



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

**PRODUTIVIDADE, CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO MIRTILEIRO CULTIVADO NO
DISTRITO FEDERAL, SUBMETIDO A DIFERENTES ÉPOCAS DE
PODA**

GABRIEL SOARES MIRANDA

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
DEZEMBRO/2023



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

**PRODUTIVIDADE, CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO MIRTILEIRO CULTIVADO NO
DISTRITO FEDERAL, SUBMETIDO A DIFERENTES ÉPOCAS DE
PODA**

GABRIEL SOARES MIRANDA

ORIENTADOR: OSVALDO KIYOSHI YAMANISHI
COORIENTADOR: JOSÉ RICARDO PEIXOTO

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: N° ___/2023

BRASÍLIA/DF
DEZEMBRO/2023



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

PRODUTIVIDADE, CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO MIRTILEIRO CULTIVADO NO
DISTRITO FEDERAL, SUBMETIDO A DIFERENTES ÉPOCAS DE
PODA

GABRIEL SOARES MIRANDA

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

OSVALDO KIYOSHI YAMANISHI, Dr. Universidade de Brasília, Professor da
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB (Orientador), e-mail:
kiyoshi@unb.br

MÁRCIO DE CARVALHO PIRES, Dr. Universidade de Brasília, Professor da
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB (Examinador Interno), e-mail:
mcpires@unb.br

NILTON TADEU VILELA JUNQUEIRA, Dr. Embrapa Cerrados, Pesquisador
(Examinador Externo), e-mail: nilton.junqueira@embrapa.br

MARCOS BRANDÃO BRAGA, Dr. Embrapa Hortaliças, Pesquisador (Examinador
Externo), e-mail: marcos.braga@embrapa.br

BRASÍLIA/DF, 18 de DEZEMBRO de 2023.

M672a	Miranda, Gabriel Soares
	Produtividade, características físico-químicas e atividade antioxidante do mirtilheiro cultivado no Distrito Federal, submetido a diferentes épocas de poda. / Gabriel Soares Miranda; orientador Osvaldo Kiyoshi Yamanishi; co-orientador José Ricardo Peixoto. -- Brasília, 2023.
	80 p.
	Tese (Doutorado em Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2023.
	1. Floricultura tropical. 2. Cerrado. 3. Pós-colheita. 4. Produtividade. 5. Manejo cultural. I. Kiyoshi Yamanishi, Osvaldo, orient. II. Ricardo Peixoto, José, co-orient. III. Título.

FICHA CATALOGRÁFICA

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MIRANDA, G. S. Produtividade, características físico-químicas e atividade antioxidante do mirtilheiro cultivado no Distrito Federal, submetido a diferentes épocas de poda. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2023. 78 p. Doutorado em Agronomia.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gabriel Soares Miranda

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: Produtividade, características físico-químicas e atividade antioxidante do mirtilheiro cultivado no Distrito Federal, submetido a diferentes épocas de poda.

GRAU: DOUTOR

ANO: 2023

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.

Nome: Gabriel Soares Miranda

CPF: 017.052.891-00

E-mail: gabriel.agronomo@outlook.com

Dedico este trabalho: A Deus, por me dar sabedoria e muita força de vontade para conseguir passar pelos momentos difíceis e chegar até a conclusão deste trabalho. À minha esposa querida pelo constante apoio em todos os momentos. Aos meus pais, pela minha criação e amor incondicional em todas as fases da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela força e saúde que concedeu durante todo esse processo.

À minha esposa Alana pelo apoio em todo o tempo, nos dias bons e nos dias maus. Minha maior incentivadora, sem você eu não teria conseguido realizar este sonho.

Aos meus pais Gerson Miranda e Emília Soares dos Santos, pelo amor, conselhos e por sempre acreditarem e incentivarem meus estudos e minha jornada acadêmica.

Às minhas irmãs que sempre me deram foram grandes incentivadoras do meu trabalho, muitas vezes acreditando mais em mim do que eu mesmo.

Ao meu orientador Professor Doutor Osvaldo Kiyoshi Yamanishi, por ter me concedido a honra de fazer parte da equipe de pesquisas, recebendo a orientação e todo o apoio para que a pesquisa avançasse. Além de poder contribuir e fazer parte da história do desenvolvimento da cultura do mirtilheiro no Brasil.

Ao meu coorientador Professor Doutor José Ricardo Peixoto, por toda orientação e incentivo para concluir meu trabalho.

Aos amigos e companheiros de Doutorado Firmino Nunes de Lima e Hyan Phelipe Ramirez Canales por toda a ajuda durante as avaliações dos experimentos e pela amizade construída durante esses anos.

À professora Doutora Lorena Carneiro Albernaz pelo apoio concedido possibilitando a realização da extração dos extratos de mirtilo e posterior análise de antioxidantes.

Aos funcionários da Estação experimental de Biologia (UnB) por toda dedicação e trabalho empenhados no cuidado das instalações e manutenções dos nossos campos experimentais.

À Universidade de Brasília pela possibilidade de concluir toda minha formação acadêmica nesta destacada instituição.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro por meio de bolsa de estudo concedido durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) pelo fomento concedido a este projeto de pesquisa.

RESUMO GERAL

O mirtilo (*Vaccinium* spp.) é uma cultura que cresceu significativamente nos últimos anos em importância agrícola e econômica no mundo. O consumo do mirtilo está associado aos diferentes benefícios que oferece à saúde humana sendo considerada a fruta fresca mais rica em antioxidante já estudada. Porém, com o desenvolvimento de novas variedades com baixa exigência em frio, o cultivo do mirtilo pode ser expandido para outras regiões do país com menor ocorrência de frio. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo geral avaliar os atributos fisiológicos, produtivos e nutricionais bem como a qualidade de frutos da cultura do mirtilo, variedade 'Biloxi' (*Vaccinium corymbosum*), em função dos diferentes tipos e épocas de poda na região do Distrito Federal. Foram realizadas as seguintes análises: análises fisiológicas e de crescimento das plantas, análises físico-químicas dos frutos, análise da produção e qualidade de frutos, além de quantificação da capacidade antioxidante dos frutos de mirtilo em relação ao tipo e época de poda. Neste estudo comprovou-se que é possível cultivar plantas de mirtilo 'Biloxi' sem a ocorrência de horas de frio abaixo de 7,2 °C durante todo o seu ciclo, além de ser possível colher frutos durante as quatro estações do ano. Além disso, a poda drástica no inverno gerou maior produtividade quando comparada com a poda pulmão. A poda no outono ocasionou em frutos com maior potencial antioxidante e maior quantidade de sólidos solúveis totais.

Palavras-chave: Fruticultura tropical, Cerrado, Pós-colheita, Produtividade, Manejo cultural.

GENERAL ABSTRACT

Blueberry (*Vaccinium* spp.) cultivation has significantly grown in agricultural and economic importance worldwide in recent years. The consumption of blueberries is associated with various health benefits, and it is considered the fruit with the highest antioxidant content ever studied to date. However, with the development of new varieties with low chilling requirements, blueberry cultivation can be expanded to regions with less chilling hours incidence. In this context, this study aims to comprehensively evaluate the physiological, productive, and nutritional attributes, as well as the fruit quality of blueberry cultivation, specifically the 'Biloxi' variety (*Vaccinium corymbosum*), in response to different types and seasons of pruning in the Federal District. The following analyzes were carried out: physiological and plant growth analyses, physical chemical analyzes of the fruits, analysis of fruit production and quality, in addition to quantifying the antioxidant capacity of blueberry fruits in relation to the type and time of pruning. In this study it was proven that it is possible to grow 'Biloxi' blueberry plants without the occurrence of chilling hours below 7.2 °C throughout their cycle. Additionally, it demonstrate the possibility of harvesting fruits during the four seasons of the year. Furthermore, drastic pruning in winter generated greater productivity when compared to lung pruning. Pruning in autumn resulted in fruits with greater antioxidant potential and greater amounts of total soluble solids.

Keywords: Tropical horticulture, Cerrado, Postharvest, Yield, Management practice.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Comparação dos três principais grupos de mirtilo cultivados no mundo	18
Figura 2. Plantas de mirtilo CV ‘Biloxi’ cultivadas em vasos de 60 L	24
Figura 3. Comparação da cultivar ‘Biloxi’ com outras duas cultivares de mirtilo SHB de baixa exigência de horas de frio (‘Emerald’ e ‘Ventura’).....	23

CAPÍTULO 1

Figura 1. Esquema simplificado do delineamento do pomar experimental de mirtilo em campo aberto para os dois tipos de poda (poda drástica e poda pulmão) e as quatro épocas de poda (inverno, primavera, verão e outono).....	40
Figura 2. A: Número total de frutos por época e tipo de poda, B: Produção de frutos (g) por época e tipo de poda e C: Produtividade estimada (ton ha ⁻¹) por época e tipo de poda	45
Figura 3. A. Massa média de frutos por época e tipo de poda	47
Figura 4. (A) Diâmetro transversal médio e (B) diâmetro longitudinal médio de frutos por estação e tipo de poda.....	48
Figura 5. Número de ramificações por estação e tipo de poda.....	49
Figura 6. Altura da planta por estação e tipo de poda após 30 (A), 60 (B), 90 (C) e 120 (D) dias após a poda.....	49
Figura 7. Curva de crescimento após a poda para A. inverno, B. primavera, C. verão e D. outono	50
Figura 8. Diâmetro do caule por estação e tipo de poda após 30 (A), 60 (B), 90 (C) e 120 (D) dias após a poda.....	51

CAPÍTULO 2

Figura 1. Potencial antioxidante e taxa de redução do DPPH do extrato de mirtilo por estação e tipo de poda.....	68
Figura 2. Brix, acidez total titulável (ATT) e ratio do extrato de mirtilo por estação e tipo de poda	69
Figura 3. Cinzas, umidade e fibra do extrato de mirtilo por estação e tipo de poda	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Temperatura máxima média (°C); Temperatura média (°C); Temperatura mínima média (°C) das regiões de Colima (México); Lambayeque (Peru) e Brasília (Brasil) respectivamente em mesma série histórica..... 19

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Dados meteorológicos durante a condução do Experimento. Médias mensais (Tmed), médias máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) de temperatura e número mensal de horas de frio abaixo de 18 °C (HF< 18), 15 °C (HF< 15), 12 °C (HF< 12), 10 °C (HF< 10), 7,2 °C (HF< 7,2), em Brasília, Distrito Federal, entre os meses de agosto de 2019 e fevereiro de 2021 44

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Dados meteorológicos durante a condução do Experimento. Médias mensais (Tmed), médias máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) de temperatura e número mensal de horas de frio abaixo de 18 °C (HF< 18), 15 °C (HF< 15), 12 °C (HF< 12), 10 °C (HF< 10), 7,2 °C (HF< 7,2), em Brasília, Distrito Federal, entre os meses de agosto de 2019 e fevereiro de 2021 63

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1

Quadro 1. Cronograma dos estágios do experimento para cada um dos tratamentos.....	42
Quadro 2. Duração dos estágios de floração, colheita e poda em semanas para cada um dos tratamentos avaliados.....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	16
1.1.1. Objetivo geral.....	16
1.1.2. Objetivos específicos.....	16
1.2. JUSTIFICATIVA	17
1.3. HIPÓTESES	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. ORIGEM E DOMESTICAÇÃO	20
2.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	22
2.3. VARIEDADE BILOXI	24
2.4. PRODUÇÃO DE MIRTILO EM SUBSTRATO	25
2.5. PODA NA CULTURA DO MIRTILO	26
2.6. ASPECTOS NUTRICIONAIS DA FRUTA DO MIRTILEIRO	27
CAPÍTULO 1: DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MIRTILEIRO SUBMETIDO A DOIS TIPOS DE PODAS EM 4 ÉPOCAS DISTINTAS	
1. INTRODUÇÃO	37
2. MATERIAIS E MÉTODOS	39
3. ANÁLISES PÓS-COLHEITA	41
3.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
4. RESULTADOS	43
5. DISCUSSÃO	51
CAPÍTULO 2: ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM FRUTOS DE MIRTILO SOB DIFERENTES TIPOS DE PODA E ÉPOCAS DE PLANTIO	
1. INTRODUÇÃO	60
2. METODOLOGIA	62
2.1 LOCAL DO ESTUDO	62

2.2	AMOSTRAS	63
2.3.	EXTRATO VEGETAL	64
2.4.	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	65
3.	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	66
3.1.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	67
4.	RESULTADOS	67
5.	DISCUSSÃO	72
6.	CONCLUSÃO.....	75

1. INTRODUÇÃO

As tendências mundiais da alimentação nos últimos anos indicam um interesse acentuado dos consumidores em determinados alimentos, os quais, além do seu valor nutritivo tragam benefícios às funções fisiológicas do organismo humano. Alimentos que contribuem beneficentemente para a saúde são chamados de alimentos funcionais. Estes “contêm em sua composição alguma substância biologicamente ativa que ao ser adicionada a uma dieta usual desencadeia processos metabólicos ou fisiológicos, resultando em redução do risco de doenças e manutenção da saúde” (Anjo, 2004, p. 145).

O consumo de frutas e verduras comprovou-se um meio de prevenção ao desenvolvimento de enfermidades devido à presença de diferentes compostos bioativos (Rufino, 2008). Entre eles destacam-se os antioxidantes, grupo de diversos compostos capazes de prevenir os processos degenerativos associados a radicais livres presentes no organismo (Costa; Rosa, 2006).

Existe uma crescente demanda na sociedade pela busca da inserção de fontes naturais de antioxidantes por meio das frutas e vegetais (Bunea *et al.*, 2011). De acordo com Moraes e Colla (2006), estudos epidemiológicos evidenciam que uma dieta com elevado nível de antioxidantes naturais, como o ácido ascórbico, a vitamina E, os carotenoides e compostos fenólicos, podem proteger o corpo de doenças cardiovasculares, catarata, câncer e distúrbios relativos ao envelhecimento.

O mirtilo destaca-se entre as frutas com altos níveis de antioxidantes (Zheng; Wang, 2003). Originário de regiões da Europa e dos Estados Unidos, o mirtilo é uma cultura que tem adquirido grande relevância nos últimos anos em importância agrícola e econômica no mundo, como consequência do aumento do consumo em escala global (Brazelton, 2015). O consumo do mirtilo está associado aos diferentes benefícios que oferece à saúde humana (Cantuarias-Avilés *et al.*, 2014) sendo considerada a fruta fresca mais rica em antioxidante já

analisada (Moraes *et al.*, 2007), cuja atividade está relacionada à presença de compostos bioativos, flavonoides e vitamina C (Wang *et al.*, 2017).

O mirtilo é uma fruta muito apreciada nos países do hemisfério norte, principalmente Estados Unidos e alguns países da Europa, tais como Alemanha, França, Itália e Inglaterra, onde seu consumo é tradicional. No Hemisfério Sul, onde o fruto tem adquirido cada vez maior popularidade, a colheita se dá desde fim de novembro até abril (Queiroga *et al.*, 2021). Segundo Santos (2004), as oportunidades de mercado e as perspectivas de cultivo do mirtilo nos países do Hemisfério Sul são bastante animadoras, especialmente devido à coincidência da época de colheita com a entressafra dos maiores países produtores e consumidores do Hemisfério Norte.

Com elevado potencial de crescimento das áreas de produção no Brasil, o mirtilo apresenta como vantagens: 1) a adaptação ao cultivo em pequenas áreas; 2) o grande interesse do mercado consumidor, tanto interno como externo; 3) os poucos problemas fitossanitários; 4) o elevado valor agregado; 5) e a ampla possibilidade de industrialização na forma de geleias, sucos, polpas e licores. Ademais a variabilidade de climas e microclimas contribuem com a oferta de frutas em diferentes épocas do ano (Hoffmann; Antunes, 2004).

Na última década, diversos estudos foram executados com variedades de mirtilo com baixa exigência de frio no Brasil e em outros países da América do Sul (Cortés-Rojas *et al.*, 2016; Hernández; Bautista; Juárez, 2017; Jimenes *et al.*, 2018; Medina *et al.*, 2018). Além disso, na última década, foi possível verificar a importância econômica do mirtilo em comparação com outras frutas. Em 2019, ela se tornou a segunda fruta do tipo baga com maior valor, após o morango (USDA-ERS, 2019). No Brasil há muita carência de dados oficiais de produção e rentabilidade de mirtilos, porém, segundo informações do CEASA de Brasília, o quilograma comercializado no Brasil varia de R\$ 40,00 a 65,00 no período de safra do mirtilo importado do Chile. Já no período de entre safra, o preço por quilograma da fruta

ultrapassa R\$ 100,00 o kg. Segundo Watanabe e Oliveira (2014), os valores de comercialização atingiram, nos diferentes CEASAS do Brasil, um preço médio de R\$52,26 por kg, destacando uma excelente oportunidade de produção desta fruta para comercialização *in natura*.

O mirtilo é tradicionalmente uma planta de clima frio. O cultivo no Brasil está restrito aos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, em regiões com 300 a 1200 horas de frio por ano (Medina, 2016). Porém, com o desenvolvimento de novas variedades com baixa exigência em frio, o cultivo do mirtilo tem-se expandido para outras regiões do país com menor ocorrência de frio (Medina, 2016), como é o caso do Distrito Federal.

Para o estudo de culturas temperadas, como mirtilo em regiões de inverno ameno, regiões tropicais ou mesmo semiáridas, recomenda-se o uso de variedades com menor exigência em frio. Dentre as variedades de mirtilo com essas características destaca-se a cultivar “Biloxi” (*Vaccinium corymbosum*), por ser precoce e produtiva com baixa exigência em frio, necessitando de um acúmulo de 150 a 400 unidades de frio para a quebra natural de dormência (Retamales & Hancock, 2012). Trata-se de uma cultivar arbustiva, com alto vigor e produtividade. É a variedade mais importante cultivada no México e no Peru (Retamales & Hancock, 2012; Rodríguez-Gálvez *et al.*, 2020) devido a sua adaptação às condições climáticas desses países.

Além da relevância do fator climático mencionado acima, a prática de poda nos pomares de mirtilo é fundamental para o bom desenvolvimento da cultura (Siefker; Hancock, 1987; Strik; Buller; Hellman, 2003), conforme se pretende demonstrar no presente estudo. Usualmente a poda de inverno é realizada anualmente nos cultivos em regiões de clima temperado. Além disso é comum que uma poda de verão seja realizada visando melhorar a produtividade da safra seguinte (Kovaleski *et al.*, 2015). No entanto a maioria dos estudos

envolvendo tipos e épocas de podas foram realizados em regiões com climas distintos daqueles encontrados em regiões tropicais de cultivo de mirtilo.

O desenvolvimento da cultura do mirtilheiro apresenta muitos aspectos ainda a serem pesquisados, notadamente quanto à necessidade de se desenvolver um sistema de produção eficiente e competitivo, que garanta o ingresso da produção brasileira no mercado mundial, com condições de competir com as frutas oriundas de regiões tradicionais de cultivo. Para tanto, há necessidade de recomendações baseadas em pesquisas geradas com mirtilo cultivar Biloxi, considerando características vegetativas da planta, sua produtividade, características dos frutos (potencial antioxidantes e atributos físico-químicos) de acordo com tipos de tratamentos de podas e suas épocas de realização na região de Brasília-DF.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

- Gerar conhecimentos técnico-científicos que possam contribuir para o desenvolvimento da cultura do mirtilo no Distrito Federal e municípios do Entorno, por meio de análises de atributos referentes à produtividade, aspectos fisiológicos, nutricionais, qualidade dos frutos e manejo de podas.

