

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS IBIRUBÁ**

CULTURA DO MIRTILO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

TAMARA GYSI

Ibirubá, 2023.

TAMARA GYSI

CULTURA DO MIRTILO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado junto ao curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá como requisito parcial da obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Bruna Dalcin Pimenta

Ibirubá, 2023.

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por ter me conduzido pelos caminhos, que me fizeram chegar até aqui.

Aos meus pais, Anelise e André, minha irmã, Taíza, que me incentivaram nos momentos difíceis. Ao meu namorado e companheiro de vida, Everson, que nunca me recusou amor, apoio e incentivo. Obrigado, por compartilhar os inúmeros momentos de ansiedade e estresse. Sem você ao meu lado o trabalho não seria concluído. Ao meu filho, Oliver, que torna as coisas fáceis quando a vida fica difícil e me motiva seguir sempre em frente. As palavras não podem expressar a quão grata sou a todos vocês.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, João Henn e a Thaís Dierings, pelo companheirismo e parceria, os quais auxiliaram nos trabalhos. Além disso, menciono aqui a Júlia Cassel, que desde o início do curso tornou-se minha amiga e companheira.

Com muita admiração, a minha orientadora, Bruna Dalcin Pimenta, por todos os conselhos e auxílio oferecidos, e por ter desempenhado tal função com dedicação e amizade. Mais do que aquela pessoa que transmite conhecimento na sala de aula, você cria empatia com seus alunos!

Também, agradeço a todos os professores do curso de Agronomia do IFRS Campus Ibirubá, pelos ensinamentos adquiridos ao longo do curso.

Agradeço também ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), pela oportunidade de fazer o curso, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

RESUMO

O mirtilo (*Vaccinium spp.*) é uma fruta exótica de sabor agradável, conhecida como “fonte da longevidade” devido aos seus benefícios nutricionais. Possui ótimo aspecto visual, podendo ser consumida in natura ou processada, destacando-se pelo seu elevado interesse comercial e grande potencial para diversificação da agricultura familiar. Entretanto, o escasso conhecimento técnico sobre a cultura e a dificuldade de propagação da maioria das cultivares estão entre os fatores limitantes à expansão do cultivo de mirtilos. Devido ao exposto, entende-se a necessidade em reunir informações assertivas em relação ao processo de cultivo, manejo e multiplicação de mudas de mirtilo, devido à grande importância socioeconômica da cultura, e a elevada possibilidade de diversificação de produção nas propriedades rurais, aliado, também, ao elevado valor agregado da cultura. Para isso, este trabalho objetiva reunir essas informações, focando nos últimos anos de publicações disponíveis, e abordando os principais temas sobre a cultura, como necessidade hídrica, solo, propagação, manejo, colheita e armazenamento dos frutos. Nota-se que, de maneira geral, ainda se tem muita pesquisa acerca do assunto para ser realizada, principalmente em relação a melhor época para realizar a propagação e a necessidade de utilizar hormônio vegetal ácido indolbutírico (AIB) para facilitar o enraizamento das estacas, o que torna a cultura do mirtilo ainda mais interessante, abrangente e com muitas oportunidades de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: *Vaccinium spp.*; manejo; propagação; colheita.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Planta de mirtilo	15
Figura 2- Flores de mirtilo	17
Figura 3- Frutos de mirtilo.....	18
Figura 4- Estágios fenológicos do mirtilo.....	19
Figura 5- Horas de frio estimadas de maio a setembro na região sul do Brasil.....	26
Figura 6- Visualização da linha principal e linhas laterais em sistema de irrigação por gotejamento.....	31
Figura 7- Retirada de estaca da planta-mãe	32
Figura 8- Aspecto das estacas herbáceas de mirtilo, tipo rabbiteye, com apenas as duas folhas superiores.	34
Figura 9- Poda na plantação.....	38
Figura 10- Poda durante os 2-5 primeiros anos no campo	39
Figura 11- Poda da planta adulta	40
Figura 12- Maravalha de casca de pinus.....	40
Figura 13- Maravalha de casca de pinus utilizada para ajudar no controle de plantas daninhas	41
Figura 14- Canteiros com maravalha de casca de pinus para controle de plantas daninhas...41	
Figura 15- Sintomas de ferrugem nas folhas de mirtilo.....	43
Figura 16- Podridão causada por <i>Botrytis</i> spp. em fruto verde de mirtilo.....	43
Figura 17- Sintomas de ferrugem nos frutos de mirtilo.....	44
Figura 18- Raízes de mirtilo afetadas por <i>Phytophthora</i> spp.....	44
Figura 19- Flores de mirtilo afetadas por <i>Botrytis</i> spp.	44
Figura 20- Mirtilos colhidos no estágio em maturação adequada (epiderme azul uniforme).47	
Figura 21- Mirtilos em diferentes estágios de maturação	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Evolução da superfície cultivada e produção de mirtilos em distintas regiões do mundo no período de 1998-2011	14
Tabela 2- Resumo das conversões da temperatura em unidades de frio.....	24
Tabela 3- Requerimento em horas de frio (HF) de cultivares de mirtilo	24
Tabela 4- Recomendação de adubação fosfatada e potássica, de pré-plantio, para a cultura do mirtilo de acordo com a análise de P e de K no solo.	29
Tabela 5- Recomendação de adubação nitrogenada, de crescimento e de produção, para o mirtilo.....	30
Tabela 6- Doenças que afetam a cultura do mirtilo	42
Tabela 7- Característica físico-química de frutos de mirtilo.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIB- Ácido Indol Butírico

HA- Hectare

HF- Horas frio

UF- Unidades de frio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. JUSTIFICATIVA.....	11
3. OBJETIVO GERAL.....	12
3.1 Objetivos Específicos.....	12
4. DESENVOLVIMENTO.....	13
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA.....	13
4.1.1 Importância econômica do mirtilo.....	13
4.1.2 Caracterização botânica e morfológica do mirtilo.....	15
4.1.3 Propriedades funcionais.....	19
4.1.4 Grupos de mirtilo.....	20
4.1.4.1 Características dos cultivares.....	21
4.1.5 Requerimento de horas frio.....	22
4.1.6 Caracterização do solo.....	27
4.1.6.1 Importância dos nutrientes.....	27
4.1.6.2 Acidificação do solo.....	28
4.1.6.3 Adubação de pré-plantio e manutenção.....	28
4.1.6.4 Adubação de crescimento e de produção.....	29
4.1.7 Necessidade hídrica.....	30
4.2 PROPAGAÇÃO.....	32
4.2.1 Métodos de propagação.....	32
4.2.1.2 Estaquia.....	32
4.2.2 Uso de hormônios.....	34
4.2.3 Tipos de substratos.....	36
4.2.4 Épocas de propagação.....	37
4.3 MANEJO DA CULTURA.....	37
4.3.1 Poda.....	37
4.3.2 Manejo fitossanitário.....	40
4.3.2.1 Principais doenças e controle.....	41
4.4 COLHEITA.....	45

4.4.1 Fatores que condicionam a conservação pós-colheita.....	45
4.4.1.1 Processos físicos.....	45
4.4.1.2 Processos químicos e bioquímicos.....	46
4.4.1.3 Colheita.....	46
5. CONCLUSÃO.....	50
6. REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma atividade que exerce importante papel econômico, social, cultural e tem se apresentado, de acordo com Medeiros (2006), como uma das atividades mais importantes da cadeia de alimentos, tanto na oferta de fruta in natura como processados, quer de forma individual como geleias, sucos, frutas congeladas, polpas, sorvetes ou licores.

