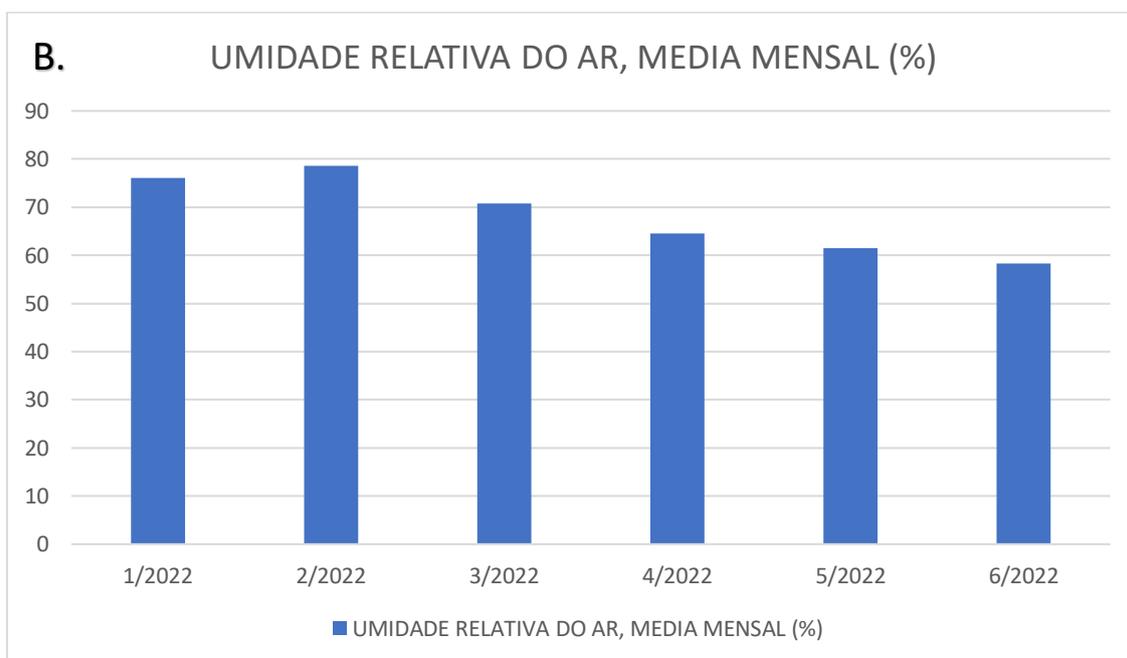
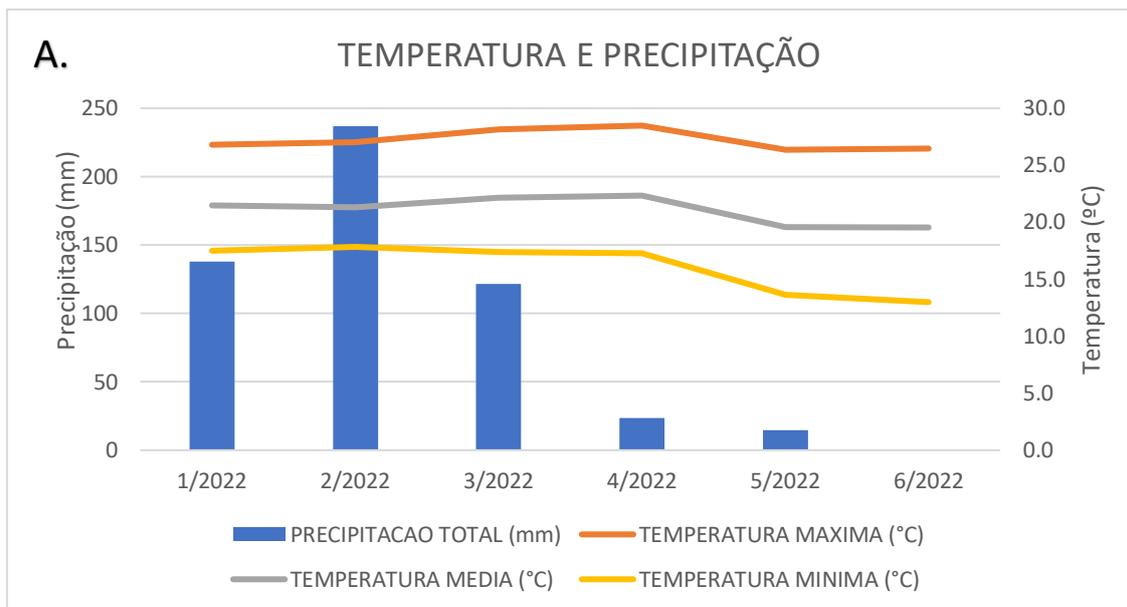