1.1.2. Objetivos específicos

- Definir o manejo e época de poda mais eficiente para o escalonamento da produção visando colheitas mensais durante todo o ano na região do Distrito Federal;
- Diagnosticar os índices de produtividade bem como a qualidade da produção de mirtilo em função da época de poda;
- Caracterizar a qualidade físico-química dos frutos de mirtilo produzidos no Distrito Federal;

- Quantificar o teor de antioxidantes dos frutos colhidos nos tratamentos testados.

1.2. JUSTIFICATIVA

Entre as frutas cultivadas, o mirtilo ocupa posição de destaque devido ao seu alto nível de antioxidantes, seus diversos benefícios à saúde e seus diversos usos na indústria (Brazelton; Strik, 2007; Cravino *et al.*, 2023; Reque *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2023; Yarborough, 1996). A planta do mirtilo, originária de regiões europeias e norte-americanas, é uma cultura que está recebendo um notável aumento em sua importância tanto na agricultura quanto na economia global nos últimos anos, devido ao crescente consumo em todo o mundo (International Blueberry Organization, 2023; Wu; Guan, 2021; Yeh *et al.*, 2023).

O mirtilo é considerado o “Rei dos Antioxidantes” e uma das frutas mais completas disponíveis para o consumo devido à sua diversidade de componentes nutritivos (Li *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2023; Rashidinejad, 2020). A importância da cultura do mirtilo sobrepõe os aspectos nutricionais e funcionais, destacando-se pelo seu alto valor agregado, sua viabilidade econômica para produtores rurais, sua contribuição para a movimentação da economia local por meio da geração de empregos e seu possível uso como um instrumento para o desenvolvimento rural (Brackmann *et al.*, 2010; Diktaş-Bulut; Bozlar; Daşdemir, 2021).

Apesar da maioria das cultivares comerciais de mirtilo terem alta exigência de frio (Cantuarias-Avilés *et al.*, 2014) o desenvolvimento de novas variedades com baixa exigência em frio tem possibilitado a expansão do cultivo do mirtilo para outras regiões do país com menor ocorrência de baixas temperaturas (Medina, 2016). Ainda não há resultados de pesquisas no Distrito Federal, que possam contribuir para o desenvolvimento de um sistema de produção de Mirtilo CV. Biloxi no Distrito Federal e municípios do Entorno.

1.3. HIPÓTESES

- A época de poda da planta do mirtilo influenciará no desempenho agrônômico da planta e na época de produção;
- Os diferentes tipos de poda influenciam no desenvolvimento vegetativo e produtivo da planta do mirtilo;
- Os diferentes tipos e épocas de poda influenciam na qualidade físico-química dos frutos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O mirtilo é uma cultura que teve sua domesticação iniciada no ano de 1906 por Frederick Vernon Coville (Coville, 1910; Mainland, 2012). As cultivares de mirtilo predominantes em cultivos podem ser divididas em três grupos, *highbush*, *rabbiteye* e *lowbush* (Retamales; Hancock, 2012).



Figura 1. Comparação dos três principais grupos de mirtilo cultivados no mundo

Fonte: UCDAVIS – Western Institute for Food Safety and Security

As espécies de mirtilo highbush são divididas em dois grupos: Southern highbush (Gigante do Sul) e Northern highbush (Gigante do Norte) dependendo de sua necessidade de frio e sua resistência ao inverno (Lee *et al.*, 2015).

Para a pesquisa de culturas de clima temperado em regiões mais quentes, é aconselhável optar por variedades com menor necessidade de frio. Uma cultivar que se destaca nessas características é a "Biloxi" (*Vaccinium corymbosum*), conhecida por sua precocidade e produtividade, além de apresentar baixa exigência de frio, necessitando de um acúmulo de 150 a 400 unidades de frio para a quebra natural de dormência (Retamales; Hancock, 2012). Cada unidade de frio é acumulada quando a planta é submetida a uma temperatura abaixo de 7,2 °C durante um período de uma hora (Spiers, 1976). Trata-se de uma variedade arbustiva cultivada com notável robustez e eficiência produtiva. Essa cultivar destaca-se como a mais significativa nas plantações do México e do Peru (Retamales; Hancock, 2012; Rodríguez-Gálvez *et al.*, 2020).

Nas tabelas a seguir são apresentados dados climáticos (temperatura) das regiões produtoras de mirtilo, Colima (México) e Lambayeque (Peru) da cultivar Biloxi em comparação com as condições climáticas (temperatura) no Distrito Federal. Com isso, é possível observar a semelhança no comportamento dessa variável climática, tão determinante para o cultivo do mirtilo nas três regiões, evidenciando o potencial de cultivo de mirtilo da cultivar "Biloxi" nas condições de Brasília.

Tabela 1. Temperatura máxima média (°C); Temperatura média (°C); Temperatura mínima média (°C) das regiões de Colima (México); Lambayeque (Peru) e Brasília (Brasil) respectivamente em mesma série histórica

Colima (México)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura máxima média (°C)	32,2	32,2	32,2	32,6	33,4	33,9	34	34,1	33,5	34	33,8	32,9
Temperatura média (°C)	24,3	24,1	24,2	25,0	26,7	28,5	28,7	28,6	28,2	28,2	26,9	25,4
Temperatura mínima média (°C)	16,5	16	16,2	17,4	20	23,1	23,3	23,1	23	22,4	20,1	17,8

Fonte: SMN (normal climatológica de 1951-2010)

Lambayeque (Peru)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Temperatura máxima média (°C)	28,3	29,6	29,4	27,9	25,6	23,9	23,0	22,7	23,0	23,7	24,7	26,4
Temperatura média (°C)	20,3	21,6	21,3	20,0	18,3	17,2	16,3	16,0	16,1	16,5	17,1	18,5
Temperatura mínima média (°C)	23,7	25,1	24,8	23,3	21,4	20,2	19,4	18,9	19,0	19,5	20,4	22,0

Fonte: SENAMHI (normal climatológica de 1981-2010)

Brasília (Brasil)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura máxima média (°C)	26,5	27	26,7	26,6	25,9	25	25,3	26,9	28,4	28,2	26,7	26,3
Temperatura média (°C)	21,6	21,7	21,6	21,3	20,2	19	19	20,6	22,2	22,4	21,5	21,4
Temperatura mínima média (°C)	18,1	18	18,1	17,5	15,6	13,9	13,7	15,2	17,2	18,1	18	18,1

Fonte: INMET (normal climatológica de 1981-2010)

Entretanto, tratando-se de uma cultura fora de sua zona edafoclimática de conforto, para cultivos comerciais são necessário estudos quanto aos tratos agrônômicos para essa cultura, quanto à poda, polinização, irrigação, controle de pragas e doenças, além do manejo da adubação.

2.1. ORIGEM E DOMESTICAÇÃO

Os mirtilos, pertencentes ao gênero *Vaccinium*, são frutas amplamente consumidas, conhecidas por seu sabor doce e potenciais benefícios à saúde (Gilbert *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2022). O uso histórico de mirtilos pelos nativos americanos foi bem documentado, com evidências de seu consumo datado no período após o recuo das geleiras há mais de 10.000 anos (Yarborough, 2023). Há milhares de anos, povos europeus do século XVI, bem como os povos nativos da América do Norte, utilizavam os frutos comestíveis do gênero *Vaccinium* como alimento, remédio e corante, e acreditavam que a fruta tinha significado espiritual e cerimonial (Coba Santamaría *et al.*, 2012; Kalt; Dufour, 1997; Moerman, 1998; Morazzoni e Magistretti, 1990).

O início do cultivo comercial de mirtilos começou no início do século 20, com a domesticação da cultura do mirtilo (*Vaccinium corymbosum*) por Elizabeth White e Frederick Coville em Nova Jersey (Ehlenfeldt, 2008). White e Coville reconheceram o potencial dos mirtilos silvestres cultivados em Pine Barrens de Nova Jersey, floresta costeira atlântica remanescente de coníferas, localizada no Estado de Nova Jersey, Estados Unidos da América. Eles trabalharam para desenvolver variedades cultivadas que fossem mais adequadas à produção comercial (Vander Kloet, 1988). Os esforços e dedicação no estudo e desenvolvimento de novas variedades domesticadas de mirtilo do grupo highbush foram essenciais para indústria de mirtilo atual ter se desenvolvido e chegado ao patamar de hoje, bem como para alcançar as inúmeras variedades de mirtilos do grupo *highbush* que foram desenvolvidas e que ainda são cultivadas hoje (Hancock *et al.*, 2008; Mainland, 2012; Retamales; Hancock, 2012).

Atualmente, os mirtilos são cultivados em muitos países ao redor do mundo, incluindo Estados Unidos, Canadá, Chile, Argentina, Austrália e mais recentemente no Peru (Fang *et al.*, 2020; Finn *et al.*, 2012; Kramer, 2020). O desenvolvimento de novas variedades de mirtilo continua sendo uma área ativa de pesquisa, com o objetivo de produzir plantas mais resistentes a doenças, mais produtivas e mais adaptadas a diferentes condições de cultivo. Ressalte-se como fatores de interesse e valorização do mirtilo, entre outros, os altos níveis de antocianinas, flavonoides e outros fitoquímicos presentes nos frutos, associados à redução do risco de doenças crônicas, como câncer, diabetes e doenças cardiovasculares (Cassidy *et al.*, 2013; Jennings *et al.*, 2012; Vendrame; Adekeye; Klimis-Zacas, 2022).

Em conclusão, os mirtilos têm uma história rica que remonta a milhares de anos e sua domesticação e cultivo levaram ao desenvolvimento de inúmeras variedades que são, conforme se constata na enorme e crescente popularidade e utilização, cada vez mais apreciadas por milhões de pessoas em todo o mundo. As contribuições de indivíduos

importantes como Elizabeth White, Frederick Coville e George Darrow foram fundamentais para moldar a história dos mirtilos.

2.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A produção mundial de mirtilos, liderada por Estados Unidos, Canadá, Chile, Polônia e Alemanha, tem aumentado significativamente nos últimos anos. Entre os anos de 1998 e 2014, essa produção passou de cerca de 143,7 mil toneladas para 540 mil toneladas (FAO, 2016), impulsionada pela crescente procura de alimentos com alto valor nutracêutico, especialmente do Hemisfério Norte, representando um aumento de 276% da produção em 16 anos.

Para Brazelton (2011), esse aumento de produção tem ocorrido devido ao aprimoramento das técnicas de produção, como também ao surgimento de novas regiões que produzem essa fruta e a disponibilização de novas cultivares de menor exigência em frio hibernal, com grande potencial produtivo e melhor qualidade de frutos, com a consequente ampliação da área de cultivo e oferta da fruta a futuros consumidores.

Além de principais produtores mundiais, os Estados Unidos e Canadá são também os maiores consumidores, mas suas produções não suprem a demanda interna. Desta forma, para ofertar fruta fresca no mercado durante o ano todo é necessário importá-la no período de entressafra, surgindo uma atrativa oportunidade de negócio, principalmente para os países da América do Sul (Fachinello, 2008; Antunes; Madail, 2007).

No ano de 2013, os Estados Unidos da América importaram 103.502 toneladas de mirtilo, que somadas às importações canadenses, ultrapassam 123 mil toneladas de fruta. Neste mesmo ano, a Europa importou, principalmente via Holanda, 33.038 toneladas (FAO, 2023). A colheita de mirtilo nos países do Hemisfério Norte se inicia em maio e finaliza em outubro, enquanto nos países do Hemisfério Sul isto se dá entre outubro e abril, na entressafra

do Hemisfério Norte (Retamales; Hancock, 2012). Esta situação comercial beneficia o mercado de exportação/importação, no qual os países importadores pagam altos preços, em especial pela fruta fresca (Borda; Bendejú; Franco, 2018).

Outros países como México, Peru, Colômbia, África do Sul e Brasil têm introduzido, nos últimos anos, plantios de mirtilo, com o objetivo de exportar a fruta ao Hemisfério Norte, visando principalmente os mercados europeus (Brazelton, 2013; Villata, 2012). No Brasil os primeiros experimentos com cultivo do mirtilo datam de 1983, e foram realizados pela Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS). Foram introduzidas cultivares com baixa exigência ao frio como as do grupo Rabbiteye, oriunda da Universidade da Flórida (Estados Unidos), sendo o plantio comercial iniciado em 1990 na cidade de Vacaria (RS) (Raseira; Antunes, 2004).

Hoje, estima-se que no Brasil sejam cultivados aproximadamente 400 ha de mirtilheiro, centralizado principalmente nos estados do Rio Grande de Sul, Santa Catarina e Paraná, com algumas áreas também em São Paulo e Minas Gerais (Cantuarias-Avilés, *et al.*, 2014). O principal destino do mirtilo produzido no Brasil é a agroindústria, com 40% a 60% da fruta colhida vendida congelada para a indústria de sucos e geleias. A produção brasileira de mirtilos é escassa para abastecer as indústrias processadoras brasileiras e o Chile é responsável por abastecer 90% do volume dessa procura pela fruta do nosso país (Núñez; Rey, 2009), fato este que evidencia um enorme potencial de expansão da produção nacional. De acordo com Cantuarias-Avilés (2010) o Brasil conta com importantes benefícios para a exportação de frescos, por estar mais perto dos mercados europeus, produzindo em solos naturalmente ácidos, pertinentes ao desenvolvimento da cultura e pela disponibilidade de água.

2.3. VARIEDADE BILOXI

É uma variedade pertencente ao grupo Southern highbush que foi desenvolvida originalmente no Mississippi, EUA, em 1986, para uso no sudeste do país. Atualmente, tornou-se a principal variedade para uso em regiões de baixa exigência em frio como no México Central e no Peru (Hancock *et al.*, 2008). É uma variedade com estrutura arbórea que requer menos de 150 horas de frio (Spiers *et al.*, 2002). Além disso é uma planta que apresenta a característica de poder ser cultivada em sistema *evergreen* (sempre verde), no qual a planta permanece com as suas folhas durante o ano inteiro sem entrar em dormência (Retamales; Hancock, 2012).



Figura 2. Plantas de mirtilo CV ‘Biloxi’ cultivadas em vasos de 60 L.

Fonte: Do autor (2021)

A variedade ‘Biloxi’ é extremamente vigorosa e produz bons rendimentos mesmo cultivado em ambiente, sem outras variedades, desde que existam abelhas suficientes para garantir uma boa polinização (Nagasaka; Yamane; Tao, 2020; Spiers *et al.*, 2002). Os frutos

dessa variedade são caracterizados por serem de amadurecimento precoce, tamanho médio, cor azul claro, boa firmeza e sabor doce (Spiers *et al.*, 2002).



Figura 3. Comparação da cultivar ‘Biloxi’ com outras duas cultivares de mirtilo SHB de baixa exigência de horas de frio (‘Emerald’ e ‘Ventura’)

Fonte: Autor (2022) e Fall Creek (2023)

2.4. PRODUÇÃO DE MIRTILO EM SUBSTRATO

Para Pritts *et al.* (1992), um dos motivos mais críticos para a produção de mirtilo, com sucesso, são as características do solo. As raízes dos mirtilos são estruturas finas e fibrosas, logo, não conseguem adentrar em solos compactos, não toleram condições de encharcamento ou seca excessivos, e possuem capacidade restrita de absorver nutrientes do solo. Os mirtilos estão adaptados a solos com pH baixo, húmidos, bem drenados, com textura arenosa e um teor de matéria orgânica elevado (Black; Zimmerman, 2006; Iancu *et al.*, 2008; Tasa *et al.*, 2012). Estas necessidades limitam o número de locais adequados para produção comercial (Pritts; Hancock, 1992). Uma das formas de produzir mirtilos, em solos que não tenham estas características, é usando vasos com substrato (Black; Zimmerman, 2006). A cultura em vasos permite, também, ampliar as possibilidades de manipular o período de colheita (Heiberg; Lunde, 2006).

Além disso, vários materiais que devem ser economicamente viáveis, podem ser usados na formulação dos substratos. E muitas vezes feita uma mistura de materiais orgânicos como turfa com pH baixo, serradura ou aparas de coníferas (Ochmian; Grajkowski; Skupien, 2010), casca de pinheiro moída (Krewer *et al.*, 2002), composto à base de folhas e turfa à base de cinzas de carvão (Black; Zimmerman, 2006). Um estudo realizado para comparar os resultados da cultivar Patriot em três substratos (casca de cacau, serradura e turfa), constatou maior crescimento vegetativo de plantas que cresceram em turfa, porém, o rendimento foi maior em serradura, produzindo mirtilos mais ricos em N, P, K, Zn, açúcares totais e açúcares sólidos solúveis, apesar de ter sido analisada a perda de calibre mais acentuada ao longo da colheita, e menores concentrações de antocianinas e fenóis totais, quando associados com mirtilos produzidos em casca de cacau e turfa (Ochmian; Grajkowski; Skupien, 2010).

Segundo estudos realizados por Black e Zimmerman (2006), o crescimento e produção, das cultivares 'Bluecrop' e 'Sierra', em vasos de 15 litros, ao longo dos três primeiros ciclos, foi melhor que em plantas que cresceram num solo típico de mirtilo. Para Matos, (2014) um bom substrato para mirtilo deve apresentar uma boa porosidade, um pH ligeiramente ácido, uma capacidade de reter água e os nutrientes essenciais em todo o ciclo de vida das plantas, bem como permitir uma boa drenagem. Brito e Mourão (2012) relatam que o desenvolvimento de um sistema radicular saudável depende das características genéricas das plantas, mas também das propriedades físicas e químicas dos substratos utilizados. Para cada espécie e tipo de recipiente é necessário encontrar o substrato ótimo para garantir a qualidade adequada ao desenvolvimento das plantas.

2.5. PODA NA CULTURA DO MIRTILO

A poda é uma prática essencial na cultura do mirtilo desde a sua domesticação (Coville, 1921). Nas plantas de mirtilo cultivadas em regiões de clima temperado com inverno intenso,

quando ocorre o processo de dormência nas plantas, a poda é uma prática fundamental para formar a planta nos seus primeiros anos de cultivo (Strik; Buller; Hellman, 2003; Williamson; Davies; Lyrene, 2004), além de proporcionar um melhor equilíbrio entre ramos novos e ramos mais antigos em plantas adultas cultivadas no solo com o objetivo de eliminar os ramos com mais de 6 anos (Siefker; Hancock, 1986). De maneira geral a poda é realizada anualmente no período do inverno, período em que a planta está em dormência (Bañados; Donnay; Uribe, 2008; Palma *et al.*, 2023; Siefker; Hancock, 1987; Strik; Buller; Hellman, 2003).

A poda gera efeito na qualidade dos frutos além de contribuir para a redução de problemas fitossanitários na cultura (Hancock; Draper, 1989), contribui também, para reduzir o volume de agrotóxicos aplicados na cultura. Além disso, influencia diretamente na produção de frutos por planta e é essencial para a sustentabilidade econômica do pomar ao longo prazo, pois as plantas não podadas ou mal podadas acarretam menor tamanho de fruto, menor eficiência de colheita e menor produção de ramos novos (Siefker; Hancock, 1987; Strik; Buller; Hellman, 2003).

Nas plantas de mirtilo SHB cultivadas em clima tropical, a poda também é importante pois é ela que determinará o início e o término de um ciclo de cultivo, pois neste caso a planta não entra em dormência invernal (Fang *et al.*, 2020). Logo, manejo da poda em sistema *evergreen* difere do manejo da poda em regiões onde a planta entra em dormência.