O mirtilheiro é uma espécie frutífera oriunda de algumas regiões da Europa e da América do Norte. Essa cultura foi inserida no Brasil em 1983, pela Embrapa Clima Temperado, com a introdução de cultivares do grupo rabbiteye de baixa exigência em frio (ANTUNES, 2007). Embora ainda seja pouco conhecido em algumas regiões do Brasil, vem tornando-se uma boa alternativa para os produtores rurais por ser uma fruta muito apreciada não somente pelo seu sabor exótico, como também pelo elevado valor econômico e pelos poderes medicinais (ANTUNES; MADAIL, 2005). Além disso, pode ser fonte de renda a agricultores familiares, proporcionando diversificação na produção e escalonamento nos cultivos. Porém, o escasso conhecimento técnico sobre a cultura e a dificuldade de propagação da maioria das cultivares estão entre os fatores limitantes à expansão do cultivo de mirtilos (SHAHAB et al., 2018; KOYAMA et al., 2019).

O mirtilheiro pode ser propagado sexuadamente via sementes e propagado por meio vegetativo, na qual incluem-se a propagação via enxertia, estaquia, micropropagação e de rebentos, mas a técnica mais utilizada, segundo Antunes et al. (2006), é a estaquia, pois, de acordo com Fachinello et al. (2005), além de reduzir a fase juvenil da planta, antecipando a produção, permite a obtenção de plantas uniformes, com características idênticas às da planta-mãe.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é reunir informações sobre a cultura, através dos resultados obtidos na literatura a fim de proporcionar o conhecimento sobre o cultivo, propagação, manejo e colheita.

2. JUSTIFICATIVA

Em regiões subtropicais e tropicais como o Brasil, o escasso conhecimento técnico sobre a cultura e a dificuldade de propagação da maioria das cultivares estão entre os fatores limitantes à expansão do cultivo de mirtilos (SHAHAB et al., 2018; KOYAMA et al., 2019).

Este estudo está amparado pelo elevado destaque que a cultura do mirtilo (*Vaccinium sp.*) está ganhando em todo Brasil, o qual, possui mercado crescente e ainda é muito pouco produzido, sendo a área cultivada de aproximadamente 250 ha, sem estatísticas oficiais, e divididos nos estados do RS, SC, PR, SP e MG. No Rio Grande do Sul, aproximadamente 60 produtores exploram essa cultura, não possuindo, ainda, informações relevantes sobre o cultivo e a propagação da cultura na região noroeste do Estado. Dentre os entraves para a expansão do mirtilo no Brasil, a pouca disponibilidade e o alto custo das mudas merece destaque.

Além disso, sabe-se que a estaquia é a via mais utilizada em frutíferas para propagar as espécies. Entretanto, há dificuldades em realizá-la na cultura do mirtilo, ora por falta de plantas viáveis para retirada de estacas ora pelo pouco conhecimento da cultura por parte dos produtores. Junto a isso, na região noroeste do RS, não há pesquisas publicadas que comprovem a melhor época para retirada das estacas da planta-mãe nem se e qual a concentração de AIB irá proporcionar maior enraizamento das estacas.

Devido ao exposto, entende-se a necessidade em reunir informações assertivas em relação ao processo de cultivo, manejo e multiplicação de mudas de mirtilo, devido à grande importância socioeconômica da cultura, e a elevada possibilidade de diversificação de produção nas propriedades rurais, aliado, também, ao elevado valor agregado da cultura.

3. OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão bibliográfica acerca de itens essenciais no cultivo de mirtilo (*Vaccinium spp.*), como tipo de solo, plantio, necessidade hídrica, propagação, manejo do pomar, colheita e armazenamento das frutas.

3.1 Objetivos Específicos

- Conhecer a cultura do mirtilo, destacando sua importância como fonte de renda alternativa às pequenas propriedades.
- Identificar as necessidades hídricas e nutricionais, através de estudos sobre a irrigação e adubação do mirtilheiro.
- Constatar as práticas necessárias ao manejo e condução das plantas de mirtilo, levando em conta suas características botânicas e morfológicas, além da diferenciação entre os cultivares.
- Conhecer a metodologia de propagação da cultura, em especial a estaquia, tendo em vista o uso do fitormônio AIB como enraizante e sua concentração ideal.
- Distinguir o melhor substrato e época para a realização da propagação por estaquia.
- Descrever como deve ocorrer a poda do mirtilheiro e qual a melhor época para realização desta.
- Estudar o manejo fitossanitário da cultura, levando em conta as principais doenças e seu controle.
- Definir o grau ideal de maturação e descrever o processo de colheita do mirtilo.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA

4.1.1 Importância econômica do mirtilo

Dentre as diversas espécies hoje denominadas “pequenas frutas” (morango, amora preta, framboesa, mirtilo) o mirtilheiro é uma das culturas mais promissoras para ser cultivado na região sul do Brasil. Isso se deve, principalmente, às condições edafoclimáticas propícias à adaptação de várias cultivares (RUFATO E ANTUNES, 2016).

Os Estados Unidos e o Canadá são responsáveis por grande parte da produção mundial, os EUA possui metade da produção e o Canadá 33%. A Europa tem 16% da produção mundial e o restante do mundo apenas 1%. Os Estados Unidos apresentam os maiores índices de consumo, e mesmo tendo a maior produção mundial, importam cerca de 82% da produção do restante do mundo (MADAIL & SANTOS, 2007).

O mirtilo foi introduzido no Brasil em 1983, pela Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS), a partir de uma coleção de cultivares oriundas da Universidade da Flórida, porém o cultivo comercial se iniciou em 1990, no município de Vacaria, RS (MADAIL e SANTOS, 2004).