Figura 6. A. Temperatura e Precipitação médias mensais – Brasília-DF, 2022. B. Umidade relativa do ar, média mensal – Brasília-DF, 2022. Fonte: INMET

O delineamento adotado foi o DIC (delineamento inteiramente casualizado), com os mesmos 7 tratamentos adotados até aqui e descritos nos itens 5 e 6 do presente trabalho, além do tratamento controle (tratamento 0). Foram utilizadas 3 repetições por tratamento, totalizando 24 plantas. Os bioinsumos Brutal Plus, Samurai King e EM-1, isolados ou em suas devidas combinações, foram aplicados desde o início do experimento semanalmente, todas as sextas feiras. As doses utilizadas foram de 3 mL/L de calda para Brutal Plus e EM-1 e de 4 mL/L de calda para o Samurai King.

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal manual com capacidade para 20 L, da marca Jacto. O jato foi direcionado principalmente às raízes, aplicando-se diretamente no solo, mas também foi feito um banho na parte aérea, totalizando cerca de 200 mL por planta, com dosador de 25mL.

Para avaliação das plantas, levou-se em consideração os parâmetros de altura de plantas, número de folhas, massa seca de raízes e massa seca da parte aérea. Para os dois primeiros parâmetros, procedeu-se medição utilizando fita graduada, com divisão mínima de 1mm, e contagem manual, respectivamente. Uma balança analítica foi utilizada para a determinação da massa seca de raízes e parte aérea, com precisão de 0,001g.

As plantas foram todas coletadas no dia 18 de abril de 2022 e foram feitas as medidas de número de folhas e altura. Depois, foram deixadas para secar em estufa a 60°C por um dia, enquanto o solo secava também à sombra em temperatura ambiente. No dia 19 de abril, após a secagem, foi medida a massa seca de raízes e da parte aérea.

Além da avaliação das plantas, focou-se na avaliação biológica do solo, com geração de índice FertiBio, importante para determinação da qualidade biológica e variedade microbiana do solo. As amostras foram coletadas com cerca de 500g, compostas pela mistura do solo das três repetições de cada tratamento, e entregues no Laboratório Solo & Companhia, estabelecimento credenciado junto à Embrapa para realização da BioAS.

Para análise das variáveis relativas às plantas, foi feita análise de variância, em conjunto com o teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os testes foram realizados com auxílio do software estatístico SISVAR, segundo recomendações de Ferreira (2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados colhidos para as variáveis relativas às plantas (Altura de plantas – AP, Número de folhas – NF, Massa seca da parte aérea – MSPA, e Massa seca das raízes – MSR) revelaram pouca diferença entre os tratamentos nos quatro meses de aplicação. Pela Anova, a única variável que apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos foi a massa seca da parte aérea, com p valor calculado de 0,0211. A tabela da Anova (Tabela 17) para esta variável está apresentada abaixo.

Tabela 17. Quadro da análise de variância para a variável massa seca da parte aérea (MSPA).