2.6. ASPECTOS NUTRICIONAIS DA FRUTA DO MIRTILEIRO

Ricos em antioxidantes: Os mirtilos são conhecidos por serem uma excelente fonte de antioxidantes, como antocianinas, flavonoides e polifenóis (Goldmeyer *et al.*, 2014). Esses compostos ajudam a combater o estresse oxidativo no corpo reduzindo o risco de doenças crônicas. O mirtilo é uma das frutas que possui maiores níveis de antioxidantes, sendo reconhecido atualmente como o “Rei dos Antioxidantes”.

Vitaminas e minerais: Os mirtilos contêm vitaminas como a vitamina C, que é importante para a saúde imunológica e a produção de colágeno (Duan et al., 2022; Shivembe; Ojinnaka, 2017), e a vitamina K, essencial para a coagulação sanguínea (Cranenburg; Schurgers; Vermeer, 2007; DePhillipo *et al.*, 2018). Além disso, são ricos em minerais como manganês, que desempenha um papel crucial no metabolismo e na saúde dos ossos (Drózdź; Šežienė; Pyrzyńska, 2017; Rondanelli et al., 2021).

Fibras: As fibras presentes nos mirtilos auxiliam na saúde digestiva, promovendo a regularidade intestinal, ajudando no controle dos níveis de glicose no sangue contribuindo para manter a sensação de saciedade (Mello; Laaksonen, 2009).

Baixo em calorias e gorduras: Os mirtilos são uma opção de alimento saudável, pois são relativamente baixos em calorias e gorduras (Duan *et al.*, 2022). Sendo uma boa opção de fruta a ser inserida na dieta visando o controle e a redução de peso corporal (Higuera-Hernández *et al.*, 2019).

Benefícios para a saúde vascular: Diversos estudos sugerem que o consumo regular de mirtilos pode estar associado a benefícios para a saúde cardiovascular (Liu et al., 2015). Os antioxidantes presentes nesses frutos podem ajudar a reduzir a pressão arterial e melhorar os níveis de colesterol. As fibras presentes nos mirtilos podem ajudar a reduzir os níveis de colesterol LDL (Basu; Lyons, 2012; Istek; Gurbuz, 2017), contribuindo para a prevenção de doenças cardíacas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **J Vasc Br**, v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.
- ANTUNES, L. E. C.; MADAIL, J. C. M. **Mirtilo**: uma oportunidade de negócios. [s.l.]: Embrapa Clima Temperado, 2007.
- BAÑADOS, P.; DONNAY, D.; URIBE, P. The effect of summer pruning date in 'star', 'o'neal'and'elliott'. *Acta Horticulture*, v. 810, p. 501-508, 2008.
- BASU, A.; LYONS, T. J. Strawberries, blueberries, and cranberries in the metabolic syndrome: clinical perspectives. **J Agric Food Chem.**, v. 60, n. 23, p. 5687-5692, 2012.
- BLACK, B. L.; Zimmerman, R. H. Industrial and municipal by products as substrates to highbush blueberry production. **Acta Horticulturae**, v. 574, p. 267-272, 2006.
- BORDA, R. C.; BENDEZÚ, C. G.; FRANCO, V. R. Opportunities for the Peruvian blueberry due to the seasonality of imports from the United States, 2014-2018. **Journal of Global Management Sciences**, v. 1, n. 1, p. 15–21, 2018.
- BRACKMANN, A. *et al.* Armazenamento de mirtilo'Bluegem'em atmosfera controlada e refrigerada com absorção e inibição do etileno. **Revista Ceres**, v. 57, p. 6–11, 2010.
- BRAZELTON, C. **World blueberry acreage & production**. Folsom, U.S: Highbush Blueberry Council, 2013.
- BRAZELTON, C. **World blueberry acreage & production**. Folsom: U.S. Highbush Blueberry Council, 2011.
- BRAZELTON, C. **World blueberry acreage & production**. Folsom: U.S. Highbush Blueberry Council, 2015.
- BRAZELTON, D.; STRIK, B. C. Perspective on the US and global blueberry industry. **Journal-American Pomological Society**, v. 61, n. 3, p. 144, 2007.
- BRITO, L.; MOURÃO, I. Características dos substratos para horticultura. **Agrotec**, v. 2, p. 32- 38, 2012.
- BUNEA, A. *et al.* Comparative Polyphenolic Content and Antioxidant Activities of Some Wild and Cultivated Blueberries from Romania. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, v. 39, n. 2, p. 70-76, 2011.
- CANTUARIAS-AVILÉS, T. **Cultivo do mirtilheiro (Vaccinium sp.)**. Piracicaba: ESALQ, 2010.

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.

COBA SANTAMARÍA, P. *et al.* Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional. 2012.

CORTÉS-ROJAS, M. E. *et al.* Rendimiento y calidad de frutos de los cultivares de arándano Biloxi y Sharpblue en Guasca, Colombia. **Agronomía Colombiana**, v. 34, n. 1, p. 33–41, 2016.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 2006.

COVILLE, F. V. Directions for blueberry culture. **US Department of Agriculture**, Bulletin, n. 974, 1921.

COVILLE, F. V. Experiments in blueberry culture. **U.S. Dept. of Agriculture, Bureau of Plant Industry**, Bulletin. p. 1–89, 1910.

CRANENBURG, E. C.; SCHURGERS, L. J.; VERMEER, C. Vitamin k: the coagulation vitamin that became omnipotent. **Thromb Haemost**, v.98, n. 1, p. 120-125, 2007.

CRAVINO, J. A. *et al.* Extracting antioxidants from blueberries. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, v. 46, n. 11–15, p. 225–237, 3 jul. 2023.

DEPHILLIPO, N. N. *et al.* Efficacy of Vitamin C Supplementation on Collagen Synthesis and Oxidative Stress After Musculoskeletal Injuries: A Systematic Review. **Orthop J Sports Med.**, v. 6, n. 10, 2018.

DIKTAŞ-BULUT, N.; BOZLAR, T.; DAŞDEMİR, İ. The Economic Analysis of Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Cultivation in Eastern Black Sea Region of Turkey. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 5, 2021.

DRÓZDŹ, P.; ŠĚŽIENĚ, V.; PYRZYNSKA, K. Phytochemical Properties and Antioxidant Activities of Extracts from Wild Blueberries and Lingonberries. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 72, n. 4, p. 360–364, 2017.

DUAN, Y. *et al.* Blueberry fruit valorization and valuable constituents: A review. **International Journal of Food Microbiology**, p. 109890, 2022.

EHLENFELDT, M. K. Domestication of the highbush blueberry at Whitesbog, New Jersey, 1911–1916I. **Acta Hort.** v. 810, p. 147-152, 2008.

FACHINELLO, J. C. Mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 30, n. 2, p. 258-288, 2008.

FALL CREEK. **Farm & Nursery**. 2023. Disponível em: <https://www.fallcreeknursery.com/commercial-fruitgrowers/varieties/biloxi>. Acesso em: 02 nov. 2023.

FANG, Y. *et al.* A review for southern highbush blueberry alternative production systems. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1531, 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**: production crops. 2016.

FINN, C. E. *et al.* Welcome to the party! Blueberry breeding mixes private and public with traditional and molecular to create a vibrant new cocktail. **Acta Horticulture**, v. 1017, p. 51-62, 2012.

GILBERT, J. L. *et al.* Consumer-assisted Selection of Blueberry Fruit Quality Traits. **Hortscience**. v. 49, n. 7, p. 864-873, 2014.

GOLDMEYER B. *et al.* Características físico-químicas e propriedades funcionais tecnológicas do bagaço de mirtilo fermentado e suas farinhas. **Rev Bras Frutic**, v. 36, n. 4, p. 980-987, 2014.

HANCOCK, J. F. *et al.* Blueberries and cranberries. **Temperate fruit crop breeding: Germplasm to genomics**, p. 115–150, 2008.

HANCOCK, J. F.; DRAPER, A. D. Blueberry culture in North America. **HortScience**, v. 24, n. 4, p. 551–556, 1989.

HEIBERG, N.; LUNDE, R. Effect of growth media on highbush blueberries grown in pots. **Acta Horticulturae**, v. 715, p. 219-223, 2006.

HERNÁNDEZ, I. H.; BAUTISTA, P. B.; JUÁREZ, N. A. Evaluación de calidad del fruto de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) var. Biloxi, en dos regiones del estado de Oaxaca. **Universidad&Ciencia**, v. 6, p. 256–273, 2017.

HIGUERA-HERNÁNDEZ, M. F. *et al.* Blueberry intake included in hypocaloric diet decreases weight, glucose, cholesterol, triglycerides and adenosine levels in obese subjects. **Journal of functional foods**, v. 60, p. 103409, 2019.

HOFFMANN, A.; ANTUNES, L. E. C. Embrapa Uva e Vinho. **Cultivar**, v.5, n. 27, ago./set. 2004.

IANCU, M. *et al.* Influence of planting substrate on blueberry growth and yield. **Bulletin UASVM, Horticulture**, v. 65, n. 1, p. 308-313, 2008.

IBO. International Blueberry Organization. **Global state of the blueberry industry report**. 2023. Disponível em: <https://www.internationalblueberry.org/2023-report/>. Acesso em: 21 out. 2023.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normas climatológicas do Brasil. 1981-2010.

ISTEK N., GURBUZ O. Investigation of the Impact of Blueberries on Metabolic Factors Influencing Health. *J. Funct. Foods*, v. 38, p. 298–307, 2017.

JIMENES, I. M. *et al.* Fruit quality attributes of low chilling requirement ‘Snowchaser’ blueberry cultivated in Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 40, n. 1, 2018.

KALT, W.; DUFOUR, D. Health functionality of blueberries. *HortTechnology*, v. 7, n. 3, p. 216–221, 1997.

KOVALESKI, A. P. *et al.* 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.

KRAMER, J. Fresh blueberry supplies expand as US consumers develop a taste for year-round blueberries. *Amber Waves: The Economics of Food, Farming, Natural Resources, and Rural America*, v. 2020, n. 1490-2020–1809, 2020.

KREWER, G. *et al.* Performance of low cost organic materials as blueberry substrates and soil amendments. *Acta Horticulturae*, v. 574, p. 273-279, 2002.

LEE, S. G. *et al.* Effects of summer pruning combined with winter pruning on bush growth, yields, and fruit quality of ‘Misty’ southern highbush blueberry for two years after planting. *Horticulture Environment and Biotechnology*, v. 56, n. 6, p. 740–748, 2015.

LI, S. *et al.* Fermentation of blueberry juices using autochthonous lactic acid bacteria isolated from fruit environment: Fermentation characteristics and evolution of phenolic profiles. *Chemosphere*, v. 276, p. 130090, 2021.

LIU, J. *et al.* Analysis of sucrose addition on the physicochemical properties of blueberry wine in the main fermentation. *Frontiers in Nutrition*, v. 9, 2023.

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, jan. 2012.

MATOS, M. *Mirtilo em vaso tem potencial. Frutas, Legumes e Flores*, Miner, J.A. (1994) *Sustratos – propriedades e caracterizacion*. [s.l.]: Ediciones Mundi-Prensa, 2014. 19-71 p.

MEDINA, R. B. **Desempenho de novas cultivares de mirtilheiro de baixa exigência em frio em região subtropical**. 2016. Dissertação (Mestre em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2016.

MEDINA, R. B. *et al.* Performance of “Emerald” and “Jewel” blueberry cultivars under no-chill incidence. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 48, n. 2, p. 147–152, 2018.

MELLO, V. D.; LAAKSONEN, D. E. Fibras na dieta: tendências atuais e benefícios à saúde na síndrome metabólica e no diabetes melito tipo 2. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, São Paulo, v.53, n.5. p. 509- 518, 2009.

MOERMAN, D. E. **Native american ethnobotany**. Portland, Oregon: Timber press, 1998.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutraceuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 32, n. 2, p. 109-122, 2006.

MORAIS, J. O. *et al.* Estudo do mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) no processamento de produtos alimentícios. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 18-22, 2007.

MORAZZONI, P.; MAGISTRETTI, M. J. Activity of Myrtocyan, an anthocyanoside complex from *Vaccinium myrtillus* (VMA), on platelet aggregation and adhesiveness. **Fitoterapia**, v. 61, n. 1, p. 13–21, 1990.

NAGASAKA, K.; TAO, R.; YAMANE, H. Evaluation of the effects of pollination on fruit size and quality of highbush. **Acta Horticulturae**, v. 1312, p. 25-30, 2020.

NÚÑEZ, E. E.; REY, V. P. M. **Viabilidade econômica da produção de mirtilo**. 2009. Trabalho de conclusão (MBA em Agronegócios) – Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Agronegócio, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

OCHMIAN, I.; GRAJKOWSKI, J.; SKUPIEN, K. Effect of substrate type on the field performance and chemical composition of highbush blueberry cv. Patriot. **Agricultural and Food Science**, v. 19, p. 69-80, 2010.

PALMA, M. J. *et al.* Relationship between cane age and vegetative and reproductive traits of northern highbush blueberry in Chile and United States. **Scientia Horticulturae**, v. 310, p. 111775, 2023.

PRITTS, M. *et al.* J. Highbush blueberry production guide. Ithaca, New York: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1992.

QUEIROGA, V. P. *et al.* Mirtilo (*Vaccinium* spp.): **Tecnologias de plantio em típicas regiões serranas**. Campina Grande: AREPB, 2021.

RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L. E. C. **Solos e adubação para o mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004.

RASHIDINEJAD, A. Chapter 29 - Blueberries. *In*: JAISWAL, A. K. (Ed.). **Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables**. [s.l.] Academic Press, 2020. p. 467–482.

RETAMALES, J. F.; HANCOCK, J. B. **Blueberries: Crop Production Science in Horticulture**. CABI Publ. Co Oxfordshire, UK, 2012.

RODRÍGUEZ-GÁLVEZ, E. *et al.* Diversity and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neopestalotiopsis* species associated with stem blight and dieback of blueberry plants in Peru. **Eur J Pathol**, v. 157, p. 89-102, 2020.

RONDANELLI, M. *et al.* Berberine Phospholipid Is an Effective Insulin Sensitizer and Improves Metabolic and Hormonal Disorders in Women with Polycystic Ovary Syndrome: A One-Group Pretest–Post-Test Explanatory Study. **Nutrients**, v. 13, n. 10, 2021.

REQUE, P. *et al.* Characterization of blueberry fruits (*vaccinium* spp.) and derived products. **Food Science and Tecnology**, v. 34, n. 4, 9. 773-779, 2014.

RUFINO, M. S. M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais Brasileiras não tradicionais**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2008.

SANTOS, A. M. Situação e perspectivas do mirtilo no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2., E ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 1. **Anais [...]** p. 282-285. 2004.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Normales climatológicas. México. 1951-2010.

SERVIÇO NACIONAL DE METEORIOLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERÚ. Normas climáticas. 1981-2010.

SHIVEMBE, A.; OJINNAKA, D. Determination of vitamin C and total phenolic in fresh and freeze dried blueberries and the antioxidant capacity of their extracts. **Integrative Food Nutrition and Metabolism**, v. 4, n. 6, 2017.

SIEFKER, J. A.; HANCOCK, J. F. Pruning effects on productivity and vegetative growth in the highbush blueberry. **HortScience**, v. 22, n. 2, p. 210–211, 1987.

SIEFKER, J. H.; HANCOCK, J. F. Yield Component Interactions in Cultivars of the Highbush Blueberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 111, n. 4, p. 606–608, 1986.

SPIERS, J. M. Chilling regimes affect bud break in ‘tifblue’ rabbiteye blueberry. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 101, n. 1, p. 88-90, 1976.

SPIERS, J. M. *et al.* ‘Biloxi’ southern highbush blueberry. **Proceedings of the Seventh International Symposium on Vaccinium Culture**, n. 574, p. 153–155, 2002.

STRIK, B. C.; BRYLA, D. R. Uptake and Partitioning of Nutrients in Blackberry and Raspberry and Evaluating Plant Nutrient Status for Accurate Assessment of Fertilizer Requirements. **Research Article**, v. 25, n. 4, 2015.

STRIK, B.; BULLER, G.; HELLMAN, Esward. Pruning severity affects yield, berry weight, and hand harvest efficiency of highbush blueberry. **HortScience**, v. 38, n. 2, p. 196–199, 2003.

TASA, T. *et al.* Influence of soil type on halhighbush blueberry productivity. **Agricultural and Food Science**, v. 21, p. 409-420, 2012.

USDA-ERS. **Fruit and Tree Nut Yearbook Tables**. Economic Research Service, Annual report fy 2019.

VANDER KLOET, S. P. **The genus Vaccinium in North America**. Canadá: Agriculture Canada, 1988.

VILLATA, M. Trends in world blueberry production. **Growing produce**, 2012.

WANG, H. et al. Comparison of phytochemical profiles, antioxidant and cellular antioxidant activities of different varieties of blueberry (*Vaccinium* spp.). **Food Chemistry**, v. 217, n. 15, p. 773-781, 2017.

WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 36, n. 1, p. 23-38, 2014.

WILLIAMSON, J. G.; DAVIES, F. S.; LYRENE, P. M. **Pruning blueberry plants in Florida**. [s.l.] University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and, 2004. v. 1.

WU, F.; GUAN, Z. An Overview of the Mexican Blueberry Industry: FE1106, 12/2021. **EDIS**, v. 2021, n. 6, 2021.

WU, Y. et al. Known and potential health benefits and mechanisms of blueberry anthocyanins: A review. **Food Bioscience**, v. 55, p. 103050, 2023.

YANG, W. *et al.* Structure and function of blueberry anthocyanins: A review of recent advances. **Journal of Functional Foods**, v. 88, p. 104864, 2022.

YARBOROUGH, D. E. Production trends in the wild blueberry industry in North America. **Acta Horticulture**, v. 446, p. 33-36, 1996.

YARBOROUGH, D. E. The wild blueberry industry in North America. **Acta Horticulture**, v. 1357, p. 329-334, 2023.

YEH, D. A.; KRAMER, J.; CALVIN, L.; WEBER, C. The Changing Landscape of US Strawberry and Blueberry Markets: Production, Trade, and Challenges from 2000 to 2020. **ERS Bulletin**, v. 257, 2023.

ZHENG, W.; WANG, S. Y. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. **J Agric Food Chem**, v. 51, n. 2, p. 502-509, 2003.

CAPÍTULO 1: DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MIRTILEIRO SUBMETIDO A DOIS TIPOS DE PODAS EM QUATRO ÉPOCAS DISTINTAS

RESUMO

A produção mundial de mirtilo mais que quadruplicou entre os anos de 2010 e 2022. Um fator que proporcionou esse crescimento na produção mundial foi o advento de novas cultivares que são capazes de produzir em regiões de clima tropical com pouca ou nenhuma exigência de horas de frio. Portanto, este experimento teve o propósito de avaliar o desempenho da variedade de mirtilo CV 'Biloxi' em função dos diferentes tipos e épocas de poda na região do Distrito Federal. O experimento foi conduzido em campo aberto em Delineamento em Blocos Casualizados com 3 repetições por tratamento, 10 plantas por parcela, totalizando 240 plantas úteis. As plantas foram cultivadas em vasos de 60 L em sistema de fertirrigação e foram submetidas a dois tipos de poda (poda drástica e poda com ramo pulmão) nas 4 estações climáticas do ano. Foram realizadas análises de crescimento vegetativo, produtividade, número de frutos por planta, massa média dos frutos e diâmetro transversal e longitudinal. Verificou-se que é possível cultivar mirtilo 'Biloxi' no Distrito Federal em condições de clima tropical sem a ocorrência de temperaturas abaixo de 7,2 °C durante as quatro estações climáticas do ano. Maiores produtividades foram encontradas quando a poda foi realizada no inverno e na primavera. Além disso, verificou-se que a poda drástica gerou maior produtividade na poda de inverno quando comparada com a poda pulmão. As podas realizadas no verão e no outono diminuíram a produtividade das plantas, porém são uma alternativa para aumentar a janela de produção da cultura no país.