Na América do Sul houve um incremento de 478% na área plantada com mirtilo no período de 2003-2008 (RETAMALES E HANCOCK, 2012). No hemisfério Sul, o Chile é o país que tem a maior proporção da área plantada e o maior volume exportado (Tabela 1) (RETAMALES et al., 2015). No Brasil, o maior produtor de mirtilo é o estado do Rio Grande do Sul. De acordo com a Hortifruti Brasil (2019), nos anos de (2016-2018), o mirtilo foi negociado na média de R\$ 55,00/kg no atacado de São Paulo, valor bem superior aos R\$ 2,00/kg da banana, por exemplo.

Segundo Hoffmann & Antunes (2011), o crescimento mundial no consumo de mirtilo é um dos maiores entre as frutas, cerca de 20% ao ano. Os pontos positivos do cultivo de mirtilo são: interesse do mercado consumidor, interno como externo, propriedades funcionais, poucos problemas fitossanitários, diversas formas de consumo (tanto em natura como em polpas, sucos, geléias e licores) e a possibilidade de oferta da fruta nos meses de novembro a abril.

Entretanto o cultivo de mirtilo também apresenta algumas dificuldades como: falta de conhecimento técnico sobre a cultura, falta de informações sobre qual cultivar se adaptada a determinado local, dificuldade na produção de mudas, risco de ocorrência de novas doenças e pragas e a colheita trabalhosa realizada diariamente (HOFFMANN e ANTUNES, 2011).

Para realizar a implantação da cultura do mirtilo é preciso um elevado investimento inicial, e somente após alguns anos é possível recuperar o capital investido. Uma planta de mirtilo que começa a produzir no terceiro ano, alcança a fase adulta com produção estável no sétimo ou oitavo ano. Uma plantação bem manejada, em plena produção, chega a produzir 8 toneladas por hectare (NeSMITH, 2008).

Tabela 1- Evolução da superfície cultivada e produção de mirtilos em distintas regiões do mundo no período de 1998-2011

Região	Países	Área cultivada (ha)		Produção (toneladas)	
		1998	2011	1998	2011
Mundo		48.903	81.091	143.704	467.048
América do Norte	Estados Unidos	14.080	29.137	69.445	201.032
	Canadá	19.955	38.413	35.118	112.363
Europa	Polônia	3.500	2.455	17.100	8.595
	Alemanha	ND	1.434	ND	6.608
	Holanda	900	941	ND	5.722
América do Sul	Chile	900	13.743	6.549	99.790
	Argentina	100	2.999	ND	20.638
	Uruguai	ND	447	ND	2.676
	Brasil	ND	142	ND	59
	Peru	ND	316	ND	181
	Colômbia	ND	4	ND	5

Fonte: BRAZELTON, 2013; FAO, 2013

4.1.2 Caracterização botânica e morfológica do mirtilo

A espécie *Vaccinium spp* é pertencente à família Ericaceae, sendo originária da Europa e América do Norte. A planta de mirtilo possui porte arbustivo (Figura 1) de folhagem decídua no inverno, de 2 a 4m de altura e exige de acordo com a cultivar um número variável de horas de frio, temperaturas abaixo de 7,2 °C possui hábito de crescimento basitônico, ou seja, a brotação ocorre, preferencialmente, nas gemas basais, característica que define o porte da planta (HERTER & WREGGE, 2007). Produz frutos tipo baga, de coloração azul-escura, de formato achatado, coroada pelos lóbulos persistentes do cálice, com muitas sementes envolvidas em uma polpa. As flores são formadas durante a primavera quando as plantas ainda estão sem folhas (HARRI et al., 2006).

Figura 1- Planta de mirtilo



Fonte: A autora, (2021).

Os grupos principais de mirtilheiro cultivados comercialmente são três: lowbush; highbush e Rabbiteye (CHILDERS; LYRENE, 2006; STRIK, 2007). O grupo Rabbiteye é o que compõem as principais cultivares no Brasil. Este grupo destaca-se por apresentar, entre outras características, vigor, longevidade, produtividade, baixa necessidade em frio, produzindo frutos firmes e de longa duração (EHLENFELDT et al., 2007). As cultivares deste grupo brotam e florescem bem com apenas 350 horas de frio (HF) (HERTER; WREGGE, 2006), condição está encontrada em grande parte dos municípios do sul do Brasil (RADUNZ et al., 2016). Para Antunes e Raseira (2006) são necessários estudos de adaptação em regiões com

potencial para produção de mirtilo, pois as épocas de floração e maturação podem variar, conforme o ano e o local (NESMITH, 2006)

Seu sistema radicular é superficial composto por raízes grossas (2 a 11 mm de diâmetro), que são capazes de alcançar até um metro de profundidade, estas são responsáveis por fixar a planta no solo, e raízes finas (<2 mm de diâmetro), estas distribuídas nas camadas superficiais de solo entre 30 a 40 cm, e que garantem a absorção de água e nutrientes (FONSECA, 2007).

As raízes do mirtilo não possuem pêlos radiculares. Estas estruturas asseguram, nas plantas que os possuem, mais de 90% da absorção de água e nutrientes. Os mirtilos podem desenvolver simbioses com vários fungos do solo, cujas hifas se expandem, em parte, nas primeiras camadas de células das raízes e o restante, no solo que as rodeia. É esta porção das hifas, que pode ter 2 a 2,5 cm de comprimento, que assume o papel dos pêlos radiculares e assegura a absorção de água e nutrientes, de que e as plantas necessitam (FONSECA & OLIVEIRA, 2007).

O crescimento vegetativo inicia-se pelo abrolhamento dos gomos, na Primavera e prossegue com o crescimento dos ramos até ao fim do verão. Os ramos possuem normalmente de 15 a 50 cm de comprimento podendo apresentar dois a três fluxos de crescimento, por ano, desde que as condições climáticas e as disponibilidades de água e nutrientes estiverem adequadas.

Os ramos têm origem em gomos da coroa, ou seja, na zona de transição, em que o sistema vascular apresenta uma estrutura morfológica intermédia entre o sistema vascular das raízes e o dos ramos. Estes ramos constituem a estrutura da planta. Existem ainda ramos laterais que se formam a partir de gomos existentes na axila das folhas. Os ramos com origem na coroa e os laterais mais ou menos eretos, apresentam um crescimento do tipo simpodial, com fluxos de rápido crescimento, que cessa quando o seu gomo terminal morre (FONSECA & OLIVEIRA, 2007).