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Tratamento	7	88.201612	12.60023	3.363	0.0211
erro	16	59.943657	3.746479		
Total corrigido	23	148.145269			
CV(%)	23.87				

A maior massa seca da parte aérea foi encontrada para o tratamento 1, com a dose isolada do bioinsumo Brutal Plus. Viu-se uma diferença grande entre o melhor tratamento e o pior para este parâmetro, de aproximadamente 100% (tratamento 6). A diferença entre o melhor e o segundo melhor (tratamento 2) foi de 37,6%. A composição do Brutal Plus, com ácidos húmicos e fúngicos, pode ter causado, em mais curto prazo, uma melhora na absorção de nutrientes pelas plantas de mirtilo. As substâncias húmicas são compostos de alto peso celular, ricos em carbono, que pode ser prontamente absorvido pelos microrganismos benéficos do solo, como fonte de carbono residual. Com a energia presente nas ligações de carbono, a microfauna do solo consegue realizar diversas reações, que no final do ciclo chegam a melhorar a disponibilidade de alguns nutrientes para as plantas (PETTIT, 2004). Segundo Ahmad, Khan & Nawaz Khattak (2018) a aplicação de ácidos húmicos obtidos por extração alcalina de carvão marrom, ou carvão de lignite, com hidróxido de potássio, e de ácidos fúlvicos também de extração, porém com ácido nítrico (HNO₃), trouxeram aumentos significativos na cultura de trigo, para aplicação isolada ou combinada com ureia, além de terem bom custo benefício.

As demais variáveis não retornaram diferença significativa entre os tratamentos, porém alguns tratamentos se destacaram em suas médias absolutas, já trazendo indícios de uma melhora na produção. Para altura de plantas o destaque foi igualmente para o tratamento 1 com média de 62,76 cm nas 3 repetições. O pior desempenho ocorreu para o tratamento 5, com média de 40 cm. A mistura dos bioinsumos entre Brutal Plus e EM-1 promoveu menor desempenho nas plantas, porém o tratamento obteve o melhor resultado para o IQS Fertibio. Segundo Mendes *et al.* (2018), o baixo índice de saúde biológico pode prever problemas que ocorrerão no futuro, e que estão sendo mascarados por um desempenho satisfatório das plantas no presente.

A situação se repete para o número de folhas, com maior média de 134,33 folhas por planta no tratamento 1, demonstrando uma provável superioridade para o desenvolvimento futuro, e possivelmente para produção. O tratamento que apresentou o menor número de folhas foi o tratamento 7, com média de aproximadamente 72 folhas. O efeito da aplicação foliar do ácido fúlvico é conhecido, e já foi descrita sua eficiência na resistência do trigo à seca, na fase de formação dos grãos. A aplicação trouxe também uma manutenção na condutância estomática em plantas sob stress hídrico, além de aumentar o nível de clorofila nas folhas e a absorção de P pelas raízes (XUDAN, 1986).

Na massa seca das raízes, repetiu-se a superioridade do tratamento 1. A média foi de 43,54 g, valor superior em 29,3% com relação ao pior tratamento (tratamento 3), com média de 33,655 g. O tratamento de solos com ácidos húmicos e fúlvicos demonstrou melhora na recuperação de P em solos calcáreos, com alta salinidade. Além disso, a mistura com matéria orgânica diminui a velocidade de precipitação de Ca, fazendo com que o P fique mais disponível para absorção pelas plantas (DELGADO et al., 2002).

As médias relativas às quatro variáveis avaliadas podem ser observadas na Tabela 18 a seguir, com o teste de comparação de médias de Tukey.

Tabela 18. Teste de médias de Tukey para as variáveis altura de plantas (AP), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSR).