Palavras- chaves: Mirtilo, Manejo, Produtividade, Fruticultura Tropical.

ABSTRACT

The worldwide blueberry production more than quadrupled between the years 2010 and 2022. One factor that contributed to this growth in global production was the advent of new cultivars capable of thriving in tropical regions with little to no chilling hour requirements. Therefore, this experiment aimed to assess the performance of the 'Biloxi' blueberry cultivar subjected to different pruning types and timings in the Distrito Federal region, in Brazil. The experiment was conducted in an open field using a Randomized Complete Block Design with 3 repetitions per treatment, 10 plants per plot, totaling 240 useful plants. The plants were cultivated in pots using a fertigation system and were subjected to two types of pruning (drastic pruning and lung branch pruning) in the four climatic seasons of the year. Analyses included assessments of vegetative growth, productivity, number of fruits per plant, average fruit mass, and transversal and longitudinal diameter. It was found that it is possible to cultivate 'Biloxi' blueberries in the Distrito Federal under tropical climate conditions without the incidence of temperatures below 7.2 °C during the four seasons of the year. Higher

productivities were observed when pruning was performed in winter and spring. Additionally, drastic pruning resulted in higher productivity during winter compared to lung branch pruning. Pruning in summer and autumn reduced plant productivity; however, it represents an alternative to extend the crop production window in the country.

Keywords: Blueberries, Plant Management, Yield, Tropical Horticulture.

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de mirtilo mais que quadruplicou entre os anos de 2010 e 2022. Em 2010, a produção total foi de 439.000 toneladas para 1.860.000 toneladas no ano de 2022 (FAO, 2023; International Blueberry Organization, 2023). No ano de 2022, as vendas de mirtilo no varejo nos Estados Unidos alcançaram o montante de US\$ 2.8 bilhões de dólares atingindo um crescimento de mais de 15% quando comparado com a movimentação do ano de 2020 (International Blueberry Organization, 2023).

Em 2019, o Peru se consolidou como o maior exportador de mirtilos do mundo (Escalante Yaulilahua *et al.*, 2023). Segundo os dados da Secretaria do Comércio Exterior – SECEX, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, o Brasil exportou um volume de 980,4 mil toneladas de frutas em 2022, gerando uma receita de US\$ 955 milhões (SECEX, 2023).

Quando se compara o desempenho das exportações totais de frutas com as exportações de mirtilo do Peru, verifica-se uma oportunidade lucrativa para os produtores de frutas brasileiros. Somente em 2022, o Peru exportou um volume de 292.584 toneladas de mirtilo gerando uma receita de US\$ 1.242 bilhão (International Blueberry Organization, 2023). Somente a receita gerada com as exportações peruanas de mirtilo supera a receita total gerada com a exportação de todas as frutas do Brasil.

O mirtilo é tradicionalmente uma planta de clima temperado. Seu cultivo no Brasil iniciou-se na década de 1980 e ficou limitado aos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, em regiões com 300 a 1200 horas de frio por ano. Estima-se que a área plantada no Brasil corresponda a aproximadamente 400 hectares, porém

não existem dados oficiais atualizados (Cantuarias-Avilés *et al.*, 2014). Com o desenvolvimento de novas variedades com baixa exigência em frio, o cultivo do mirtilo tem-se expandido para outras regiões do país com menor ocorrência de baixas temperaturas (Medina, 2016), situação preponderante na região do Distrito Federal.

Para o estudo de culturas de clima temperado em regiões tropicais ou mesmo semiáridas, recomenda-se o uso de variedades com menor exigência em frio. Dentre as variedades de mirtilo com essas características, destaca-se a cultivar ‘Biloxi’ (*Vaccinium corymbosum*), por ser precoce e produtiva com baixa exigência em frio, necessitando de um acúmulo de 150 a 400 unidades de frio para a quebra natural de dormência (Retamales; Hancock, 2012). É uma cultivar arbustiva, com alto vigor e produtividade. É uma das variedades mais importantes cultivadas no México e no Peru (Retamales; Hancock, 2012; Rodríguez-Gálvez *et al.*, 2020) devido a sua adaptação às condições climáticas desses países. Sabe-se também que o mirtilo é uma cultura que responde de maneiras diferentes aos tipos e às épocas de poda empregadas no cultivo (Lee *et al.*, 2015; Muñoz *et al.*, 2017; Strik; Buller; Hellman, 2003); logo, faz-se necessário realizar mais estudos sobre esses efeitos no Brasil.

É de conhecimento geral que a produção de mirtilo é altamente influenciada pelas estações do ano. No Brasil, a produção é dificultada por conta da alta temperatura média anual. Portanto, faz-se necessário investigar a produção de mirtilo utilizando uma cultivar com menor exigência de horas de frio para produzir frutos. Além disso, é possível que diferentes tipos de poda e as diferentes estações em que essas podas são realizadas possam influenciar a produção dessa cultivar. Portanto, este estudo investigou a relação entre podas realizadas em diferentes épocas do ano e a produção de mirtilo ‘CV’ Biloxi no Brasil.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento com mirtilo foi conduzido em campo aberto, no Setor de Fruticultura da Estação Experimental de Biologia (EEB), (latitude 16° Sul e longitude 48° Oeste 15°44'11.9"S 47°52'53.3"W) da Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal, à altitude de 1010 m acima do nível do mar. O clima da região segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo AW, caracterizado por chuvas concentradas no verão, de outubro a abril e invernos secos, de maio a setembro (Cardoso *et al.*, 2014) com temperatura média de 21,4 °C. As mudas de mirtilo utilizadas nos experimentos foram adquiridas de um viveiro comercial certificado de mudas localizado em Nova Ponte – MG. Elas foram obtidas por meio de micropropagação (*in vitro*) de explantes de plantas adultas de mirtilo cultivar “Biloxi,” visando manter a qualidade genética e fitossanitária da planta matriz. Após o processo de propagação, as mudas passaram por um período 12 meses para aclimatação. Em seguida, as mudas foram transplantadas em sacolas plásticas de 60 litros (vasos de cultivo) contendo casca de arroz como substrato de cultivo. As plantas foram cultivadas em vasos durante todo o experimento, durante o qual, foi realizado o controle preventivo de pragas e doenças com uso de inseticidas e pesticidas químicos e biológicos.

Foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento constituído por conjunto de moto-bomba de 3,0 CV, com linha principal de 50 mm de diâmetro, filtro de discos, linhas de derivação de 32 mm de diâmetro e linhas laterais de 16 mm de diâmetro. Nas linhas laterais foram instalados gotejadores de vazão de 8 litros por hora, com 4 estacas fixadoras por vaso de cultivo. As adubações e as irrigações das plantas foram feitas via fertirrigação, com produtos à base de macronutrientes e micronutrientes, fornecendo teores desses nutrientes conforme as recomendações de Raseira e Antunes (2004) para o mirtilo.

Como a cultura do mirtilo é sensível ao pH maior que 5,5, foi realizado o controle do potencial hidrogeniônico (pH) da água de irrigação, mantendo esse potencial sempre na faixa

de 4,5 a 5,5 com uso de ácido fosfórico H_3PO_4 . Também foi controlada a condutividade elétrica da solução nutritiva mantendo seu nível entre 0,8-1,0 dS m⁻¹ (Voogt *et al.*, 2014).

O experimento foi realizado em Delineamento em Blocos Casualizados com 3 repetições por tratamento, 10 plantas por parcela, totalizando 240 plantas úteis. O espaçamento entre plantas utilizado foi de 1 m x 0,4 m. O arranjo utilizado foi de parcelas subdivididas com a poda e a época como fatores de variação.



Figura 1. Esquema simplificado do delineamento do pomar experimental de mirtilo em campo aberto para os dois tipos de poda (poda drástica e poda pulmão) e as quatro épocas de poda (inverno, primavera, verão e outono)

Fonte: Do autor (2023)

As plantas adultas foram submetidas a 2 tipos de podas, seguindo protocolo adaptado de Muñoz *et al.*, 2017. Para o fator poda, adotaram-se dois tipos: (1) Poda drástica sem ramo pulmão e (2) poda drástica com ramo pulmão. Após a poda aplicou-se pasta à base de cobre

visando proteção contra a entrada de patógenos na região do corte. Adotou-se a nomenclatura poda drástica para fazer referência à poda 1 e poda pulmão ao referir-se à poda 2. Além dos diferentes tratamentos para as podas, foram analisadas as influências das épocas de poda durante as quatro estações do ano (inverno, primavera, verão e outono). Portanto, cada tratamento de poda foi submetido à análise em quatro épocas diferentes, totalizando 8 tratamentos no total. Cada época compreendeu um período de 90 dias. Neste experimento, foram adotados os seguintes intervalos para as quatro épocas de podas: 21 de agosto (Poda Inverno), 21 de novembro (Poda Primavera), 21 de fevereiro (Poda Verão) e 21 de maio (Poda Outono).

Para a poda drástica adotou-se o corte de todos os galhos das plantas na altura de 15 cm acima do nível da coroa da planta. Na poda pulmão foi utilizada a mesma altura de poda utilizada na poda drástica, porém não foi efetuada a poda de um dos ramos da planta, deixando-o intacto até a saída das novas brotações dos ramos podados. Depois de 30 dias após a poda foi efetuada a poda do ramo pulmão.

Foram realizadas avaliações vegetativas e produtivas em cada tratamento ao longo da primeira safra de cultivo. As variáveis analisadas foram: número de frutos, produção por planta (g), produtividade estimada ($t\ ha^{-1}$), massa média dos frutos, diâmetro transversal, diâmetro longitudinal, número de ramificações, altura da planta (cm) e diâmetro do caule (mm) nos períodos de 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a poda (DAP). As avaliações foram realizadas com auxílio de trena maleável, balança digital (FILIZOLA) e paquímetro digital (iGaging ABSOLUTE ORIGIN).

3. ANÁLISES PÓS-COLHEITA

O experimento para as análises de pós-colheita dos frutos de mirtilo foi conduzido no Laboratório de Fruticultura, da Universidade de Brasília (UnB) utilizando o mesmo

delineamento experimental do experimento de campo. Os frutos foram colhidos semanalmente no estágio de maturação completa e, em seguida, foram avaliados quanto a sua massa fresca, diâmetro transversal e longitudinal.

CRONOGRAMA DOS ESTÁGIOS DO EXPERIMENTO

QUADRO 1. Cronograma dos estágios do experimento para cada um dos tratamentos

TRATAMENTO	DATA DA PODA	INÍCIO DA FLORAÇÃO	INÍCIO DA COLHEITA	FIM DA COLHEITA
Poda drástica Inverno	21/08/2019	15/12/2019 26/03/2020	04/02/2020 e 05/06/2020	05/03/2020 18/12/2020
Poda pulmão inverno	21/08/2019	15/12/2019 26/03/2020	04/02/2020 e 05/06/2020	18/12/2020
Poda drástica primavera	25/11/2019	26/03/2020	05/06/2020	18/12/2020
Poda pulmão primavera	25/11/2019	26/03/2020	05/06/2020	18/12/2020
Poda drástica verão	28/02/2020	01/06/2020	21/08/2022	18/12/2020
Poda pulmão verão	28/02/2020	25/05/2020	14/08/2020	18/12/2020
Poda drástica outono	21/05/2020	31/07/2020	10/11/2020	26/02/2021
Poda pulmão outono	21/05/2020	24/07/2020	10/11/2020	26/02/2021

Fonte: Do autor (2023)

QUADRO 2. Duração dos estágios de floração, colheita e poda em semanas para cada um dos tratamentos avaliados

TRATAMENTO	FLORAÇÃO	COLHEITA	PODA ATÉ A COLHEITA
Poda drástica Inverno	7 semanas / 10 semanas	4 semanas / 28 semanas	24 semanas
Poda pulmão inverno	7 semanas / 10 semanas	4 semanas / 28 semanas	24 semanas
Poda drástica primavera	10 semanas	28 semanas	28 semanas
Poda pulmão primavera	10 semanas	28 semanas	28 semanas
Poda drástica verão	12 semanas	17 semanas	24 semanas
Poda pulmão verão	12 semanas	18 semanas	25 semanas
Poda drástica outono	13 semanas	15 semanas	25 semanas
Poda pulmão outono	13 semanas	15 semanas	25 semanas

Fonte: Do autor (2023)

3.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância utilizando-se para o teste de F, o nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Os programas estatísticos e gráficos utilizados foram os Sisvar Software (Sisvar, Versão) e GraphPad Prims (Versão 9).

4. RESULTADOS

No total, foram analisadas 240 plantas durante 18 meses. Portanto, cada grupo considerando tipo de poda e época de poda era composto por 30 plantas. Destas, todas produziram frutos e não houve contaminação de patógenos ou ataque severo de pragas durante a condução do experimento.

Durante o presente estudo, um total de 87 horas abaixo de 12 °C e 601 horas abaixo de 15 °C foi registrado (Tabela 1). Esses resultados sugerem que as temperaturas verificadas durante o experimento foram adequadas para satisfazer as demandas térmicas de quebra de dormência dos botões florais de plantas de ‘Biloxi’ cultivadas em clima tropical. Esses valores contradizem as determinações de Spiers *et al.* (2004) e Retamales e Hancock, (2012) de que a variedade ‘Biloxi’ necessita de 150 a 400 horas abaixo de 7,2 °C para a quebra natural de dormência.

Tabela 1. Dados meteorológicos durante a condução do Experimento. Médias mensais (Tmed), médias máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) de temperatura e número mensal de horas de frio abaixo de 18 °C (HF< 18), 15 °C (HF< 15), 12 °C (HF< 12), 10 °C (HF< 10), 7,2 °C (HF< 7,2), em Brasília, Distrito Federal, entre os meses de agosto de 2019 e fevereiro de 2021.

Mês	Tmed	Tmax	Tmin	HF< 18	HF< 15	HF< 12	HF< 10	HF< 7.2
	°C			h				
Aug-19	21.4	28.1	15.4	208	51	0	0	0
Sep-19	24.6	31.4	18.5	46	0	0	0	0
Oct-19	24.6	31.3	19.2	26	0	0	0	0
Nov-19	23.2	29.3	18.8	44	0	0	0	0
Dec-19	22.8	28.3	19.0	16	0	0	0	0
Jan-20	22.6	27.6	19.1	14	0	0	0	0
Feb-20	22.1	27.3	18.8	48	0	0	0	0
Mar-20	21.9	27.0	18.6	26	0	0	0	0
Apr-20	21.4	26.7	18.0	65	6	0	0	0
May-20	19.4	25.5	14.5	339	110	30	14	0
Jun-20	19.3	25.6	13.8	342	156	23	1	0
Jul-20	19.3	25.7	13.4	355	148	20	0	0
Aug-20	20.8	27.1	14.4	287	118	14	3	0
Sep-20	23.4	29.8	17.3	97	8	0	0	0
Oct-20	23.8	29.7	19.3	28	0	0	0	0
Nov-20	21.9	27.2	18.1	88	2	0	0	0
Dec-20	22.8	28.4	18.6	49	0	0	0	0
Jan-21	22.4	28.2	18.1	108	1	0	0	0
Feb-21	21.1	26.3	18.4	95	1	0	0	0
Total	-	-	-	2281	601	87	18	0

Fonte: INMET (2023)

Ao fim dos experimentos, observou-se que o número de frutos, a produção de frutos e produtividade estimada variaram de acordo com a estação do ano em que a poda foi realizada e o tipo de poda empregado. Primeiramente, notou-se que o número de frutos por planta foi maior na **poda drástica** no inverno (**Figura 2A**). No entanto não houve diferença entre **poda drástica** e **poda pulmão** entre as outras estações do ano. O maior número de frutos foi contabilizado no inverno, seguido pelas estações da primavera, verão e outono, sucessivamente. Observou-se que na poda drástica de inverno, a produção de frutos foi 317%

maior quando comparada com a poda drástica no verão. E na poda pulmão de inverno o número de frutos foi 190% maior que a quantidade de frutos obtida na poda pulmão no verão.

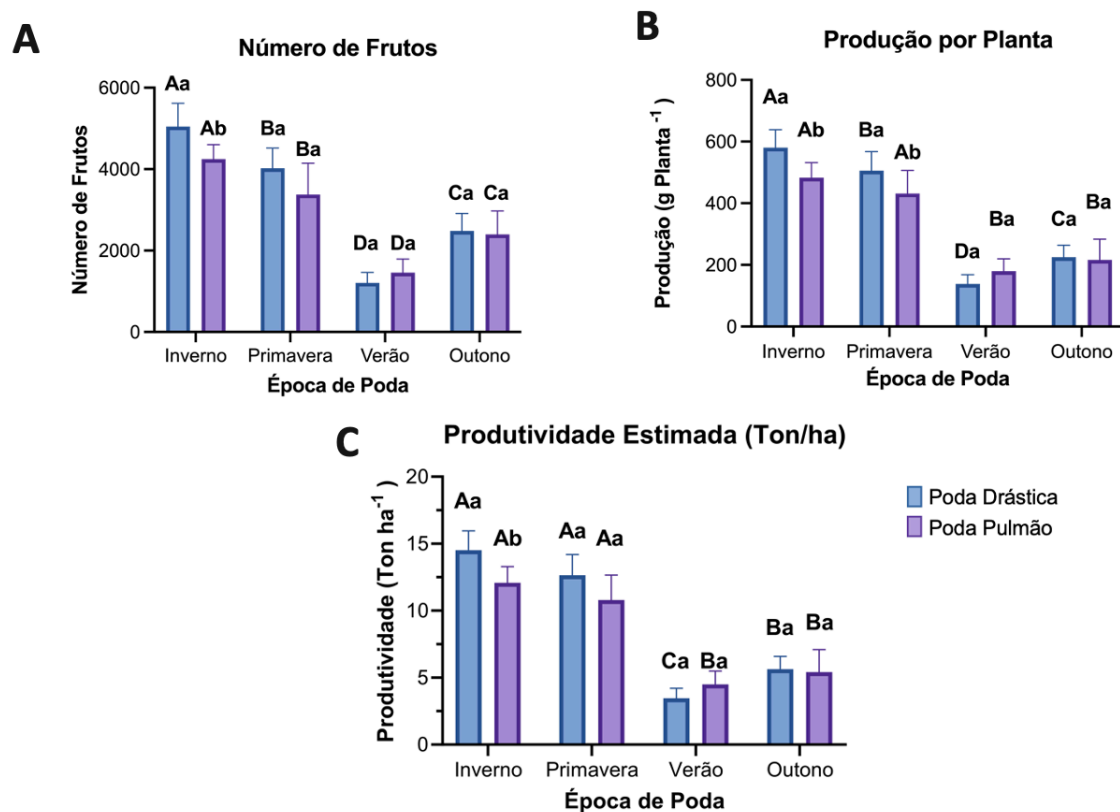


Figura 2. A: Número total de frutos por época e tipo de poda, B: Produção de frutos (g) por época e tipo de poda e C: Produtividade estimada (ton ha^{-1}) por época e tipo de poda

Fonte: Do autor (2023)

*Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Ao comparar o volume produzido por planta, foi possível observar que houve diferença entre os tipos de podas nas estações inverno e primavera (**Figura 2B**), o que indica que houve interação significativa entre épocas e tipo de poda. No inverno e primavera, a **poda drástica** ocasionou produções mais altas quando comparado com a **poda pulmão** (**Figura 2B**).