O número de folhas varia de acordo com a cultivar e do vigor do ramo em que se formaram, ramos grossos podem ter trinta, enquanto ramos finos possuem normalmente cerca de dez. As folhas podem atingir 75 mm e possuir pêlos na página inferior ou serem glabras, apresentam margem dentada, podem variar na forma entre uma elipse estreita e mais ou menos ovaladas, formam-se nos nós dos ramos, com inserção alterna e possuem o que aparentam ser nectários extra-florais perto da base.

Os gomos formam-se na axila das folhas, pelo que o seu número depende do número de folhas do ramo. Existem dois tipos de gomos: os vegetativos ou foliares que vão dar origem

aos ramos e os florais, formados a partir dos vegetativos, após a diferenciação floral (FONSECA & OLIVEIRA,2007). O número de gomos varia de acordo com cada cultivar, a diferenciação floral inicia-se nos gomos da extremidade distal e prossegue de forma basípeta ao longo do ramo.

A floração é relativamente longa, sendo que as cultivares precoces possuem períodos mais longos de floração do que cultivares tardias, o posicionamento do gomo floral também afeta a data da floração. Possui as pétalas das flores soldadas entre si formando uma campânula invertida com abertura pequena, a boca, que protege os estames do vento, evitando que o pólen caia sobre o seu próprio estigma, característica que desfavorece a autopolinização e favorece a polinização cruzada. As flores (Figura 2), são aromáticas e possuem glândulas nectaríferas na base do estigma, o que promove a visita das flores por insetos pequenos que conseguem penetrar na corola e também atrai outros insetos como as abelhas e as vespas.

Figura 2- Flores de mirtilo



Fonte: A autora, (2021).

Os frutos do mirtilo são bagas (Figura 3) que se formam a partir do desenvolvimento de um ovário ínfero. Os frutos amadurecem, aproximadamente de 2 a 3 meses após a floração, isso varia de acordo com a cultivar e das condições atmosféricas, como a temperatura e do vigor da planta.

Figura 3- Frutos de mirtilo



Fonte: DIERINGS, (2021).

Existem três fases diferentes durante o crescimento e maturação das bagas, sendo a primeira fase caracterizada por um rápido aumento do volume da baya, durando aproximadamente um mês. Durante a segunda fase o tamanho da baya aumenta pouco mas, os embriões no interior das sementes desenvolvem-se e amadurecem. Na terceira fase a baya começa a amadurecer e sofre um rápido aumento em volume que resulta de um grande aumento do volume das células, esta fase dura cerca de 16 a 26 dias e é aquela em que, de fato, a baya cresce mais. Assim, a primeira fase de crescimento ocupa 60% do tempo, a segunda 30% e a terceira cerca de 10%.

Os estágios fenológicos do mirtilo podem ser observados na (Figura 4) 1-Gema invernal dormente, 2-Gema inchada, 3- Brácteas isoladas, 4- pré-floração, 5- Início da floração, 6-Plena floração, 7-Fim de floração, 8-Formação do fruto, 9-Troca de cor do fruto e 10-Frutos maduros

Figura 4-Estágios fenológicos do mirtilo



Fonte: Adaptado de Lyrene (2006).

Durante a maturação dos frutos ocorre o amolecimento dos tecidos, a diminuição no teor de clorofila e o aumento no teor de antocianinas, o aumento de açúcares e outros componentes solúveis e a diminuição da acidez (SHARP & DARROW, 1959).

4.1.3 Propriedades funcionais

O mirtilo (*Vaccinium spp.*) conhecido como “fruta da longevidade” devido aos seus poderes medicinais, além de ser um dos cultivos que mais cresce no mundo devido às suas características benéficas a saúde, possui grande concentração de compostos fenólicos os quais pode-se citar: ácidos fenólicos, flavanóis e especialmente pelo alto conteúdo de antocianinas encontradas nos pigmentos de cor azul-púrpura da casca.

Os compostos fenólicos, presentes nas formas livres ou complexadas, destacam-se por suas propriedades antioxidantes (MOYER et al., 2002). Estudos demonstram que o consumo de mirtilo pode ajudar a prevenir doenças relacionadas à visão, como catarata e glaucoma, perda óssea, pelo aumento da densidade mineral óssea, a ocorrência de doenças neurodegenerativas e o declínio cognitivo durante o envelhecimento.

Em relação às suas propriedades funcionais, estudos epidemiológicos indicam que o consumo de mirtilo pode ter efeito benéfico contra o envelhecimento, principalmente, com respeito à neurodegeneração e defeitos cognitivos. E também pode ajudar na prevenção de doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (SWEENEY et al., 2002; DUFFY et al., 2008).

4.1.4 Grupos de mirtilo

Na literatura há divergências entre o número de grupos do mirtilo, enquanto Galletta e Ballington (1996), classificam os mirtilos comercialmente plantados em cinco principais grupos: Highbush (arbusto alto), Half High (arbusto de médio porte), Southern highbush: (arbusto de porte alto, originário do sul dos EUA), Rabbiteye (olho de coelho) e Lowbush (arbusto de pequeno porte). Já CHILDERS; LYRENE, (2006) Strik, 2007 classificam o mirtilo em três grupos principais cultivados comercialmente: lowbush; highbush e Rabbiteye atualmente a referência mais utilizada é a existência de 3 grupos.

- a) Lowbush (arbusto de pequeno porte): As plantas desse grupo possuem menos de meio metro de altura, e a maioria pertence a espécie *V. angustifolium*.
- b) Highbush (arbusto alto): São plantas que alcançam 2 metros ou mais de altura, e possuem necessidade de frio, geralmente, entre 650 a 850 horas.
- c) Rabbiteye (olho de coelho): Plantas de 2 a 4 metros de altura, a espécie é *V. ashei*, que são plantas de grande vigor, longevidade, produtividade, tolerância ao calor e à seca, baixa necessidade em frio, produzindo frutos ácidos, firmes e de longa conservação. As plantas desse grupo apresentam alguns problemas, como a tendência a rachar a película em períodos úmidos, problemas com fungos e são sensíveis às variações de solo. Ehlenfeldt et al. (2007), descreve ainda o longo período entre a floração e a maturação dos frutos como outra característica desse grupo. Gough (1991), afirma que um problema das cultivares desse grupo é a completa coloração do fruto antes do ponto ideal de colheita, o que interfere na qualidade do sabor do fruto colhido. De acordo com Eck et al. (1990), esse grupo apresenta boas possibilidades para o melhoramento devido à tolerância à variação do pH do solo, a altas temperaturas e a seca.