TRATAMENTO*	AP		NF		MSPA		MSR	
0	46.466667	a	82.666667	a	7.103333	ab	24.599333	a
1	62.766667	a	134.333333	a	12.507667	a	43.546667	a
2	47.633333	a	115	a	9.085667	ab	35.442667	a
3	44.3	a	81.333333	a	6.800333	b	33.655	a
4	52.333333	a	109.333333	a	8.918	ab	42.898	a
5	40	a	90.333333	a	7.445	ab	43.082333	a
6	50.666667	a	87	a	6.245	b	42.289333	a
7	45.133333	a	72.666667	a	6.765667	b	42.63	a

Valores seguidos com as mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*Tratamentos: 0) Testemunha; 1) Brutal Plus; 2) Samurai King®; 3) EM-1®; 4) Brutal Plus + Samurai King®; 5) Brutal Plus + EM-1®; 6) Samurai King ®+ EM-1®; 7) Brutal Plus + Samurai King ®+ EM-1®.

O índice de qualidade do solo foi determinado pela análise, nas suas qualidades químicas e biológicas, e o IQS Fertibio, que combina as duas análises, se demonstrou mais elevado para alguns tratamentos. Os valores mais altos foram observados nos tratamentos 2, 5 e 6, dois deles contendo em sua formulação uma parte do bioinsumo

Samurai King. O maior valor foi obtido para o tratamento 5, mistura entre Brutal Plus e EM-1, com 0,66 no índice Fertibio, indicando uma classificação alta de qualidade do solo, segundo a legenda na figura XX. Quatro dos tratamentos se enquadraram nesta mesma faixa de qualidade, adicionando-se aos supracitados somente o tratamento 4. Os outros quatro (tratamentos 0, 1, 3 e 7) foram enquadrados no nível médio de qualidade do solo. O manejo do solo é importante para a atividade microbiana, e já é entendido que o menor revolvimento e a cobertura viva ou morta do solo trazem benefícios. Em Primavera do Leste (MT), o cultivo de capim *Eleusine indica* nas entrelinhas de um parreiral trouxe aumento na atividade das enzimas betaglicosidase e arilsulfatase, além de aumento também no C mineralizável. Foi constatado ainda uma diferença 70% de carbono da biomassa microbiana (CBM) entre o solo de Cerradão e solos usados na plantação de culturas (MATSUOKA, MENDES & LOUREIRO, 2003), reforçando mais ainda a eficiência do solo coberto e não revolvido, como é naturalmente numa floresta.

Observa-se, na coluna do IQS Químico (Tabela 19), que a maioria dos tratamentos se enquadraram na categoria de alta qualidade, com exceção somente dos tratamentos 3 e 7, tendo o primeiro apresentado ainda um nível baixo de qualidade biológica. O IQS Biológico foi baixo para os tratamentos 0, 1 e 3, ficando todos os demais na faixa média.

Tabela 19. Tabela da Bioanálise do solo para os 7 tratamentos e a testemunha (tratamento 0)

	Arilsulfatase	Betaglicosidase	Matéria Orgânica	Argila	IQS Fertibio	IQS Biológico	IQS Químico	Ciclagem de Nutrientes	Armazenagem de nutrientes	Suprimento de nutrientes
TRATAMENTO	p-nitrofenol/kg solo/h		g/kg	%						
0	48	11	27	44	0.59	0.40	0.68	0.40	0.83	0.53
1	53	12	26	50	0.55	0.40	0.62	0.40	0.70	0.54
2	74	13	28	36	0.65	0.55	0.70	0.55	0.91	0.48
3	40	11	26	54	0.45	0.33	0.51	0.33	0.47	0.55
4	65	19	27	46	0.61	0.49	0.66	0.49	0.78	0.55
5	85	22	28	44	0.66	0.58	0.70	0.58	0.84	0.55
6	82	25	28	44	0.65	0.58	0.69	0.58	0.81	0.56
7	73	24	26	54	0.52	0.49	0.53	0.49	0.46	0.59

Tabela 20. Legenda para interpretação da Bioanálise do solo. Valores calculados e ajustados para culturas anuais em solos do cerrado brasileiro.