Além disso, não houve diferença na produção para os tipos de poda nas estações verão e outono (**Figura 2B**). No entanto, houve variação significativa na produção de frutos por planta entre as épocas de poda avaliadas. Para a **poda drástica**, a época com maior volume foi o inverno, seguido pela primavera, outono e verão, respectivamente. Na poda pulmão, não

houve diferença de produção por planta para o inverno e primavera, sendo estas, as épocas com maior volume de produção, seguidas pelo outono e inverno.

Cada um dos tratamentos avaliados era composto por um grupo de 30 plantas. Utilizando-se a densidade média de cultivos de mirtilo da cultivar 'Biloxi', estimou-se a produtividade levando em consideração 10 mil plantas por hectare. Observou-se uma variação grande na produtividade por hectare entre os tipos de poda no inverno e primavera (**Figura 2C**). No inverno, a poda drástica proporcionou produtividade igual a 14,5 ton ha⁻¹, enquanto a poda pulmão proporcionou 12,06 ton ha⁻¹. Nas podas do verão e do outono somente a poda drástica apresentou produtividade mais baixa quando comparada com as demais podas drásticas nas outras estações.

A produtividade de mirtilo por hectare para as 4 diferentes épocas avaliadas também foi significativamente diferente (**Figura 2C**). No sistema de poda drástica, as análises estatísticas mostraram interação significativa entre épocas e podas, formando três grupos distintos na avaliação de épocas em cada poda e dois grupos na avaliação dos dois sistemas de poda em cada época. A poda drástica de inverno foi a estação que proporcionou a maior produtividade (14,50 ton ha⁻¹) seguidas pela primavera (12,64 ton ha⁻¹), outono (5,63 ton ha⁻¹) e pelo verão (3,46 ton ha⁻¹). Observou-se que a poda drástica de inverno proporcionou uma produtividade 319% superior à poda drástica de verão. No tratamento da poda pulmão, houve apenas dois grupos distintos observados, e as maiores produtividades foram nas épocas de inverno (12,06 ton ha⁻¹) e primavera (10,78 ton ha⁻¹), seguidas pelas épocas do outono (5,41 ton ha⁻¹) e verão (4,49 ton ha⁻¹). No inverno, que foi a estação que gerou a maior produtividade, foram observados valores 168% maiores do que a estação menos produtiva (verão). Esses resultados demonstram que a época da realização da poda influencia na produtividade do plantio, como observado nos casos supracitados.

A Massa Média dos Frutos (MMF) é uma característica importante para o produtor, pois ela vai representar uma maior eficiência na colheita – afinal, é mais rentável colher um quilo de frutas de massa média maior do que colher um kg de frutas de uma massa média menor – bem como representará uma quantidade menor de frutos necessária para completar o volume de uma embalagem comercial de mirtilos. Ou seja, quanto mais pesado for um fruto mais eficiente é a colheita.

Ao avaliarmos a MMF, não houve diferença estatística significativa para a massa média dos frutos produzidos entre os dois diferentes tipos de poda avaliados dentro das épocas (**Figura 3**). No entanto, houve diferença significativa na MMF entre as estações havendo a separação de três grupos para os dois tipos de poda. Para os dois regimes de poda, a estação da primavera apresentou a maior MMF e o outono apresentou a menor MMF. Na primavera, houve uma MMF 44% (poda pulmão) e 38% (poda drástica) maior do que na poda outono.

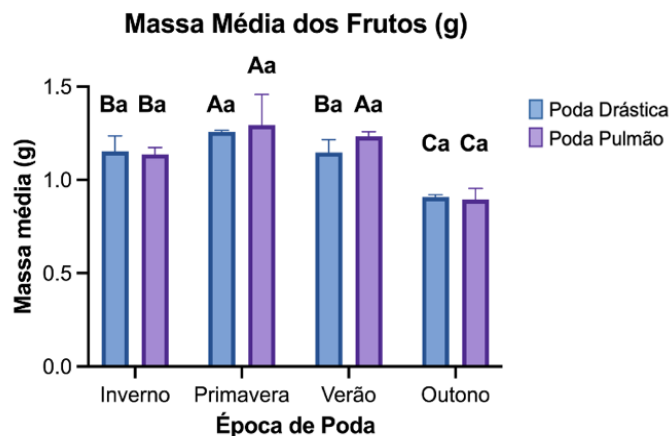


Figura 3. A. Massa média de frutos por época e tipo de poda

Fonte: Do autor (2023)

*Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O diâmetro transversal dos frutos é umas das características que o consumidor mais observa ao comprar uma fruta, pois essa medida traz uma percepção maior do tamanho do fruto. Ao compararmos o diâmetro transversal dos frutos, verificou-se pouca variação no diâmetro transversal médio (**Figura 4A**). Dentro das épocas de plantio, não houve variação do

diâmetro para os dois diferentes tipos de poda. Além disso, não houve variação significativa ao compararmos as diferentes estações. No outono, observou-se um diâmetro de fruto menor comparado com as demais épocas; porém, não houve variação estatisticamente significante entre as comparações (**Figura 4A**). Pode-se observar que o tipo e a época de poda não foram fatores de grande influência para essa característica analisada.

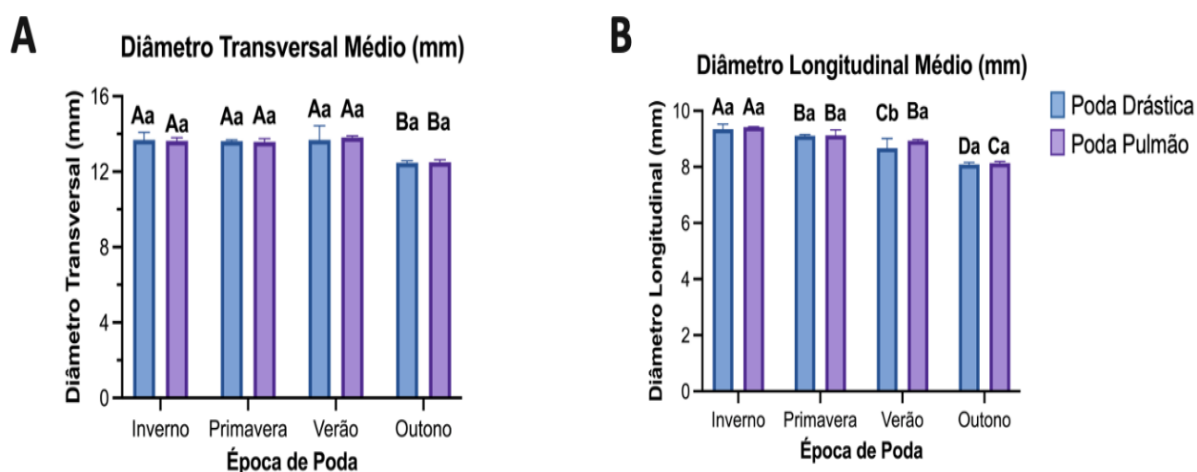


Figura 4. (A) Diâmetro transversal médio e (B) diâmetro longitudinal médio de frutos por estação e tipo de poda

Fonte: Do autor (2023)

*Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para a variável diâmetro longitudinal (DL) verificou-se uma variação significativa entre as podas drástica e pulmão apenas no verão. Nas demais épocas, as podas não tiveram efeito na variação do DL dos frutos (**Figura 4B**). Além disso, foi observada a variação de DL nas quatro épocas avaliadas. Para a poda drástica os maiores DL foram no inverno, primavera, verão e outono, sucessivamente. Para a poda pulmão, observou-se uma divisão em três grupos distintos, pois a primavera e verão tiveram valores de DL semelhantes. O inverno novamente foi a época com maior DL e o outono teve o menor DL dentre as épocas avaliadas.

Não houve diferença estatística significativa para a variável número de ramificações (NR) entre a poda drástica e a poda pulmão para cada época (**Figura 5**).

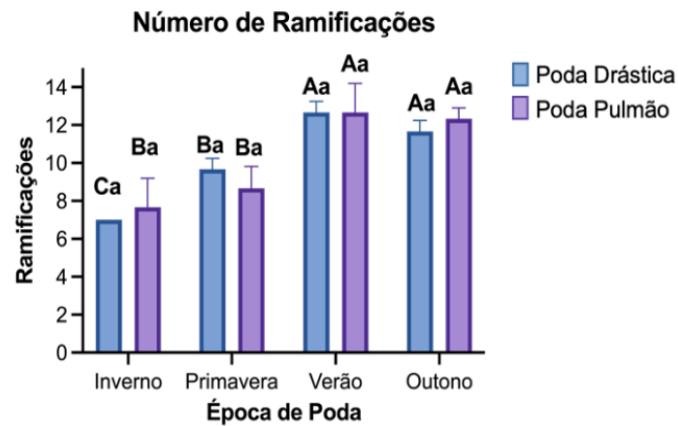


Figura 5. Número de ramificações por estação e tipo de poda
Fonte: Do autor (2023)

*Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O tipo da poda não exerceu influência na quantidade de ramos que cada planta produziu durante o ciclo. No entanto, houve diferença de NR dentre as épocas avaliadas. O outono e o verão apresentaram maiores NR seguidos pela primavera e pelo inverno. Não houve diferença na altura dos ramos principais das plantas de acordo com os dois tipos de poda utilizados para a maioria dos tratamentos. (**Figura 6A-E**). A altura média das plantas foi constante dentro das podas variando apenas na poda de inverno (90 DAP e 120 DAP).

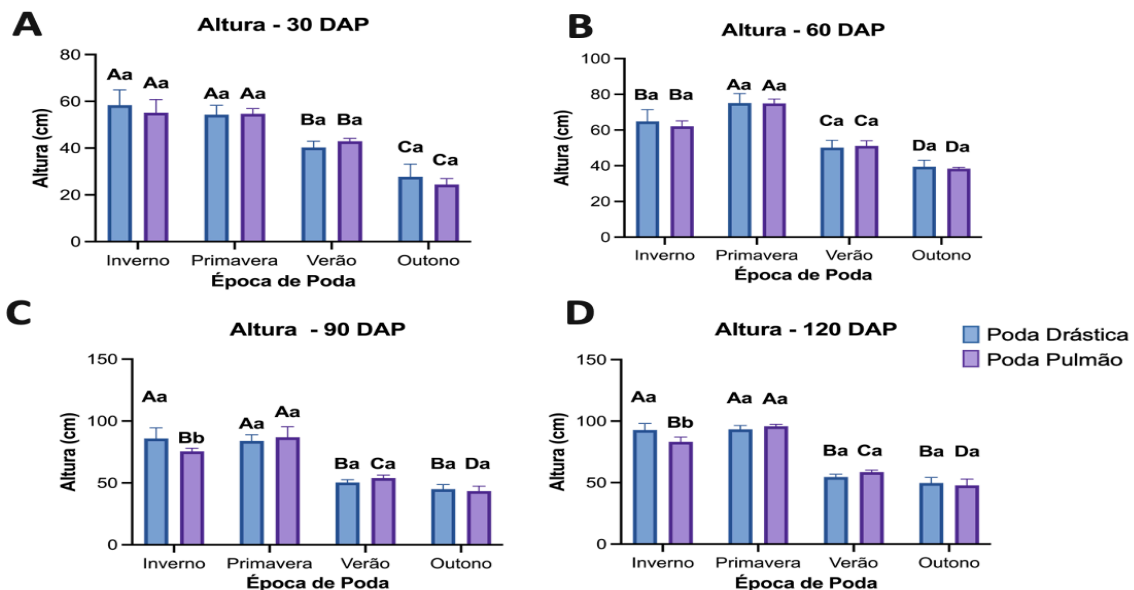


Figura 6. Altura da planta por estação e tipo de poda após 30 (A), 60 (B), 90 (C) e 120 (D) dias após a poda
Fonte: Do autor (2023)

*Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A altura da planta foi afetada pela época de poda. As podas de inverno e primavera originaram plantas com uma maior altura quando comparadas com as podas de verão e outono (Figura 6). A altura das plantas podadas no inverno e na primavera chegou a ser quase o dobro da altura das plantas podadas nas demais épocas. Também se observou que as plantas podadas no verão e no outono tiveram uma estagnação do crescimento mais precoce (Figura 7C e 7D) comparado com as plantas podadas no inverno e na primavera (Figura 7A e 7B).

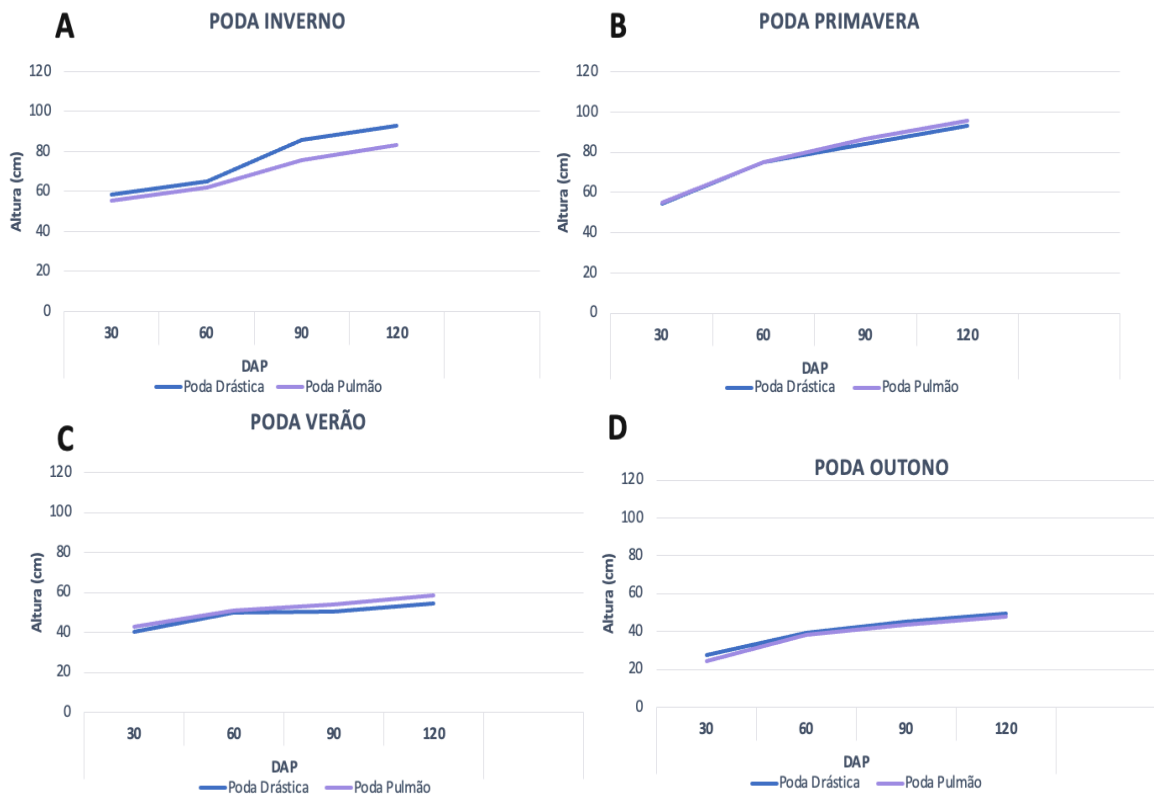


Figura 7. Curva de crescimento após a poda para A. inverno, B. primavera, C. verão e D. outono Do autor (2023)

Não houve alteração no diâmetro do caule das plantas. Logo, o tipo de poda não causou efeito para o diâmetro do caule nas plantas (Figura 8).

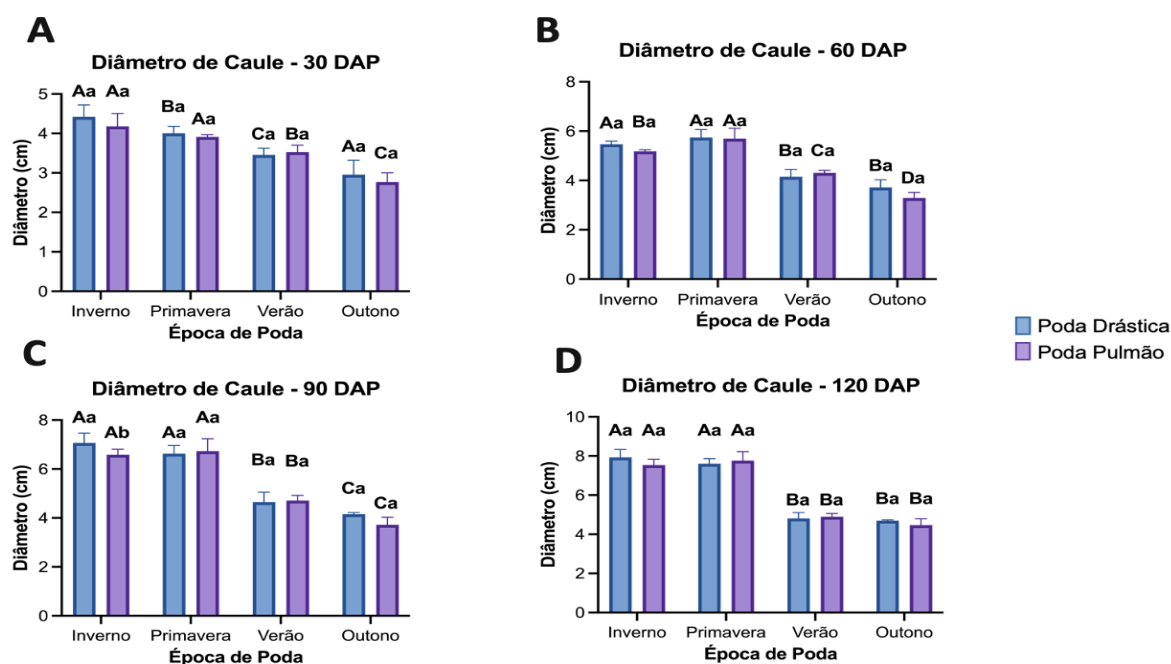


Figura 8. Diâmetro do caule por estação e tipo de poda após 30 (A), 60 (B), 90 (C) e 120 (D) dias após a poda

Fonte: Do autor (2023)

*Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Por fim, observou-se um efeito da época de poda no diâmetro do caule das plantas. As plantas podadas no inverno e na primavera apresentaram caules mais calibrosos quando comparados com os caules das plantas podadas no verão e no outono (**Figura 8**).

5. DISCUSSÃO

A produção de mirtilo no Brasil era bastante limitada e concentrada em regiões com maior quantidade de horas de frio. Atualmente, com o advento de novas cultivares de mirtilo que não necessitam de acúmulo de horas de frio para produzir frutos, criou-se um potencial de produção dessa cultura no país. No entanto, ainda existe uma escassez de dados recentes sobre a produção e o comportamento de plantas de mirtilo no Brasil em regiões onde há uma estação de inverno menos fria (temperatura mínima média acima de 7,2 °C).

Portanto, este estudo avaliou a relação entre podas realizadas em diferentes épocas do ano com o desenvolvimento e produção de mirtilo CV ‘Biloxi’ no Distrito Federal, Brasil.