As principais cultivares de mirtilo existentes no Brasil são: Aliceblue, Bluebelle, Bluegem, BriteBlue, Clímax, Delite, PowderBlue e Woodard (grupo Rabbiteye), e Bluecrop, Coville e Darrow (grupo Highbush). Também foram introduzidas plantas do grupo Southern Highbush, que possuem uma menor necessidade em frio do que as do grupo Highbush, e podem produzir frutos de excelente qualidade. As cultivares Misty e O`neal pertencem a esse grupo (HOFFMANN & ANTUNES, 2011).

Segundo Avilés (2010), as cultivares plantadas no Brasil são consideradas, pelos países

produtores de mirtilos do Hemisfério Norte, obsoletas e de baixa produtividade (entre 1 a 2,5 Kg/planta/ano).

Antunes et al. (2008), em experimento realizado em Pelotas com oito diferentes cultivares de mirtilo do grupo Rabbiteye, observaram que as cultivares Briteblue (1,63), Bluebelle (1,63) e Bluegem (1,25) apresentaram uma produção por planta (Kg/planta) significativamente maior que as cultivares Powderblue (1,02), Florida (0,88), Woodard (0,67), Delite (0,61) e Clímax (0,35). O diâmetro longitudinal, a massa de matéria fresca e o teor de sólidos solúveis totais dos frutos não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as cultivares.

4.1.4.1 Características dos cultivares

Aliceblue: cultivar que necessita de polinização cruzada e tem certa resistência ao oídio. Início da floração em meados de agosto e de maturação na segunda quinzena de novembro. As frutas têm sabor equilibrado de açúcar e acidez e uma produção aproximada de 1,4 kg/ planta.

Bluegem: cultivar que necessita de polinização cruzada, sendo a Woodard uma das polinizadoras recomendadas. Início da floração meados de agosto e maturação final de janeiro, necessita de 400 horas frio. As frutas tem muito sabor e possuem bastante pruína, o diâmetro dos frutos varia entre 1,0 e 1,6 cm a produção aproximada é de 2 kg/ planta.

Clímax: De acordo com Raseira (2007), essa cultivar é originária de Tifton, Georgia, e foi obtida através do cruzamento das cultivares Callaway e Ethel. Os frutos são de tamanho médio, de sabor doce ácido, e com película de coloração azul-escura, coberta por bastante pruína. O amadurecimento dos frutos ocorre de forma relativamente uniforme. Segundo NeSmith (2008), a cultivar clímax possui um requerimento de frio entre 400 e 500 horas de frio (HF) menor ou igual a 7,2°C. Krewer & NeSmith (2006), afirmam que os frutos da cultivar Clímax, possuem uma ótima firmeza e podem ser colhidos mecanicamente para o mercado *in natura*.

Delite: A cultivar Delite tem origem na mesma Estação Experimental da cultivar Clímax, é resultado do cruzamento das seleções T14 e T15, possui frutos de tamanho grande, a película apresenta menos pruína do que os frutos da cultivar Clímax, e o sabor dos frutos é considerado excelente (RASEIRA, 2007). De acordo com Krewer & NeSmith (2006), essa cultivar necessita de 500 HF, e é suscetível a doenças foliares.

Powderblue: Cultivar com origem em Beltsville (Maryland), do cruzamento entre

Tifblue e Menditoo. Os frutos possuem tamanho médio, com muito bom sabor, doce- ácido equilibrado, com grande quantidade de pruína. As plantas da cultivar Powderblue são vigorosas, produtivas e com boa resistência a doenças (RASEIRA, 2007). Segundo Krewer & NeSmith (2006), a cultivar Powderblue possui um requerimento de frio entre 550 a 650 horas de frio (HF), e apresenta frutos de tamanho médio, e de firmeza e sabor medianos.

O`neal: Essa cultivar tem origem na Carolina do Norte, proveniente do cruzamento entre Wolcott e Fla 4-15. Produz frutos grandes, com boa firmeza e sabor. As plantas da cultivar O`neal são vigorosas, produtivas, com um requerimento de frio de aproximadamente 400 horas de frio (HF) abaixo de 7,2 °C, e são resistentes à raça 1 do patógeno causador do cancro dos caules (Brooks & Olmo, 1997). A cultivar O`neal possui um requerimento de 400 a 500 HF, apresenta um período de floração longo, tem produtividade média, frutos de tamanho médio e boa firmeza. Nessa cultivar é muito pequena a diferença de exigência em frio entre as gemas florais e as vegetativas (KREWER & NESMITH, 2006).

Misty: A cultivar Misty é o resultado do cruzamento entre as seleções Fl 67-1 e a cultivar Avonblue, tem origem na Flórida e está sendo bastante plantada no Uruguai e Argentina. Possui frutos grandes, firmes e saborosos. Essa cultivar tende a produzir um número excessivo de gemas florais, e, normalmente, necessita de poda de inverno para reduzir o potencial de floração (Brooks & Olmo, 1997). De acordo com Krewer & NeSmith (2006), apresenta uma exigência de 200 horas de frio, possui fruto de tamanho médio a grande e de boa qualidade, plantas de moderado vigor e com folhas de cor verde escuro. Essa cultivar pode ter sérios problemas com o patógeno *Botryosphaeria dothedia*, que causa doenças no caule do mirtilo, principalmente em plantas jovens com grande produção de frutos. A Misty responde bem a aplicação de Dormex para melhorar o desenvolvimento das folhas.

4.1.5 Requerimento de horas frio

O mirtilheiro necessita de um número variável de horas frio de acordo com a cultivar para quebra de dormência. Entende-se por dormência o período durante o qual o crescimento das plantas cessa por completo. Os dois principais tipos de dormência são: a quiescência e o repouso.

A quiescência é uma condição passageira, que é provocada pela ausência ou insuficiência de um ou mais fatores externos desfavoráveis às plantas como temperaturas muito altas ou baixas, a diminuição do comprimento do dia e da intensidade luminosa. As plantas quando sujeitas a carências hídricas também podem entrar em quiescência (CARDOSO, 2009).

O repouso, pelo contrário, é uma dormência fisiológica mantida por fatores endógenos. Quando estes fatores são desencadeados, a planta entra em repouso e, não retomará o crescimento, até que todas as condições internas tenham sido atingidas, ainda que as externas se tornem, eventualmente, favoráveis (FONSECA & OLIVEIRA, 2007).

O repouso pode ser dividido em fases. A primeira fase, ocorre no início do Outono onde o crescimento dos ramos cessa, assim como a atividade no interior dos gomos florais, durante esta fase as plantas respondem cada vez menos aos estímulos externos. Na segunda fase, é como se a planta desliga-se e entra num período de repouso profundo durante o qual a parte aérea não responde a qualquer alteração dos estímulos externos. Durante esta fase os ramos têm de estar sujeitos a um certo número de horas abaixo de 7,2 °C para poderem retomar o crescimento (FONSECA e OLIVEIRA, 2007).