LEGENDA	
muito alto	0,81 a 1
alto	0,61 a 0,80
médio	0,41 a 0,60
baixo	0,21 a 0,40
muito baixo	0 a 0,20

Observou-se também para todos os tratamentos uma deficiência do solo no suprimento de nutrientes. Os valores se mantiveram numa faixa parecida, sendo todos enquadrados em um nível médio de suprimento. A baixa capacidade de suprimento também foi acompanhada da baixa capacidade de ciclagem de nutrientes, principalmente para os tratamentos 0, 1 e 3. Apesar disso, os solos com aplicação dos insumos demonstraram alta capacidade para armazenagem dos nutrientes, ficando os índices mais baixos somente para os tratamentos 3 e 7. Segundo Hungria, Campo & Mendes (2003), o uso de microrganismos, como os do gênero *Rhizobium*, são capazes de aumentar consideravelmente a nodulação em feijão comum, aumentando a fixação biológica de nitrogênio e conseqüentemente trazendo uma melhora na eficiência de absorção de N dos fertilizantes aplicados. Destaca-se a importância da reinoculação nos anos subsequentes, até o momento em que a reprodução dos microrganismos no solo se torne suficiente para a manutenção da microfauna em níveis satisfatórios.

Neste experimento, os índices de qualidade Fertibio podem ser relacionados com a porcentagem de argila presente em cada amostra. Na análise, os tratamentos que retornaram o pior aproveitamento no índice FertiBio foram também os que apresentaram maior teor de argila na sua análise física, além de menor porcentagem de matéria orgânica por g de solo. A matéria orgânica do solo é composta tanto por matéria morta como viva, no caso as raízes de plantas, juntamente com os microrganismos do solo, que decompõem os materiais no solo formando tanto substâncias que podem ser usadas como alimento para os microrganismos, como substâncias húmicas (MOHAMMADI et al., 2011). Segundo Edwards & Fletcher (1988), microrganismos como bactérias, algas, e principalmente fungos e protozoários, atuam como fonte de nutrientes e enzimas digestivas para minhocas, aumentando a fragmentação da matéria orgânica e disponibilizando melhor os nutrientes às plantas.

Quanto às enzimas do solo, a medição da atividade demonstrou um baixo valor em geral entre os tratamentos para a betaglicosidase. Os maiores valores para a enzima foram observados nos tratamentos 5, 6 e 7, apesar de estarem todos os tratamentos classificados na faixa de baixa atividade. A atividade das enzimas arilsulfatase e betaglicosidase têm alta correlação com a produtividade acumulada em soja e milho, assim como com o percentual de C orgânico no solo, segundo estudo de longa duração de Lopes *et al.* (2013), com manejo cuidadoso da fertilização de P. O autor cita ainda que solos de alta produtividade tiveram altas correlações também com a biomassa e com a respiração microbiana no solo.

A atividade da arilsulfatase teve resultado satisfatório para alguns tratamentos, sendo estes os mesmos que apresentaram os maiores valores para o IQS Fertibio, demonstrando a relação entre as enzimas e a qualidade biológica do solo. O destaque foi para os tratamentos 5 e 6 com os maiores valores absolutos. Os microrganismos do solo são responsáveis por transformar a matéria orgânica do solo e sua presença influencia nas relações ecológicas do solo, assim como o contrário (POWLSON, HIRSCH & BROOKES, 2001). Segundo Mendes *et al.* (2021) as enzimas do solo estão intimamente relacionadas à sua memória, e podem nos dar uma ideia do manejo que um solo recebeu no passado, sendo interessante para previsão de necessidades biológicas do futuro. As enzimas arilsulfatase e betaglicosidase têm uma grande sensibilidade de prever alterações nos solos, sendo por isso as mais indicadas para a análise da saúde do solo.