Verificou-se que, mesmo sem a ocorrência de temperaturas abaixo de 7,2 °C durante toda a duração do experimento, a poda drástica no inverno proporcionou a maior produtividade anual (14,50 ton ha⁻¹) seguida pela primavera (12,64 ton ha⁻¹), outono (5,63 ton ha⁻¹) e pelo verão (3,4 ton ha⁻¹). Estes resultados mostram que as podas de mirtilo realizadas entre os meses de agosto e fevereiro proporcionaram maiores produtividades do que as podas realizados em outros meses.

A produtividade anual dos tratamentos deste trabalho variou entre 14,50 ha⁻¹ e 3,46 ton ha⁻¹ (densidade de 25.000 plantas ha⁻¹) a depender da estação do ano em que podas foram realizadas. As plantas no presente estudo apresentaram produtividades menores que as encontradas por Cortés-Rojas *et al.* (2016) com plantas de ‘Biloxi’ com 20 meses de idade em Guasca, Colômbia (temperatura média: 12,9 °C). Os autores observaram que as plantas de mirtilo ‘Biloxi’ tiveram produtividade de 4,127 ton ha⁻¹ com densidade de 5.600 plantas ha⁻¹. Por outro lado, Robledo *et al.* (2020) encontram produtividades de 1,44 e 1,66 ton ha⁻¹ (densidade de 6.666 plantas ha⁻¹) ao avaliarem o desempenho agrônomico de mirtilo ‘Biloxi’ em duas localidades no Peru (temperatura média 15,8 e 14,6 °C) em plantas com 12 meses de idade. Portanto, Robledo *et al.* (2020) obtiveram produtividade menor comparado com o presente estudo. Esses resultados indicam que mirtilo ‘Biloxi’ pode ser produzido no Brasil e ter produtividade similar ou superior à de outros países com climas mais frios.

Observou-se que a maior produtividade de mirtilo ‘Biloxi’ do presente trabalho foi 14,56 ha⁻¹ na poda drástica no inverno. Para a poda pulmão, a produtividade máxima foi 12,06 ton ha⁻¹ no inverno. Isso ocorreu provavelmente porque as plantas podadas no inverno tiveram maior altura e maior diâmetro no caule. As podas realizadas no inverno e na primavera proporcionaram maiores alturas de plantas quando comparadas com as podas no verão e no outono. As maiores alturas de planta 120 DAP foram de 95,85 cm (poda pulmão primavera) e 92,77 cm (poda drástica inverno), esses valores não diferiram entre si. Por outro lado, as

podas de verão e de outono tiveram menores alturas de planta 120 DAP, as menores médias encontradas em cada época foram de 54,61 cm (poda drástica verão) e 47,84 cm (poda pulmão outono).

Segantini *et al.* (2014) também verificaram menores produtividades na poda no outono quando comparado com a poda no inverno no cultivo de amoreira-preta no município de São Manuel – SP. Em contraponto Kovaleski *et al.* (2015) constataram que não houve influência da época ou intensidade da poda na produtividade e na MMF em mirtilo ‘Emerald’. A poda realizada no inverno proporcionou melhores produtividades em comparação com podas realizadas em outros meses possivelmente devido ao maior crescimento da planta e maior diâmetro de caule. Palma e Retamales, (2017) também verificaram que as plantas com ramos de maior diâmetro fornecem maior produtividade, o que ratifica os resultados do presente estudo. Além disso, Xu, MA e CHEN (2014) encontram relação positiva entre uma maior altura de planta e produtividade. Pode-se inferir que um maior período de colheita e uma maior altura e um maior diâmetro de caule de planta, proporcionaram um maior volume de colheita para as podas realizadas no inverno e na primavera.

Neste estudo, encontrou-se também uma diferença na produtividade entre as podas drástica e pulmão a depender da época do ano em que a poda foi realizada. A poda drástica é realizada eliminando todos os ramos da planta a uma altura de 15 cm do nível da coroa da planta. A poda pulmão é semelhante à poda drástica, porém é deixada uma haste inteira não podada na planta, prática comum na poda do cafeeiro (Matiello *et al.*, 2016). Um estudo realizado com quatro variedades de mirtilo (‘Duke’, ‘Draper’, ‘Patriot’ e ‘Brigitta’) observou que uma poda mais severa também incorreu em uma maior produtividade comparado com uma poda menos severa (HOZA *et al.*, 2019). Portanto, é possível que a poda drástica seja uma melhor alternativa para a poda de mirtilo ‘Biloxi’ produzido em climas tropicais. No entanto, com os resultados deste estudo, não é possível explicar o motivo da maior

produtividade nos casos em que houve poda drástica. Mais estudos são necessários para mostrar quais são os efeitos dessas podas na fisiologia e produtividade de mirtilo.

O diâmetro transversal médio dos frutos variou entre 13,69 mm na poda drástica no inverno e 12,47 mm na poda drástica no outono. Na poda pulmão, o diâmetro variou entre 13,82 mm no verão e 12,50 mm no outono. As análises estatísticas não mostraram um forte efeito dos tipos e épocas de poda na variação do diâmetro médio das frutas. Pode-se inferir que os tratamentos utilizados não causaram variação no diâmetro dos frutos colhidos. Ao analisar o crescimento de plantas de mirtilo CV 'Biloxi' em plantas com 20 e 36 meses de idade, Cortes-Rojas *et al.* (2016) encontraram diâmetro médio de 15 e 14 mm, respectivamente. Estes resultados foram um pouco maiores do que os encontrados neste estudo, porém ainda assim são resultados dentro do diâmetro médio encontrados em outros estudos com a mesma variedade (Frías-Ortega *et al.*, 2020; Nagasaka *et al.*, 2020). Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que os frutos produzidos nas condições do Distrito Federal possuem atributos físicos similares aos frutos produzidos em outras regiões do mundo.

6. CONCLUSÃO

No presente estudo mostrou-se que é possível cultivar plantas de mirtilo 'Biloxi' no Distrito Federal em condições de clima tropical sem a ocorrência de temperaturas abaixo de 7,2 °C, durante as quatro estações climáticas do ano. Além disso, observou-se que a produtividade de plantas mirtilo 'Biloxi' é maior quando a poda ocorre no inverno e primavera. Ademais, a poda drástica gera maior produtividade por promover maior crescimento da planta comparada com a poda pulmão, embora essa diferença seja restrita a podas realizadas no inverno. A realização da poda do mirtilo no verão e no outono diminui sua produtividade, porém permite expandir a janela de produção da cultura.

Portanto, com base nos resultados desse trabalho, os produtores podem investir na produção de mirtilo no Brasil seguindo o regime de podas que ocorrem no inverno ou na primavera para melhor desempenho na produção de mirtilo ‘Biloxi’ em climas tropicais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA

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 Geografia**, v. 8, p. 40-55, 2014.

CORTÉS-ROJAS, M. E. Rendimiento y calidad de frutos de los cultivares de arándano Biloxi y Sharpblue en Guasca, Colombia. **Agronomía Colombiana**, v. 34, n. 1, p. 33–41, 2016.

ESCALANTE YAULILAHUA, D. A. *et al.* Peruvian agro-export sector: a competitiveness study on their main products in the period 2010-2019. **Journal Globalization, Competitiveness and Governability**, v. 17, p. 34-50, 2023.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 18 out. 2023.

FRÍAS-ORTEGA, C. E. *et al.* Nutrient solution concentration and its relationship with blueberry production and quality. **Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 21, p. 1-14, 2020.

HOZA, D. *et al.* Influence of the intensity of plant cutting on the growth and fructification of blueberry. Scientific Papers. **Series B. Horticulture**, v. 63, p. 143-147, 2019.

IBO. International Blueberry Organization. Global state of the blueberry industry report. 2023. Disponível em: <https://www.internationalblueberry.org/2023-report/>. Acesso em: 21 out. 2023.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/noticias?noticias=2023>. Acesso em: 21 out. 2023.

KOVALESKI, A. P. *et al.* 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.

LEE, S. G. *et al.* Effects of summer pruning combined with winter pruning on bush growth, yields, and fruit quality of ‘Misty’ southern highbush blueberry for two years after planting. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v. 56, n. 6, p. 740–748, 2015.

- MATIELLO, J. B. *et al.* Estudo de crescimento compensatório da ramagem de cafeeiros em sistemas de esqueletamento. 2016. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9546/7301_43-CBPC-2017.pdf?sequence=1. Acesso em: 18 out. 2023.
- MEDINA, R. B. 2016. Desempenho de novas cultivares de mirtilheiro de baixa exigência e frio em região subtropical. 92f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade de São Paulo, Brasil.
- MUÑOZ-VEGA, P. *et al.* Efecto de diferentes intensidades de poda sobre el rendimiento y calidad de fruta en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. **Anim. Sci., ex Agro-Ciencia**, v. 33, p. 285–294, 2017.
- NAGASAKA, K.; TAO, R.; YAMANE, H. Evaluation of the effects of pollination on fruit size and quality of highbush. **Acta Horticulturae**, v. 1312, p. 25-30, 2020.
- PALMA, M. J.; RETAMALES, J. B. Cane productivity and fruit quality in highbush blueberry are affected by cane diameter and location within the canopy. **Eur. J. Hortic. Sci**, v. 82, p. 159-165, 2017.
- RASEIRA, M. C. C; ANTUNES, L. E. C. A cultura do mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 69 p.
- RETAMALES, J. F.; HANCOCK, J. B. **Blueberries: Crop Production Science in Horticulture**. CABI Publ. Co Oxfordshire, UK, 2012.
- ROBLEDO, Y. A. Á. *et al.* Desempeno agronómico de cuatro variedades de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivadas en diferentes sustratos y pisos altitudinales. **Bioagro**, v. 32, p. 187-194, 2020.
- RODRÍGUEZ-GÁLVEZ, E. *et al.* Diversity and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neopestalotiopsis* species associated with stem blight and dieback of blueberry plants in Peru. **Eur J Pathol**, v. 157, p. 89-102, 2020.
- SECEX. Balança Comercial e Estatísticas de Comércio Exterior. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/comercio-exterior/estatisticas>. Acesso em: 18 abr. 2023.
- SEGANTINI, D. M. *et al.* Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 568–575, 2014.
- SPIERS, J. M. *et al.* Method to determine chilling requirement in blueberries. **ISHS Acta Horticulturae**, v. 715, p. 105–110, 2004.
- STRIK, B.; BULLER, G.; HELLMAN, Esward. Pruning severity affects yield, berry weight, and hand harvest efficiency of highbush blueberry. **HortScience**, v. 38, n. 2, p. 196–199, 2003.
- VOOGT, W. *et al.* Development of a soilless growing system for blueberries (*vaccinium corymbosum*): nutrient demand and nutrient solution. **Acta Horticulturae**, v. 1017, p. 215-221, 2014.

XU, C.; MA, Y.; CHEN, H. Technique of grafting with Wufanshu (*Vaccinium bracteatum* Thunb.) and the effects on blueberry plant growth and development, fruit yield and quality. **Scientia horticulturae**, v. 176, p. 290-296, 2014.

CAPÍTULO 2: ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM FRUTOS DE MIRTILO CULTIVADOS SOB DIFERENTES TIPOS E ÉPOCAS DE PODA

RESUMO

O interesse em fontes naturais de antioxidantes, especialmente em frutas e vegetais, vem crescendo. Isto decorre de sua associação na prevenção de diversas doenças. O mirtilo, conhecido como o “Rei dos Antioxidantes”, tem sido relacionado a inúmeros benefícios à saúde, devido aos seus altos níveis de compostos bioativos, flavonoides e vitamina C. Reconhecido com um dos alimentos mais saudáveis do mundo, o mirtilo tem sido integrado em alimentos funcionais visando a um aumento das qualidades funcionais do produto comercial final. Atributos de qualidade físico-química desempenham papel crucial no valor comercial da fruta do mirtilo. Fatores °Brix (sólidos solúveis totais), acidez total titulável (ATT) e a relação °Brix/acidez influenciam no sabor e na qualidade geral. Esses fatores afetam diretamente o valor comercial da fruta. Este estudo teve como objetivo quantificar a atividade antioxidante e as características físico-químicas (SST, ATT, RATIO, cinzas, umidade e fibra) dos frutos de mirtilo, Cv. Biloxi cultivados no Distrito Federal em condições de clima tropical (sem presença de horas de frio) considerando tipos de podas (poda drástica e poda drástica com ramo pulmão) e épocas em que elas foram realizadas. O experimento foi conduzido na Universidade de Brasília em campo aberto com Delineamento em Blocos Casualizados sendo as plantas submetidas a dois tipos de poda diferentes realizadas em quatro épocas distintas (inverno, primavera, verão e outono). Os resultados demonstraram variações significativas no potencial antioxidante, SST, ATT, ratio, cinzas, umidade e fibra com base nos tipos de poda e estações. A poda drástica no outono apresentou o maior potencial antioxidante, destacando o impacto do momento da poda na concentração de oxidantes na fruta. Os níveis de SST foram influenciados tanto pelo tipo como pela época de poda sendo o maior valor encontrado na poda pulmão de outono (16 °Brix). Este estudo contribui com informações sobre a influência das práticas de poda e variações sazonais nas propriedades antioxidantes e atributos físico-químicos dos mirtilos em clima tropical, visando otimizar a produção de mirtilos nesses ambientes, atendendo às demandas do mercado e dos consumidores por frutas nutritivas e de alta qualidade.

Palavras-chaves: Atividade antioxidante, Propriedades Físico-químicas, Brix, Poda de mirtilo, Biloxi.

ABSTRACT

The interest in natural sources of antioxidants, especially in fruits and vegetables, is growing. This is due to its association in the prevention of various diseases. Blueberries, known as the “King of Antioxidants”, have been linked to numerous health benefits due to their high levels of bioactive compounds, flavonoids and vitamin C. Recognized as one of the healthiest foods in the world, blueberries have been integrated into functional foods aiming to increase the functional qualities of the final commercial product. Physicochemical quality attributes play a crucial role in the commercial value of blueberry fruit. °Brix factors (total soluble solids), total titratable acidity (TA) and the °Brix/acidity ratio influence the flavor and general quality, these factors directly affect the commercial value of the fruit. This study aimed to quantify the antioxidant activity and physicochemical characteristics (SST, ATT, RATIO, ash, moisture and fiber) of CV Biloxi blueberry fruits grown in the Federal District in tropical climate conditions (without the presence chilling hours) considering two types of pruning (drastic pruning and drastic pruning with lung branch) and times in which they were carried out. The experiment was conducted at the University of Brasília in an open field with a Randomized Block Design, subject to two different types of pruning carried out in 4 different seasons (winter, spring, summer, and autumn). The results demonstrated significant variations in antioxidant potential, TSS, TA, ratio, ash, moisture, and fiber based on pruning types and seasons. Drastic pruning in autumn showed the greatest antioxidant potential, highlighting the impact of the timing of pruning on the concentration of oxidants in the fruit. TSS levels were influenced by both the type and time of pruning, with the highest value found in autumn pruning with lung branch (16 °Brix). This study contributes with information on the influence of pruning practices and seasonal variations on the antioxidant properties and physicochemical attributes of blueberries in tropical climates, aiming to optimize the production of blueberries in these environments, meeting market and consumer demands for nutritious and high-quality fruits.

Keywords: Antioxidant Activity, Physicochemical properties, Brix, Blueberry Pruning, Biloxi.

1. INTRODUÇÃO

O mirtilo que faz parte do grupo de plantas arbustivas decíduas conhecido como *Ericaceous Vaccinium*, pertence à família *Ericaceae*, é uma fruta amplamente apreciada devido ao seu significativo valor para a saúde. O mirtilo possui uma alta quantidade de água, é rico em fibras, tem baixo teor calórico e possui altas concentrações de compostos bioativos (Wang *et al.*, 2017).

O consumo de frutas e verduras comprovou-se um meio de prevenção ao desenvolvimento de enfermidades devido à presença de diferentes compostos bioativos (Rufino, 2008). Entre eles destacam-se os antioxidantes, grupo de diversos compostos capazes de prevenir os processos degenerativos associados a radicais livres presentes no organismo (Costa; Rosa, 2006).

O interesse por fontes naturais de antioxidantes, especialmente se tratando de frutas e vegetais, cresceu nos últimos anos (Bunea *et al.*, 2011). Diversos estudos indicam que uma dieta com alto nível de antioxidantes naturais (ácido ascórbico, vitamina E, carotenoides e compostos fenólicos) pode proteger o corpo de doenças cardiovasculares, doenças oculares, doenças do fígado, câncer, distúrbios relacionados ao envelhecimento e diversas outras doenças (Elsayed Azab *et al.*, 2019; Fernández-Araque *et al.*, 2017; Jiang; Li; Liu, 2016).

O consumo do mirtilo está associado a diferentes benefícios à saúde humana (Cantuarias-Avilés *et al.*, 2014), sendo considerada a fruta fresca mais rica em antioxidante já estudada (Moraes *et al.*, 2007) e até denominada como o Rei dos Antioxidantes. A sua alta capacidade antioxidante está relacionada à presença de compostos bioativos, flavonoides e vitamina C (Wang *et al.*, 2017).

Por ser considerado um dos cinco alimentos mais saudáveis do mundo (Duan *et al.*, 2022), o uso do mirtilo (*Vaccinium spp.*) em alimentos funcionais tem crescido como uma

maneira prática e eficiente de elevar o teor de substâncias bioativas em alimentos processados para os mercados diversificados. Pode-se comprovar isso com o elevado aumento da taxa de processamento de frutos de mirtilo no mundo, principalmente nos Estados Unidos, Canadá e China (Duan *et al.*, 2022).

Um dos produtos a base de mirtilo mais consumidos no mundo é o suco da fruta (Nunes *et al.*, 2019). No entanto, o leque de produtos comercializados a base de mirtilo com o intuito de difundir o aumento da ingestão de antioxidantes e fibras na dieta é muito grande e abrange diversos produtos tais como: artigos de confeitaria, sucos, geleias, vinhos, iogurte, polpa em pó, fruta seca, purê e biscoitos entre outras formas de uso (Cesa *et al.*, 2017; Chaudhary; Verma; Saharan, 2020; Liu *et al.*, 2019; Negi *et al.*, 2022; Perez *et al.*, 2017; Rurush *et al.*, 2022; Sun *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2019).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a qualidade do produto é um fator determinante no valor de comercialização, sendo assim as características físicas e químicas são de enorme importância, pois é a partir delas que o consumidor faz sua escolha. Bett-Garber *et al.* (2015) verificaram que existe uma correlação positiva entre o valor do °Brix (sólidos solúveis totais – SST) e o sabor adocicado nos frutos de mirtilo e uma correlação negativa do SST com a presença de um sabor amargo. Além disso, existe uma correlação negativa entre a acidez total titulável (ATT) e RATIO (SST/ATT) com a presença de um sabor ácido.

Além disso, pode-se analisar a composição química do produto através de outros métodos. Por exemplo, por meio da determinação do teor de cinzas é possível obter uma estimativa relativa da presença de cálcio, fósforo e sais minerais nas frutas, que são elementos importantes da constituição e homeostase óssea (Silva; Queiroz, 1981). Verificou-se ainda que o mirtilo tem potencial para prevenir a perda óssea e aumentar a densidade mineral dos ossos durante o metabolismo ósseo (Devareddy *et al.*, 2008).