Uma das maneiras de identificar a necessidade de HF das cultivares é a observação das épocas de floração e brotação, geralmente, as cultivares que florescem e brotam mais cedo possuem menor exigência em frio (EPAGRI,2006).

Eck (1988), Coville (1921) e Darrow (1924) estes autores foram os pioneiros nos estudos dos requerimentos de frio do mirtilo, eles foram os primeiros a demonstrar que as cultivares de mirtilo do grupo Northern Highbush necessitavam de 650 a 800 horas a uma temperatura inferior a 7,2 °C para quebrar a dormência.

Uma das maneiras para a estimativa do acúmulo de horas de frio é o que soma a quantidade de horas quando a temperatura é igual ou abaixo de 7,2°C durante o período de outono e inverno, porém uma limitação desse método é que ele não considera as temperaturas de uma forma mais ampla (EPAGRI,2006).

Atualmente, existem outros modelos de estimativa de unidades de frio em que não é considerado um valor fixo de temperatura e pode-se calcular com os dados de temperatura máxima e mínima diárias, diferindo-se do modelo de horas de frio com temperaturas iguais ou superiores a 7,2° C, o qual necessita de um termohigrógrafo. Estes novos modelos são mais acurados por apresentarem uma maior abrangência de temperaturas efetivas e incorporarem efeitos negativos para temperaturas mais elevadas. Entre os modelos desenvolvidos, destacam-se os de Utah e Carolina do Norte (Tabela 2), com resultados satisfatórios obtidos pelos autores para pessegueiro e macieira, respectivamente. Ambos os modelos se baseiam na acumulação de unidades, em que uma certa temperatura exposta por uma hora equivale a uma determinada quantidade de unidades de frio (BOTELHO et al, 2006).

Tabela 2- Resumo das conversões da temperatura em unidades de frio

Temperatura (°C)	<1,4	1,5-2,4	2,5-9,1	9,2-12,4	12,5-15,9	16,18	>18
Modelo Utah	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0	-0,5	-1,0
Modelo Utah Mirtilo	0,5	0,5	1,0	0,5	0,0	-0,5	-1,0

Fonte: Zhang e Taylor, 2011.

A exigência de frio varia de acordo com as cultivares, (Tabela 3), existem cultivares adaptadas a locais com 300 horas de frio abaixo de 7,2°C até locais com mais de 1100 horas de frio. As espécies de mirtilo de plantas mais altas, normalmente são menos exigentes em frio que as espécies de porte arbustivo baixas (SANTOS, 2011).

Tabela 3- Requerimento em horas de frio (HF) de cultivares de mirtilo

Cultivares	Exigência em HF abaixo de 7,2°C
Clímax (Rabbiteye)	400 – 450
Delite (Rabbiteye)	500
Powderblue (Rabbiteye)	550 – 650
O`neal (SHB)	400 – 500
Misty (SHB)	200
Aliceblue (Rabbiteye)	300 – 400
Bluegem (Rabbiteye)	350 – 400
Ira (Rabbiteye)	700 – 800
Woodard (Rabbiteye)	350 – 400
Bluebelle (Rabbiteye)	450 – 500
Briteblue (Rabbiteye)	600
Tifblue (Rabbiteye)	600 – 700

Fonte: (KREWER & NESMITH, 2006).

Segundo Lyrene e Williamson (2006), um fator que pode afetar a acumulação de frio nos mirtilos é a presença de folhas durante o período de frio, uma vez que estas plantas podem

não acumular frio tão rapidamente quanto plantas desfolhadas.

Uma quantidade de horas frio adequada é extremamente importante, pois um acúmulo insuficiente pode causar brotação e florescimento deficientes, o que conseqüentemente reduz a produção de mirtilos (BOWLING, 2000).

Segundo Galleta (1975), nas plantas de mirtilo as gemas floríferas necessitam menos frio que as gemas vegetativas, assim a abertura das gemas de flor ocorre, normalmente, antes da brotação das gemas vegetativas.

De acordo com Coletti (2009), se as exigências em frio não são supridas adequadamente, normalmente, a floração estende-se excessivamente, ocorre atraso na brotação e algumas gemas podem continuar dormentes, como consequência tem-se a redução na quantidade de folhas e frutos. Por outro lado, quando as plantas têm sua necessidade em frio rapidamente cumpridas, florescem precocemente e ficam perigosamente expostas a danos por geadas.

Quando as exigências de frio são parcialmente satisfeitas, pode-se fazer uso de alguns produtos químicos que são capazes de melhorar a brotação e a floração, porém nenhum produto consegue substituir o efeito do frio. Existem fatores que influenciam resultados mais eficazes desses produtos, como: estágio fenológico da planta, a concentração dos produtos, volume de calda e os fatores ambientais (MONTEIRO et al., 2004).

Atualmente a cianamida hidrogenada (H_2CN_2) é o produto mais utilizado na superação artificial da dormência (COLETTI, 2009). De acordo com Vergara (2008), a melhor época para o uso dos produtos químicos para a quebra artificial da dormência é quando a planta tenha acumulado entre 50 e 70% do frio invernal requerido, e deve-se tomar cuidado com aplicações depois que as plantas saíram da dormência, pois pode ocorrer atraso da brotação e até fitotoxicidade.

Williamson et al. (2002), verificaram tendências de aumento da brotação com doses crescentes de cianamida hidrogenada em mirtilo, porém também verificaram que doses de 1,5% e 2% de cianamida hidrogenada provocaram injúrias nas gemas de flor.