A legenda (Tabela 20) expressa uma classificação que vai de muito baixa a muito alta, com relação aos valores dos IQS calculados. Segundo Mendes *et al.* (2018) a BioAS está calibrada por enquanto com valores referência para culturas anuais no bioma cerrado, e os parâmetros ajustados para tais análises. Porém, é possível se ter uma noção da qualidade do solo ocupado com qualquer cultura, para usar como base na tomada de decisões, principalmente na hora de fazer aplicações tanto de fertilizante como de defensivos. Os resultados são discutidos mais como uma comparação entre os diferentes tratamentos, sendo a cultura considerada um fator secundário na abordagem.

A título de comparação, para uma aplicação de 20 L (volume de uma bomba costal), sendo aplicados 200 mL por planta, seriam tratadas 100 plantas. Num manejo com defensivos químicos, com um tipo de fungicida e dois tipos de inseticida, com aplicação a cada 40 dias durante 10 meses do ano, seriam gastos por planta cerca de R\$ 0,58, contra R\$ 5,04 por planta, com aplicação combinada dos 3 bioinsumos aqui tratados, aplicados

a cada 15 dias durante os mesmos 10 meses. Apesar disso, estudos com diversas culturas demonstram que em alguns casos o uso de insumos biológicos pode se tornar até mais barato para o produtor, além dos benefícios a longo prazo. Para a aplicação de microrganismos eficientes e extratos de alga em produção de batatas no Egito, Arafa *et al.* (2012) observaram melhora tanto na qualidade do solo como na qualidade dos tubérculos, além de aumento na colheita e da receita líquida com a venda dos produtos, em comparação com plantas tratadas somente com fertilizante mineral.

As principais vantagens são relativas principalmente aos parâmetros ambientais e sociais, de acordo com os objetivos do desenvolvimento sustentável, nos quais empreendimentos devem levar em conta não só o lado econômico como o social e o ambiental (UNITED NATIONS FOUNDATION, 2022). Os bioinsumos podem ser utilizados tanto com fertilizantes orgânicos e minerais como com mistura de ambos, sendo neste último caso comprovada a melhora em atributos de colheita e a economia na utilização dos nutrientes minerais, principalmente do N (KHALIQ, ABBASI e HUSSAIN, 2006).

A viabilidade financeira deve ser melhor trabalhada, para aliar os benefícios ambientais e sociais aos econômicos, que são muitas vezes a principal questão na tomada de decisão de produtores em migrar de um sistema com uso de químicos para um sistema biológico para proteção e nutrição de cultivos.

6. CONCLUSÕES

Os resultados nas plantas demonstraram uma superioridade para o tratamento 1, aplicado com Brutal Plus a 3 mL/L de calda. Provavelmente, a ação do composto tem ação dos ácidos húmicos e fúlvicos num prazo mais curto.

Na bioanálise do solo, os tratamentos 5 e 6 apresentaram os maiores IQS Fertibio com alta atividade da arilsulfatase e dentre as mais altas também para atividade da betaglicosidase, mesmo não estando entre os solos com maior percentual de matéria orgânica. O IQS Fertibio foi usado como parâmetro para observação do sucesso ou não das aplicações dos bioinsumos, e os resultados demonstraram que elas realmente influenciam tanto na qualidade microbiológica do solo como no desenvolvimento das plantas.

São necessários, certamente, mais estudos para determinação de melhores dosagens e modos de aplicação dos diferentes bioprodutos, incluindo grande variedade não abordada aqui neste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, T.; KHAN, R.; NAWAZ KHATTAK, T. Effect of humic acid and fulvic acid based liquid and foliar fertilizers on the yield of wheat crop. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 19, p. 2438–2445, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1527932>>.

ARAFI, A. A.; HUSSIEN, S. F. M.; MOHAMED, H. S. G. Response of tuber yield quantity and quality of potato plants and its economic consideration to certain bioregulators or effective microorganisms under potassium fertilization. **J. Plant Production, Mansoura University**, v. 3, n. 1, p. 131–150, 2012.