A produção de mirtilo no Brasil é reduzida comparada com outros países da América do Sul e Hemisfério Norte e seu cultivo ficou bastante concentrado nas regiões mais frias do país, tendo uma expansão do seu cultivo para áreas mais quentes com a introdução de cultivares de baixa exigência de frio em 2010 (Cantuarias-Avilés *et al.*, 2014; Medina *et al.*, 2018). No Brasil, o mirtilo começou a ser produzido na década de 1980 (Hoffmann; Antunes, 2004). No cerrado, a produção iniciou em 2017 (Lima *et al.*, 2020). Por isso, as características físico-químicas de frutos de mirtilo produzidos no cerrado brasileiro são pouco conhecidas na literatura. Portanto, faz-se necessária a quantificação desses atributos, buscando saber se os frutos produzidos nessas regiões atendem às exigências do mercado e do consumidor final brasileiro e mundial. A caracterização físico-química e atividade antioxidante do mirtilo produzido no Distrito Federal também deve considerar os tipos de podas e as épocas em que elas realizadas, pois esses fatores podem influenciar o produto.

O presente estudo teve como objetivo quantificar a atividade antioxidante e as características físico-químicas (SST, ATT, RATIO, cinzas, umidade e fibra) dos frutos de mirtilo Cv. Biloxi cultivados no Distrito Federal em condições de clima tropical (sem presença de horas de frio) considerando tipos de podas e épocas em que elas foram realizadas.

2. METODOLOGIA

2.1 LOCAL DO ESTUDO

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Compostos Bioativos e Nanobiotecnologia (LCBNano) no Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília (IB – UnB), no Distrito Federal (análises da atividade antioxidante) e no Laboratório de Fruticultura, da Universidade de Brasília (FAV-UnB, Distrito Federal) para as análises das propriedades físico-químicas. As condições climáticas durante o experimento estão descritas na TABELA 1.

Tabela 1. Dados meteorológicos durante a condução do Experimento. Médias mensais (Tmed), médias máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) de temperatura e número mensal de horas de frio abaixo de 18 °C (HF< 18), 15 °C (HF< 15), 12 °C (HF< 12), 10 °C (HF< 10), 7,2 °C (HF< 7,2), em Brasília, Distrito Federal, entre os meses de agosto de 2019 e fevereiro de 2021.

Mês	Tmed	Tmax	Tmin	HF< 18	HF< 15	HF< 12	HF< 10	HF< 7.2
	°C			h				
Aug-19	21.4	28.1	15.4	208	51	0	0	0
Sep-19	24.6	31.4	18.5	46	0	0	0	0
Oct-19	24.6	31.3	19.2	26	0	0	0	0
Nov-19	23.2	29.3	18.8	44	0	0	0	0
Dec-19	22.8	28.3	19.0	16	0	0	0	0
Jan-20	22.6	27.6	19.1	14	0	0	0	0
Feb-20	22.1	27.3	18.8	48	0	0	0	0
Mar-20	21.9	27.0	18.6	26	0	0	0	0
Apr-20	21.4	26.7	18.0	65	6	0	0	0
May-20	19.4	25.5	14.5	339	110	30	14	0
Jun-20	19.3	25.6	13.8	342	156	23	1	0
Jul-20	19.3	25.7	13.4	355	148	20	0	0
Aug-20	20.8	27.1	14.4	287	118	14	3	0
Sep-20	23.4	29.8	17.3	97	8	0	0	0
Oct-20	23.8	29.7	19.3	28	0	0	0	0
Nov-20	21.9	27.2	18.1	88	2	0	0	0
Dec-20	22.8	28.4	18.6	49	0	0	0	0
Jan-21	22.4	28.2	18.1	108	1	0	0	0
Feb-21	21.1	26.3	18.4	95	1	0	0	0
Total	-	-	-	2281	601	87	18	0

Fonte: INMET (2023)

2.2 AMOSTRAS

As amostras de frutos de mirtilo utilizadas neste experimento, foram provenientes de um pomar experimental de mirtilo em campo aberto. No campo aberto no Setor de Fruticultura da Estação Experimental de Biologia (EEB) (latitude 16° Sul e longitude 48° Oeste 15°44'11.9"S 47°52'53.3"W) da Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal, à altitude de 1010 m acima do nível do mar. O clima da região segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do

tipo AW, caracterizado por chuvas concentradas no verão, de outubro a abril, e invernos secos, de maio a setembro (Cardoso; Marcuzzo; Barros, 2014).

As amostras foram provenientes de experimento em Delineamento em Blocos Casualizados com três repetições por tratamento e 10 plantas por parcela, totalizando 240 plantas úteis. O espaçamento entre plantas utilizado foi de 1 m x 0,4 m. As plantas foram submetidas a dois tipos de poda: (1) Poda drástica sem ramo pulmão e (2) poda drástica com ramo pulmão. Cada uma das podas foi realizada em 4 épocas diferentes (inverno, primavera, verão e outono). Cada uma das épocas foi realizada dentro de um período de 90 dias e os seguintes intervalos foram utilizados: 21 de agosto (Poda Inverno), 21 de novembro (Poda Primavera), 21 de fevereiro (Poda Verão) e 21 de maio (Poda Outono).

A depender do mês e semana de colheita – considerando a época em que a poda ocorreu e tipo de poda – os frutos recém-colhidos foram levados ao laboratório, onde realizaram-se os acondicionamentos em caixas plásticas. Os detalhes sobre a colheita e obtenção de extratos estão descritos na seção abaixo. Em seguida, eles foram pesados e submetidos às análises da atividade antioxidante e dos parâmetros físico-químicos.

2.3. EXTRATO VEGETAL

Os frutos do mirtilheiro de cada um dos tratamentos foram colhidos seguindo um regime semanal e armazenados em freezer (-20 °C). Os mirtilos coletados semanalmente foram agrupados em um lote contendo os frutos de quatro semanas de colheita para obtenção do extrato. Portanto, obteve-se um extrato para cada tipo e época de poda composto de mirtilos coletados dentro da janela de um mês de colheita.

Depois, foram submetidos ao processo de maceração com ultrassom (ultrasound-assisted maceration - UAM). Esse processo foi conduzido em dois períodos de 30 minutos com 200 gramas de mirtilos congelados em 500 mL de etanol, com a troca do solvente entre os

períodos. Na extração por ultrassom utilizou-se 50kHz de frequência e 250 VA de potência, em banho aquecido a 30 °C, por 1 h, utilizando banho ultrassônico (Kondentech - digital ultrasonic cleaner). O extrato foi posteriormente concentrado em rotaevaporador rotativo (Buchi - R-100) e armazenado em freezer -20 °C.

2.4. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

O potencial antioxidante dos extratos de mirtilo foi avaliado por meio do teste *in vitro* de sequestro do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (Sigma Aldrich), conforme o estudo de (Pires *et al.*, 2017) com algumas modificações. Como antioxidante padrão foi utilizado o ácido gálico (da Dinâmica). Inicialmente, foi preparada uma solução metanólica de DPPH (32 µg/mL), e 280 µL dessa solução foi misturada com 20 µL de cada amostra de extrato vegetal (15 mg/mL). Como controle negativo foi utilizada a solução de DPPH+metanol, enquanto o metanol foi utilizado como o branco do controle negativo e, além disso, um branco-amostra constituído por cada amostra de extrato+metanol foi também testado visando diminuir possíveis interferências do solvente.

O ensaio foi conduzido sob o abrigo de luz visível, em triplicata e com três repetições, em microplacas de 96 poços, que foram cobertas por papel alumínio e incubadas sob temperatura ambiente por 30 minutos. Em seguida, a leitura espectrofotométrica foi realizada em um espectrofotômetro acoplado a um leitor de microplacas a 517 nm (Multiskan FC, Thermo Scientific). Os resultados foram apresentados através do equivalente do padrão por massa de extrato vegetal de mirtilo (µg equivalentes de ácido gálico/g amostra – µgAGE/g de mirtilo) onde as médias dos valores de absorbância de cada amostra substituem o valor de Y na equação da reta da curva padrão ($y = -0,1138x + 0,5549$; $R^2 = 0,9946$). Com isso, foi possível calcular o valor de X e ainda por meio da porcentagem de redução do radical DPPH obtida por meio da fórmula a seguir:

$$\% \text{ inibição do DPPH} = (AC - AA) / AC * 100$$

Onde AC é a média da absorbância do controle DPPH e AA é a média da absorbância de cada extrato vegetal.

3. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Brix (°Brix), acidez total titulável (ATT, %), Ratio (SST/ATT), cinzas (%), fibras (g/100g) e umidade (%) foram obtidos por meio de análises no laboratório de pós-colheita utilizando os frutos maduros de plantas de mirtilo para cada época e tipo de poda. As análises químicas foram realizadas de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Sólidos Solúveis Totais (SST): para a determinação dos SST foi utilizado um refratômetro portátil – Hanna Instruments (Modelo-HI96801) com escala de 0 a 85% °Brix. Os resultados foram expressos em “°Brix”.

Acidez Total Titulável (ATT): foi determinada por meio de titulação utilizando solução alcalina padrão na verificação da acidez do suco do fruto de mirtilo inteiro (casca e polpa). Primeiramente, foi preparada a solução padrão de NaOH 0,1 M e calculado o fator de correção da solução. Em seguida, foram preparadas amostras de cada um dos extratos de cada repetição e tratamento contendo 10 g de suco diluído em 50 ml de água destilada. A titulação foi feita em bureta de 25 ml, sob agitação, utilizado 3 gotas de fenolftaleína como indicador e em seguida realizada a titulação com NaOH 0,1 M (padronizada).

Ratio (SST/ATT): O valor da relação SST/ATT foi obtido por meio da razão do teor de sólidos solúveis totais e da acidez total titulável, observados em cada parcela. Essa relação é também chamada *ratio* e constitui a melhor forma de avaliação da qualidade de um produto. Esta relação também é utilizada como uma indicação do grau de maturação da matéria prima.

Cinzas: foram determinadas após completa carbonização da amostra em bico de bunsen e calcinadas em mufla a 550 °C até que o resíduo fosse alcançado, apresentando uma tonalidade branca com matizes acinzentados (IAL, 2004).

Fibra: A determinação foi efetuada através de método gravimétrico, com os resultados apresentados como a porcentagem de fibra bruta, de acordo com o procedimento estabelecido pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Umidade: A análise foi realizada por meio da técnica de desidratação das amostras até atingirem uma massa constante, em estufa a 105 °C, seguindo a metodologia descrita por Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.1. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância utilizando-se para o teste de F, o nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Os programas estatísticos e gráficos utilizados foram produzidos pelas aplicações Sisvar Software (Sisvar, Versão) e GraphPad Prims (Versão 9).

4. RESULTADOS

O potencial antioxidante dos frutos variou significativamente a depender de épocas de poda e tipo de poda realizada nas plantas. Dentro das épocas, a poda drástica apresentou maior potencial antioxidante no outono e na primavera (Figura 1A). No inverno e no verão os dois tipos de poda apresentaram potenciais antioxidantes similares ($P > 0.05$). O potencial antioxidante dos frutos de mirtilo colhidos nesse experimento variou entre 289,620 mgAGE/ g-1 de amostra (poda drástica outono) e 212,036 mgAGE/ g-1 de amostra (poda pulmão inverno).

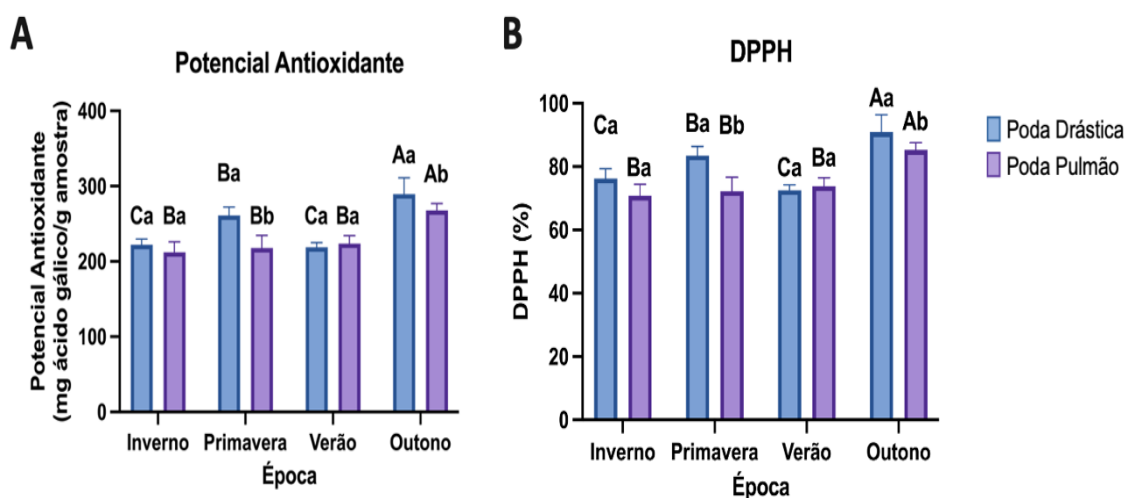


Figura 1. Potencial antioxidante e taxa de redução do DPPH do extrato de mirtilo por estação e tipo de poda

Fonte: Do autor (2023)

*Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Frutos provenientes de plantas podadas no outono apresentaram os maiores valores de potencial antioxidante para os dois tipos de poda. Esse resultado mostra que os frutos provenientes desse tratamento desempenham um papel mais relevante na proteção contra o estresse oxidativo e, potencialmente, um maior benefício à saúde comparado com os frutos produzidos em outras épocas.

A taxa de redução do DPPH também sofreu influência da época da poda bem como do tipo da poda. Para o efeito do tipo de poda dentro das épocas constatou-se que a primavera e o outono foram as épocas nas quais as plantas da poda drástica apresentaram uma maior taxa de redução do DPPH e maior potencial antioxidante comparado com as plantas da poda pulmão (**Figura 1B**). Nas demais épocas, o tipo de poda não teve resultados que diferiram entre si ($P > 0.05$).

Na comparação das épocas de poda foi possível observar o efeito da época na taxa de redução do DPPH. A poda realizada no outono trouxe um maior percentual de redução do

DPPH tanto para a poda drástica como para a poda pulmão (**Figura 1B**), demonstrando que os frutos provenientes de podas realizadas no outono possuem uma maior capacidade antioxidante quando comparados com os frutos das demais épocas.

Sabe-se que o °Brix é um fator extremamente importante na qualidade dos frutos de mirtilo, pois quanto mais alto for o seu valor, maior é a quantidade de açúcares presentes na fruta. Avaliou-se o °Brix em todos os tratamentos buscando verificar o efeito do tipo e da época de poda na concentração de SST na fruta.

Observou-se uma diferença significativa entre o tipo de poda e quantidade de SST das frutas. De maneira geral a poda pulmão apresentou valores mais altos de SST comparada com a poda drástica. Porém essas diferenças foram estatisticamente significantes apenas na primavera e no outono. Entretanto, no inverno, as plantas da poda drástica apresentaram concentrações de SST maiores do que as plantas da poda pulmão (**Figura 2A**).

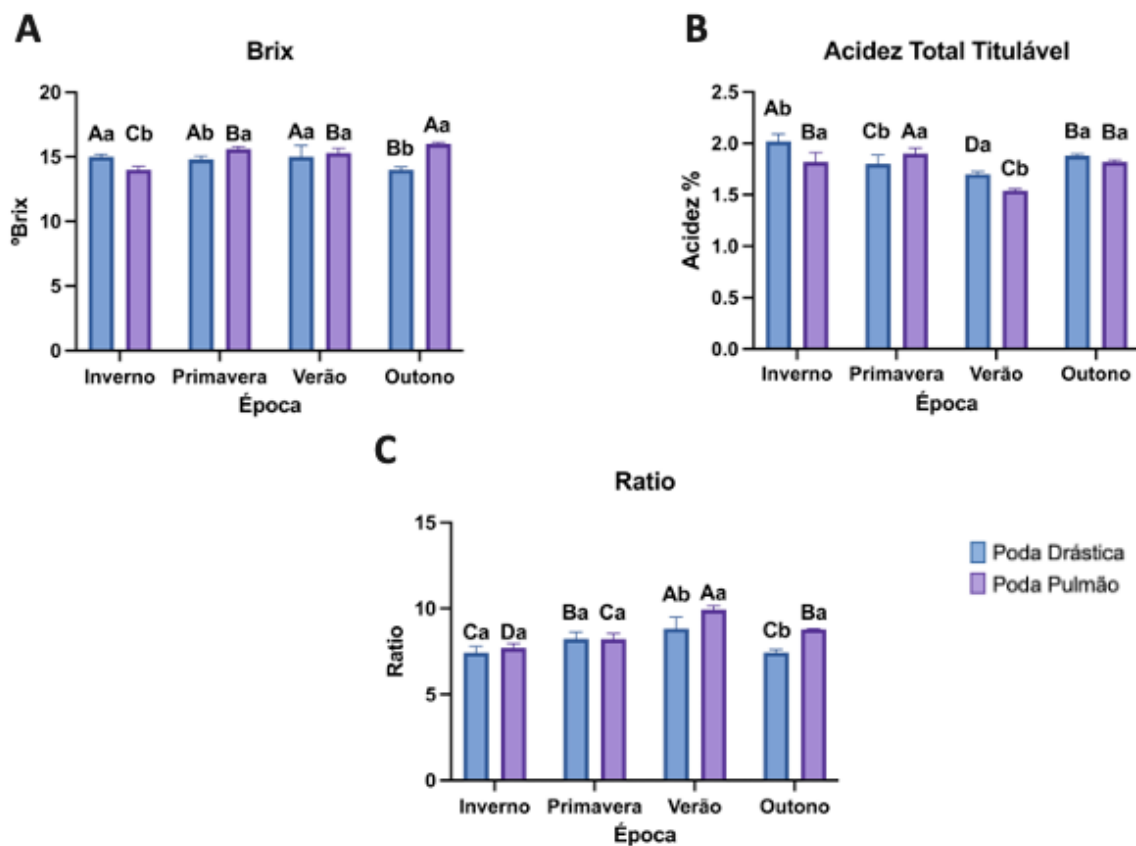


Figura 2. Brix, acidez total titulável (ATT) e ratio do extrato de mirtilo por estação e tipo de poda
Fonte: Do autor (2023)

*Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Pode-se verificar que também houve o efeito da época de poda no °Brix das frutas colhidas. Na poda drástica, as plantas podadas no outono apresentaram um teor de SST menor do que as plantas podadas nas outras três épocas (**Figura 2A**). Na poda pulmão os maiores valores de °Brix foram encontrados no outono e o menor no inverno. Esses resultados vêm destacando assim a relevância do momento da poda na produção de mirtilos de alta qualidade.

Foi possível verificar o efeito do tipo de poda dentro das épocas para a ATT dos frutos. As plantas da poda drástica apresentaram valores mais altos de ATT nas épocas do inverno, verão e outono (**Figura 2B**). Apenas na primavera a poda pulmão apresentou valores de ATT mais altos do que a poda drástica.

Entre as podas pulmão e drástica verificou-se uma variação significativa nos valores da acidez dos frutos. Na poda drástica, a ATT mais alta foi encontrada no inverno e a menor foi no verão. Para a poda pulmão, o maior valor da ATT foi contabilizado na primavera e o menor valor também foi no verão. Logo, pode-se constatar que a poda de verão teve efeito na produção de frutas com um menor índice de ATT.

O *ratio* é uma relação entre os SST e a acidez total titulável (SST/ATT). Ao avaliar o efeito do tipo de poda no *ratio*, apenas no verão e no outono houve uma variação significativa estatisticamente para os valores de *ratio*, com a poda pulmão apresentando os maiores valores nestas duas épocas (**Figura 2C**). Não houve influência do tipo da poda dentro das demais épocas.