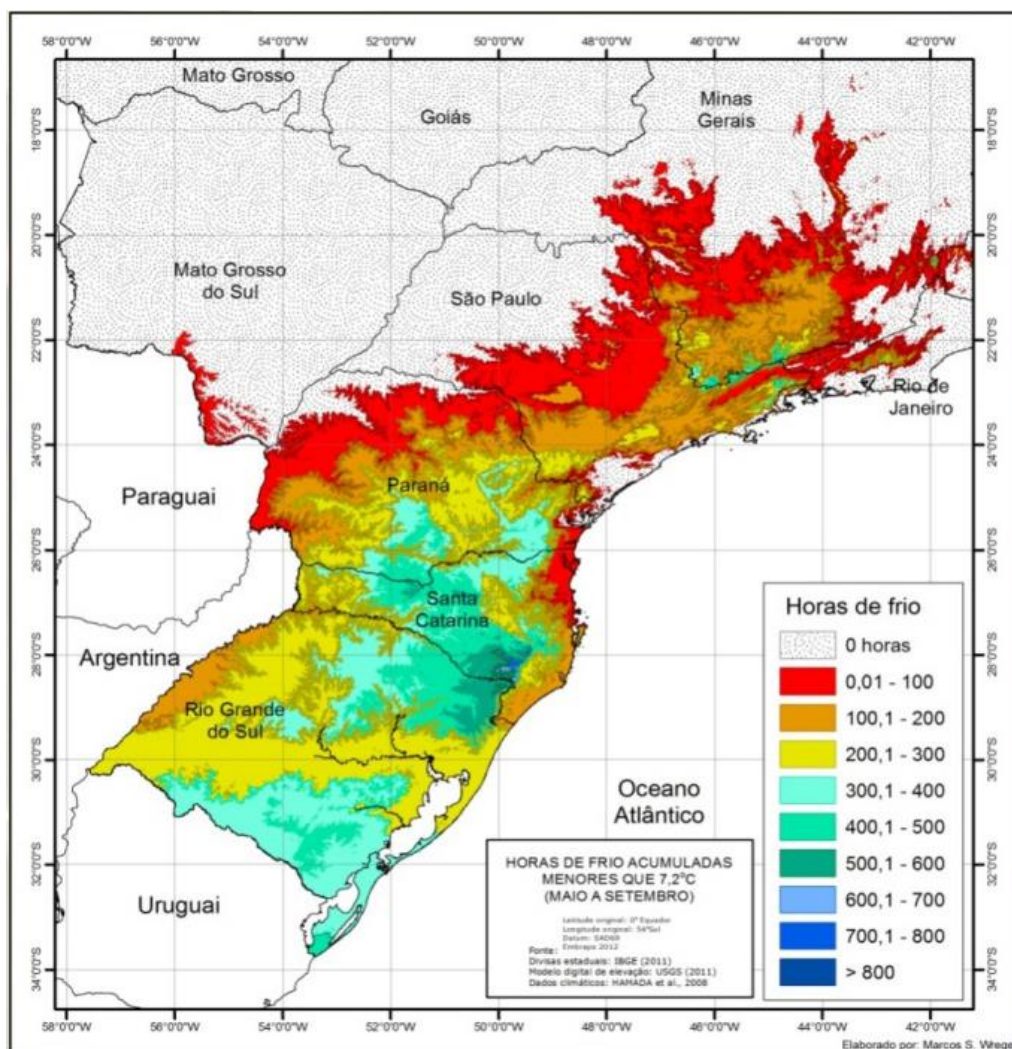
Coletti (2009), realizou experimento em Passo Fundo (RS), com cianamida hidrogenada e óleo mineral, onde observou que as cultivares Georgiagem e Aliceblue obtiveram uma floração mais uniforme com o uso desse produto, e a cultivar Clímax além da maior uniformidade também teve o início da floração antecipado.

Entretanto nesse mesmo experimento Coletti (2009), identificou que a utilização de cianamida hidrogenada (CH) (0,52% e 1,04%) reduziu o número de frutos em todas as cultivares, e de forma mais acentuada com a dose mais elevada de CH, o que pode ter

acontecido devido a fitotoxidez causada pelo produto nas gemas floríferas.

No sul do Brasil há regiões que apresentam diversidades climáticas, com zonas que apresentam clima tropical, enquanto tem outras que possuem clima típico temperado e áreas com clima ameno (Figura 5). Nas regiões mais altas dos três Estados da Região Sul, desde o sul do Paraná até o norte do Rio Grande do Sul, tem se elevados números de horas de frio, geralmente acima de 500 horas de frio abaixo 7,2 °C, o que permite o cultivo de mirtilos com maiores exigências em frio. Enquanto outras regiões altas em estados como de São Paulo e Minas Gerais, devido ao baixo acúmulo de horas de frio, de 50 a 250 horas, poderia se cultivar mirtilos de baixa exigência em frio (ANTUNES et al., 2012).

Figura 5 - Horas de frio estimadas de maio a setembro na região sul do Brasil.



Fonte: Wrege (2013).

4.1.6 Caracterização do solo

O solo é um dos fatores críticos para a produção de mirtilo. Suas raízes finas e fibrosas não conseguem penetrar em solos compactados, não toleram solos encharcados e secas excessivas e possui capacidade limitada de absorver nutrientes do solo (PRITTS & HANCOCK, 1992).

Solos arenosos, franco-arenosos e franco-argilosos são excelentes para se conseguir um bom crescimento das plantas, já solos argilosos podem desfavorecer a drenagem e a aeração, dificultando o crescimento das raízes e favorecendo o ataque de patógenos, como o fungo do gênero *Phytophthora* (PARRA,2008).

Para que a planta de mirtilo se desenvolva adequadamente, é necessário solos com um bom teor de matéria orgânica (superior a 3%), leves, que apresentam um pH entre 4,5 e 5,2 e não sujeitos a um longo período de encharcamento (WILLIAMSON et al., 2006).

O mirtilheiro possui ótimo crescimento em solos com um pH de 4,5 a 5,2 o que para a maioria das espécies frutíferas é muito ácido. Em solos com o pH mais elevado, o mirtilo pode apresentar deficiência em alguns micronutrientes, como zinco e ferro, além de poder apresentar perda de vigor (WILLIAMSON e LYRENE,2009).

Quando o solo apresentar um valor mais elevado que 5,5, o mesmo poderá ser usado para o cultivo do mirtilo, desde que as demais práticas agrícolas estejam otimizadas. Nesse caso, é recomendada a aplicação de enxofre elementar ao solo, com a finalidade de abaixar o pH e, assim, oferecer melhores condições de desenvolvimento das plantas. No entanto, quando este valor se situa acima de 6,0, o abaixamento do pH é difícil e muito oneroso, sendo desaconselhado o seu uso para o cultivo comercial do mirtilo (ANTUNES & RASEIRA, 2006).

Os mirtilos do grupo *Rabbiteye* se adaptam bem em solos com 2% a 3% de matéria orgânica (MO), já para as plantas do grupo *Southern Highbush*, recomenda-se solos com mais de 3% de MO, e de preferência com a utilização de mulching (cobertura morta) (WILLIAMSON e LYRENE, 2009).

Estas necessidades específicas de solo acabam limitando o número de locais adequados para a produção comercial. Uma das maneiras de produzir mirtilos, em solos que não possuam essas características é utilizando vasos com substrato (BLACK e ZIMMERMAN, 2002).

4.1.6.1 Importância dos nutrientes

Uma planta adulta de mirtilo extraí os macronutrientes na seguinte ordem: nitrogênio >

cálcio > potássio > fósforo > magnésio. Com relação ao teor foliar de nutrientes, da brotação até a colheita, observa-se uma variação decrescente para o nitrogênio, fósforo e potássio e crescente para o cálcio e magnésio (ANTUNES & RASEIRA, 2006).