BORGEN A. Effect of seed treatments with EM (Effective Microorganisms) in control of common bunt (*Tilletia tritici*) in wheat. In: **proceedings of the 5th International Scientific Conference on Kyusei Nature Farming in Bangkok** 23-25 October 1997, 1997.

DALY, M. J.; STEWART, D. P. C. Influence of EM on vegetable production and carbon mineralization-A preliminary investigation. **Journal of sustainable agriculture**, v. 14, n. 2/3, p. 37–41, 1999.

DELGADO, A. et al. Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids. **Plant and Soil**, v. 245, n. 2, p. 277–286, 2002.

EDWARDS, C. A.; FLETCHER, K. E. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 24, n. 1–3, p. 235–247, 1988.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, 35, 1039-1042, 2011.

HIGA, T. Effective microorganisms: A biotechnology for mankind. **Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming**, p. 8–14, 1991. Disponível em: <http://www.infric.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/PDF_KNF_Conf_Data/C1-2-001.pdf>.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils**, v. 39, n. 2, p. 88–93, 2003.

KAUFFMAN, G. L.; KNEIVEL, D. P.; WATSCHKE, T. L. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. **Crop Science**, v. 47, n. 1, p. 261–267, 2007.

KHALIQ, A.; ABBASI, M. K.; HUSSAIN, T. Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 8, p. 967–972, 2006.

- LOPES, A. A. C. et al. Interpretation of Microbial Soil Indicators as a Function of Crop Yield and Organic Carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 2, p. 461–472, 2013.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. de C.; LOUREIRO, M. F. BIOMASSA MICROBIANA E ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM SOLOS SOB VEGETAÇÃO NATIVA E SISTEMAS AGRÍCOLAS ANUAIS E PERENES NA REGIÃO DE PRIMAVERA DO LESTE (MT). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n. 3, p. 425–433, 2003.
- MENDES, I. C. et al. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. **Circular Técnica**, v. 38, p. 23, 2018. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t%0AEmbrapa>>.
- MENDES, I. C. et al. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. **Plant and Soil**, v. 359, n. 1–2, p. 183–195, 2012.
- MENDES, I. C. et al. Microbial Biomass and Activities in Soil Aggregates Affected by Winter Cover Crops. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, n. 4, p. 873–881, 1999.
- MENDES, I. C. et al. Tecnologia BioAS: Uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo. **Embrapa Cerrados**, n. Planaltina, DF, p. 50 p, 2021.
- MOHAMMADI, K. et al. Soil management, microorganisms and organic matter interactions: A review. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 86, p. 19840–19849, 2011.
- PEROTTO, S., PERETTO, R., FACCIO, A., SCHUBERT, A., BONFANTE, P., & VARMA, A. Ericoid mycorrhizal fungi: cellular and molecular bases of their interactions with the host plant. **Canadian Journal of Botany**, 73(S1), 557-568, 1995.
- PETTIT, R. E. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. **CTI Research**, 10, 1-7, 2004.
- POWLSON, D. S.; HIRSCH, P. R.; BROOKES, P. C. The role of soil microorganisms in soil organic matter conservation in the tropics. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, n. 1–2, p. 41–51, 2001.
- STACEY, G. Bradyrhizobium japonicum nodulation genetics. **FEMS Microbiology Letters**, v. 127, n. 1–2, p. 1–9, 1995.
- UNITED NATIONS FOUNDATION. **Sustainable development goals**. 2022. Disponível em https://unfoundation.org/what-we-do/issues/sustainable-development-goals/u-s-leadership-on-the-sdgs/?gclid=CjwKCAjwgaeYBhBAEiwAvMgp2m5roZF71dzD06ZN7J0LU3KvSF3D2R9uhM8Lsl1IOtpXsX0d-g64xoCsYEQAvD_BwE. Acessado em 24/08/2022.
- XUDAN, X. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and yield in wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 37, n. 4, p. 343–350, 1986.
- YAKHIN, O. I. et al. Biostimulants in plant science: A global perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. January, 2017.