Ao comparar o efeito da época da poda foi possível verificar que houve diferenças estatisticamente relevantes para todos os tratamentos (**Figura 2C**). A poda de verão apresentou os maiores valores de *ratio* nas duas podas, o que demonstra o efeito da época na variação do *ratio*. Para a poda drástica, o inverno e o outono apresentaram os valores de *ratio*

mais baixos do que os outros tratamentos, e esses valores não diferiram entre si ($P>0.05$). No entanto, a poda de inverno foi a que apresentou os valores mais baixos tanto para a poda drástica como para a poda pulmão.

Verificou-se que houve diferença estatisticamente significativa no teor de cinzas para o tipo de poda dentro das épocas. A poda drástica apresentou maior teor de cinzas no verão, no outono e na primavera (**Figura 3A**). A poda pulmão somente apresentou valores de cinzas maiores do que a poda drástica durante o inverno.

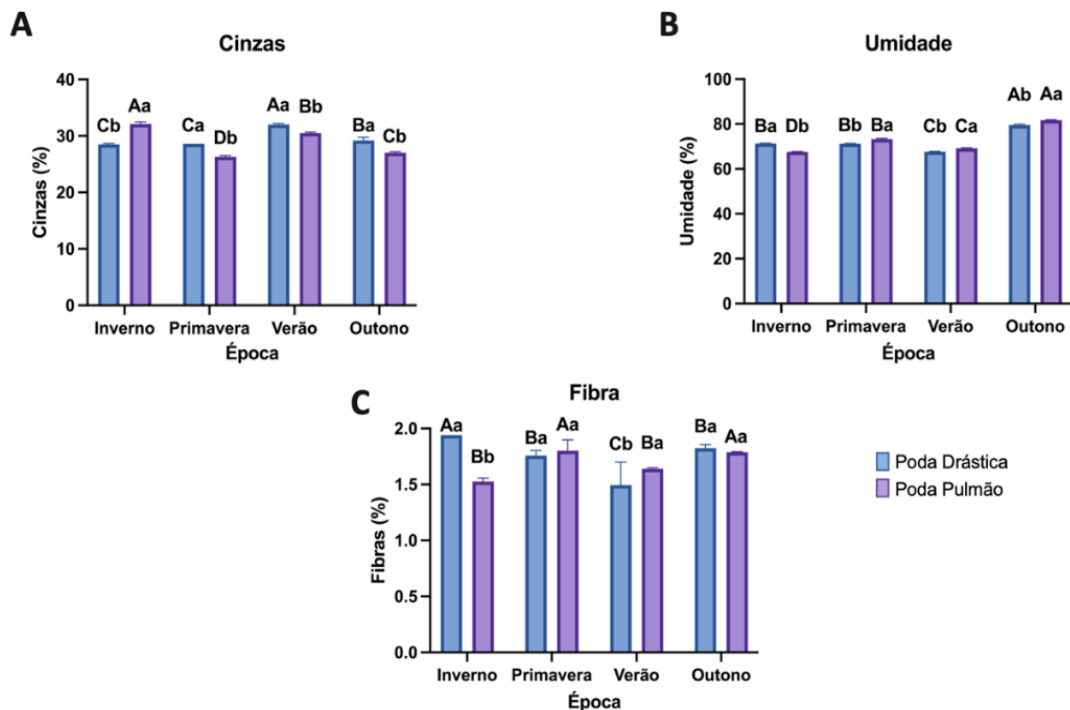


Figura 3. Cinzas, umidade e fibra do extrato de mirtilo por estação e tipo de poda

Fonte: Do autor (2023)

*Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Entre as épocas, também se pode observar o efeito dos tratamentos no teor de cinzas. Para a poda drástica os maiores valores de cinzas foram encontrados no verão, no outono, primavera e inverno, sucessivamente. Na poda pulmão, os maiores valores de cinzas foram encontrados no inverno, no verão, no outono e na primavera, respectivamente.

Foi possível observar o efeito da poda dentro das épocas para o percentual de umidade dos frutos de mirtilo. Na poda drástica verificou-se maior percentual de umidade apenas na poda de inverno (**Figura 3B**). Nas demais épocas a poda pulmão foi responsável por trazer as maiores taxas de umidade nos frutos.

Foi possível verificar o efeito das épocas de plantio no teor da umidade dos frutos nas duas podas. Na poda drástica e na poda pulmão verificou-se o maior teor de umidade na poda do outono. Já os menores valores de umidade foram encontrados no verão para a poda drástica e no inverno para a poda pulmão.

Verificou-se que no inverno a poda drástica apresentou maior percentual de fibras comparada com a poda pulmão (Figura 3C). Já no verão ocorreu o inverso e a poda pulmão apresentou um maior percentual de fibras do que a poda drástica. Nas demais épocas não houve diferença significativa para os valores de fibras entre os dois regimes de poda empregados.

Houve variação no teor de fibras em relação à época de poda. Para a poda drástica o maior valor de fibra foi encontrado no inverno e o menor no verão. Para a poda pulmão a primavera e o outono foram agrupados, apresentando os maiores valores de fibras e o teor mais baixo foi encontrado nas podas de verão e de inverno.

5. DISCUSSÃO

Sabe-se que o mirtilo é, entre as frutas produzidas em escala comercial, a mais ricas em antioxidantes. Além disso faz parte do grupo das frutas mais saudáveis devido às suas diversas propriedades nutricionais. Com a expansão dos cultivos para áreas de clima tropical, graças ao advento de novas cultivares com baixa exigência de frio, houve um aumento considerável na disponibilidade de mirtilo no mercado mundial com uma expansão do seu consumo.

No entanto, dados relacionando a qualidade nutricional de frutos produzidos em clima tropical (com temperatura mínima média acima de 7,2 °C), principalmente das frutas produzidas no cerrado brasileiro, ainda são escassos. Dessarte, o presente trabalho avaliou a relação entre dois tipos de poda e as podas realizadas em diferentes épocas do ano, com a atividade antioxidante e as propriedades físico-químicas de plantas de mirtilo cultivadas no Distrito Federal.

O potencial antioxidante dos frutos de mirtilo foi maior na poda drástica de outono. Foi possível observar que, a depender da estação em que a poda foi realizada, houve uma variação nos valores do potencial antioxidantes das frutas. Ao avaliar meses diferentes de colheita de mirtilo das CV ‘Nelson’ e ‘Elliot’, (Routray; Orsat, 2014) verificaram que também houve uma variação na atividade antioxidante das folhas de mirtilo a depender do tempo de colheita delas. Essa variação chegou a representar uma diferença 69% maior ao compararmos a menor taxa de atividade antioxidante com a maior taxa. Da mesma forma, Radünz *et al.* (2014) verificaram variação na atividade antioxidante a depender da época de poda, ao avaliar 3 cultivares de mirtilo diferentes na região de Pelotas – RS. Portanto, verificou-se alto efeito da época de poda representando um aumento ou uma diminuição no potencial antioxidantes dos frutos, o que indica que a época de poda tem uma maior influência nesta característica do que o tipo de poda utilizado no manejo da cultura do mirtilo.

Ao avaliar o potencial antioxidante de mirtilos produzidos na região sul do país (CV ‘Climax’), Bianchi (2017) verificou maiores valores de atividade antioxidante em plantas cujas podas foram realizadas no período de temperaturas mais frias (no mês de maio de 2020). Similarmente, Arellanes-Juárez, Benito-Bautista e Zárata-Nicolás (2023) também encontram maiores valores de compostos bioativos em plantas de mirtilo CV ‘Biloxi’ as quais tiveram a poda realizada nos meses de menor temperatura ambiente na região de Oaxaca, México. Sabe-se que outros fatores influenciam na disponibilidade dos antioxidantes nas frutas; logo, é

necessário realizar estudos verificando a disponibilidade desses antioxidantes quando o consumidor final for consumir a fruta. Os experimentos propostos podem ser repetidos em meses diferentes do ano no DF, ou pode-se também testar uma poda a cada 30 dias para verificar a viabilidade da colheita e temperaturas médias dos meses de colheita.

Os valores de SST variaram entre 16 °Brix na poda pulmão de outono e 14 °Brix, tanto na poda drástica de outono como na poda pulmão de inverno. Os valores encontrados foram superiores às médias de SST encontradas por Arellanes-Juárez, Benito-Bautista e Zárata-Nicolás (2023) ao avaliarem o teor de SST nas plantas de mirtilo CV ‘Biloxi’ em Oaxaca, México. Eles obtiveram valores que variaram entre 11,9 °Brix e 13,6 °Brix ao colherem frutos de mirtilo em quatro meses distintos (julho-outubro). Frías-Ortega *et al.* (2020), avaliando a resposta da qualidade dos frutos de mirtilo CV ‘Biloxi’ em resposta à concentração de nutrientes da solução de irrigação, encontraram valores de SST variando entre 10,6 – 13,2 °Brix, valores menores do que os encontrados no presente estudo. Os valores de SST encontrados neste estudo foram altos quando comparados aos resultados presentes na literatura, indicando uma boa qualidade e sabor dos frutos. No entanto, como o sabor é uma característica complexa, que está relacionada à quantidade de ácidos e voláteis e à matriz alimentar, não é possível estabelecer uma relação simples entre SST e a doçura da fruta (Cordenunsi *et al.*, 2002).

A ATT variou entre 1,54 – 2,02 %. Estes valores foram mais altos do que os encontrados por Hera, Sturzeanu e Teodorescu (2021), que encontraram valores variando de 0,12 a 1,25 % ao avaliar a qualidade dos frutos de 7 cultivares distintas de mirtilo. Apesar dos valores de ATT terem sido mais altos do que os encontrados em outros trabalhos realizados com mirtilos da CV ‘Biloxi’, os valores deste estudo estão dentro da faixa encontrada por (Galletta *et al.*, 1971), que avaliaram os parâmetros físico-químicos de 104 clones de mirtilos cultivados nos Estados Unidos. A ATT é uma das variáveis que compõe o *ratio* (SST/ATT).

Conseqüentemente, os valores do *ratio* obtidos neste experimento foram menores do que os encontrados por outros autores (Fang *et al.*, 2020; Medeiros *et al.*, 2021). Os valores de ATT encontrados neste estudo indicam que os frutos produzidos no Distrito Federal tendem a possuir um sabor mais azedo (Galletta *et al.*, 1971) devido ao maior índice de ATT apresentado.

A umidade dos frutos de mirtilo variou entre 67,6 % (poda pulmão inverno) e 81,7 % (poda pulmão outono) e os valores referentes à concentração de cinzas variou entre 26,3 % (poda drástica primavera) e 32,1 % (poda pulmão inverno). Rocha Concenço *et al.* (2014) encontraram valores maiores para a umidade (87,5 %) e menores para a quantidade de cinzas (17 %) em frutos de mirtilo CV 'Bluegem' produzidos na região Sudeste do Brasil. Os valores observados para as características físico-químicas neste experimento demonstram que os frutos de mirtilo colhidos apresentam boa qualidade de acordo com os parâmetros estabelecidos por Saftner *et al.* (2008).

A concentração de fibras nos frutos variou entre 1,52 % (poda pulmão inverno) e 1,94 % (poda drástica inverno). Esses resultados foram superiores ao encontrado por (Lameiro *et al.*, 2019), que avaliaram a qualidade físico-química de frutos de mirtilo produzidos na região Sul do país. Os valores de fibras encontrados neste estudo condizem com os valores presentes na literatura, demonstrando o potencial que o fruto possui em melhorar a saúde intestinal além dos benefícios na diminuição do risco de doenças cardiovasculares (Sinha *et al.*, 2012).

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho traz resultados que corroboram as evidências já conhecidas de que o mirtilo possui qualidades funcionais na alimentação devido a sua alta capacidade antioxidante.

A poda no outono proporcionou frutos com maior potencial antioxidante e maior quantidade de SST. Além disso, os frutos colhidos em todos os tratamentos apresentaram valores de SST considerados bons, evidenciando que a qualidade do fruto não é um fator que varia em relação à época ou tipo de poda. Frutos de mirtilheiro produzidos em Brasília – DF, em condições de clima tropical sem presença de horas de frio abaixo de 7,2 °C, possuem atributos físico-químicos ideais atendendo às exigências do mercado. Portanto, recomenda-se que podas sejam realizadas no outono para obtenção de frutos com maior capacidade antioxidante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARELLANES-JUÁREZ, N.; BENITO-BAUTISTA, P.; ZÁRATE-NICOLÁS, B. H. Phenolic compound content in “Biloxi” blueberry grown in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico, harvested in warm season, **Acta Horticulturae**, v. 1357, 2023.

BETT-GARBER, K. L. *et al.* Flavor of Fresh Blueberry Juice and the Comparison to Amount of Sugars, Acids, Anthocyanidins, and Physicochemical Measurements. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 4, p. S818–S827, 2015.

BIANCHI, A. P. **Avaliação do potencial antioxidante de extratos encapsulados de mirtilo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, 2017.

BUNEA, A. *et al.* Comparative Polyphenolic Content and Antioxidant Activities of Some Wild and Cultivated Blueberries from Romania. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, v. 39, n. 2, p. 70-76, 2011.

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 Geografia**, v. 8, n. 16, p. 40–55, 2014.

CESA, S. *et al.* Evaluation of processing effects on anthocyanin content and colour modifications of blueberry (*Vaccinium* spp.) extracts: Comparison between HPLC-DAD and CIELAB analyses. **Food Chemistry**, v. 232, p. 114–123, 2017.

CHAUDHARY, A.; VERMA, K.; SAHARAN, B. S. Probiotic Potential of Blueberry Jam Fermented with Lactic Acid Bacteria. **Current Research in Nutrition & Food Science**, v. 8, n. 1, 2020.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras, 2005. v. 1.

CORDENUNSI, B. R. *et al.* Influence of Cultivar on Quality Parameters and Chemical Composition of Strawberry Fruits Grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 9, p. 2581–2586, 1 abr. 2002.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 2006.

DEVAREDDY, L. *et al.* Blueberry prevents bone loss in ovariectomized rat model of postmenopausal osteoporosis. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 19, n. 10, p. 694–699, 2008.

DUAN, Y. *et al.* Blueberry fruit valorization and valuable constituents: A review. **International Journal of Food Microbiology**, p. 109890, 2022.

ELSAYED AZAB, A. *et al.* Oxidative stress and antioxidant mechanisms in human body. **Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering**, v. 6, n. 1, p. 43–47, 2019.

FANG, Y. *et al.* Optimizing nitrogen fertigation rates for young southern highbush blueberry. **Agronomy**, v. 10, n. 3, p. 389, 2020.

FERNÁNDEZ-ARAQUE, A. *et al.* Los antioxidantes en el proceso de patologías oculares. **Nutricion Hospitalaria**, v. 34, n. 2, p. 469–478, 2017.

FRÍAS-ORTEGA, C. E. *et al.* Nutrient solution concentration and its relationship with blueberry production and quality. **Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 21, n. 3, 2020.

GALLETTA, G. J. *et al.* Relationships Between Fruit Acidity and Soluble Solids Levels of Highbush Blueberry Clones and Fruit Keeping Quality¹. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 96, n. 6, p. 758–762, 1971.

HERA, O.; STURZEANU, M.; TEODORESCU, R. Preliminary results regarding the fruit quality and yield of some blueberry genotypes. **Current Trends in Natural Sciences**, v. 10, n. 20, p. 79–84, 2021.

HOFFMANN, A.; ANTUNES, L. E. C. Embrapa Uva e Vinho. **Cultivar**, v.5, n. 27, ago./set. 2004.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/noticias?noticias=2023>. Acesso em: 21 out. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4. ed. São Paulo, 2004.

JIANG, X.; LI, T.; LIU, R. H. 2 α -Hydroxyursolic acid inhibited cell proliferation and induced apoptosis in MDA-MB-231 human breast cancer cells through the p38/MAPK signal transduction pathway. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 64, n. 8, p. 1806–1816, 2016.

- LAMEIRO, M. G. S. *et al.* características físico-químicas da amora-preta (*rubusfruticosus*) e mirtilo (*vacciniumasheireade*) em seus produtos liofilizados. **Global science and technology**, v. 12, n. 1, 2019.
- LIMA, F. N. *et al.* Ecophysiology of the Southern Highbush blueberry cv. Biloxi in response to nitrogen fertigation. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. e3245–e3245, 2020.
- LIU, CHENGHAI *et al.* Improvement of anthocyanins rate of blueberry powder under variable power of microwave extraction. **Separation and Purification Technology**, v. 226, p. 286–298, 2019.
- LUTZ, A. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos para análise de alimentos. **São Paulo**, v. 3, p. 533, 2008.
- MEDEIROS, J. G. S. *et al.* Production of blueberries in subtropical climate of altitude. **Comunicata Scientiae**, v. 12, p. e3529–e3529, 2021.
- MEDINA, R. B. *et al.* Performance of 'Emerald' and 'Jewel' blueberry cultivars under no-chill incidence. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, p. 147–152, 2018.
- MORAIS, J. O. *et al.* Estudo do mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) no processamento de produtos alimentícios. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 18-22, 2007.
- NEGI, T. *et al.* Advances in bioconversion of spent tea leaves to value-added products. **Bioresource Technology**, v. 346, p. 126409, 2022.
- NUNES, S. *et al.* Blueberry juice as a nutraceutical approach to prevent prediabetes progression in an animal model: focus on hepatic steatosis. **European Journal of Public Health**, v. 29, n. 1, p. ckz034.011, 2019.
- PEREZ, C. *et al.* Blueberry by-product used as an ingredient in the development of functional cookies. **Food Science and Technology International**, v. 24, n. 4, p. 301–308, 20 dez. 2017.
- PIRES, J. *et al.* Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. **Instituto de Biociências**, Universidade de São Paulo, v. 12, p. 1–6, 2017.
- RADÜNZ, A. L. *et al.* Effect pruning time on yield and quality of blueberry fruit. **Bragantia**, v. 73, p. 45–49, 2014.
- ROCHA CONCENÇO, F. I. G. *et al.* Caracterização e avaliação das propriedades físico-químicas da polpa, casca e extrato de mirtilo (*vaccinium myrtillus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 1, 2014.
- ROUTRAY, W.; ORSAT, V. Variation of phenolic profile and antioxidant activity of North American highbush blueberry leaves with variation of time of harvest and cultivar. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 147–155, 2014.

RUFINO, M. S. M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais Brasileiras não tradicionais**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2008.

RURUSH, E. *et al.* Drying kinetics of blueberry pulp and mass transfer parameters: Effect of hot air and refractance window drying at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 320, p. 110929, 2022.

SAFTNER, R. *et al.* Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 49, n. 1, p. 19–26, 2008.

SILVA, D.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 1981.

SINHA, N. K. *et al.* **Handbook of fruits and fruit processing**. [s.l.]: John Wiley & Sons, 2012.

SUN, X. *et al.* Improving effects of three selected co-pigments on fermentation, color stability, and anthocyanins content of blueberry wine. **Lwt**, v. 156, p. 113070, 2022.

WANG, H. *et al.* Comparison of phytochemical profiles, antioxidant and cellular antioxidant activities of different varieties of blueberry (*Vaccinium* spp.). **Food Chemistry**, v. 217, p. 773–781, 2017.

YANG, N. *et al.* Influences of stir-frying and baking on flavonoid profile, antioxidant property, and hydroxymethylfurfural formation during preparation of blueberry-filled pastries. **Food chemistry**, v. 287, p. 167–175, 2019.