Plantas jovens são mais suscetíveis a graves danos causados pelo uso de doses excessivas de fertilizantes, o sistema radicular é muito superficial e a ausência de pêlos radiculares, provavelmente contribuem para essa suscetibilidade. Assim, se recomenda o uso de fertilizantes somente em pomares estabelecidos e brotados, devendo os mesmos serem aplicados a uma distância de 30 a 45 cm do tronco (ANTUNES & RASEIRA, 2006).

4.1.6.2 Acidificação do solo

Pode-se utilizar o enxofre com o objetivo de reduzir o pH, o mesmo deverá ser espalhado na superfície do solo e posteriormente incorporado, no mínimo com um ano de antecedência, já que o processo de acidificação é muito lento.

Não se tem informações da quantidade de enxofre necessária para abaixar o pH dos nossos solos até determinado valor. No entanto, sabe-se que esta quantidade é dependente da textura do solo, do teor de matéria orgânica, do pH que se deseja atingir e do pH inicial. Assim, relativamente pequenas quantidades são necessárias em solos arenosos, enquanto que nos argilosos e/ou nos ricos em matéria orgânica a necessidade é bem mais elevada. A redução forçada do pH do solo pode trazer consigo a solubilização de alguns micronutrientes e, em consequência, se encontrar altos teores nas folhas, os quais nem sempre estão associados com fitotoxidez. O enxofre não deverá ser usado, com este objetivo, em pomares já implantados (ANTUNES e RASEIRA, 2006).

4.1.6.3 Adubação de pré-plantio e manutenção

Antes da instalação do pomar, é necessário realizar uma análise de solo para se estimar as necessidades de fósforo (P) e de potássio (K). Os adubos fosfatados e potássicos, usados antes do plantio, devem ser aplicados em toda a área, por ocasião da instalação do pomar, preferentemente a lanço, e incorporados até 20 cm de profundidade.

Como o mirtilo é cultivado em solos extremamente ácidos, é recomendável que se utilizem os fosfatos naturais como fonte de fósforo. Como esta cultura é extremamente sensível ao cloreto, é recomendável o uso do sulfato de potássio como fonte de K (ANTUNES e RASEIRA, 2006).

As quantidades de P₂O₅ e de K₂O recomendadas na adubação de pré-plantio para a cultura de mirtilo constam na (Tabela 4).

Tabela 4- Recomendação de adubação fosfatada e potássica, de pré-plantio, para a cultura do mirtilo de acordo com os teores de P e de K no solo.

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo Produtividade (t/ha)			Potássio Produtividade (t/ha)		
	<1,0	1-3	>3	<1	1-3	>3
	kg de P ₂ O ₅ /ha			kg de K ₂ O/ha		
Muito baixo	10	30	50	30	80	130
Baixo	7	20	40	15	45	75
Médio	5	15	30	10	30	50
Alto	0	10	20	5	15	25
Muito alto	0	0	0	0	0	0

Fonte: Manual de adubação e calagem para os Estados do RS e SC, (2016).

4.1.6.4 Adubação de crescimento e de produção

Durante a fase de crescimento das plantas, que vai desde o plantio das mudas até o início da fase produtiva, recomenda-se usar somente nitrogênio. Supõe-se que o P e o K, fornecidos por intermédio da adubação de pré-plantio, sejam suficientes até o momento em que as plantas entrem em produção (ANTUNES e RASEIRA,2006).

As quantidades de N sugeridas observadas na (Tabela 5), para adubação de crescimento e de manutenção para o mirtilheiro variam de acordo com a expectativa de produtividade e, indiretamente, com a idade do pomar. Em cada ano as doses devem ser parceladas em duas vezes, sendo a primeira aplicação no início da floração e a segunda aproximadamente 45 dias após a primeira aplicação. Adicionar preferencialmente uréia ou sulfato de amônio como fonte de N (Manual de adubação e calagem para os Estados do RS e SC, 2016).

Quando for recomendado o uso de adubos potássicos, estes devem ser aplicados ao solo

em qualquer época do ciclo vegetativo.

Tabela 5 - Recomendação de adubação nitrogenada, de crescimento e de produção, para o mirtilo.

Teor de matéria orgânica do solo	Produtividade (t/ha)		
	<1	1-3	>3
%	kg de N/ha		
≤ 2,5	20	55	90
2,6 a 5,0	10	30	60
>5,0	0	20	40

Fonte: *Manual de adubação e calagem para os Estados do RS e SC, (2016).*

4.1.7 Necessidade hídrica

Devido às características do sistema radicular ser superficial e sem pêlos radiculares a irrigação é um fator determinante para o crescimento e produção de mirtilo, uma vez que a sua capacidade de absorção de água é reduzida.

Por ser uma planta arbustiva, necessita de boa disponibilidade de água para que o fruto alcance um bom teor de açúcar (HERTER e WREGE, 2006). Manter o solo com umidade adequada auxilia na elasticidade da epiderme do fruto (PANNUNZIO, 2011), evitando rachaduras e perda do valor comercial.

Para a planta de mirtilo poucos dias sem água, já é possível observar sintomas de estresse hídrico. Quando irrigadas abaixo do exigido, têm a fotossíntese reduzida, diminuição do crescimento, baixa produtividade e redução na qualidade do fruto. Por outro lado, o excesso também pode ser prejudicial à planta, podendo comprometer as funções radiculares, aumento da erosão do solo, lixiviação de nutrientes e o aumento da incidência de doenças nas raízes (BRYLA, 2006).

Plantas adultas de mirtilo necessitam de aproximadamente 1016 mm de água por ano, o período do início da frutificação até a colheita é o de maior exigência em água. Durante o período de desenvolvimento dos frutos, o mirtilheiro necessita de até 50 mm de água semanalmente para obter um bom teor de açúcar no fruto (SANTOS e RASEIRA, 2002).

O tipo de solo, clima e a cultivar vão determinar a frequência da irrigação, o grupo Rabbiteye é mais tolerante à seca. O pH da água de irrigação precisa ser observado, uma vez que se alto pode aumentar o pH do solo (WILLIAMSON & LYRENE, 2009).

A quantidade de água requerida pela planta é variável de acordo com seu desenvolvimento. Sendo duas fases críticas com relação à disponibilidade de água: a primeira na implantação e na formação do pomar e a segunda no período de produção de frutos (REISSER JUNIOR e ANTUNES, 2006).

Segundo Buzeta (1997) e Herter e Wrege (2006), deve-se atentar no período de produção de frutos, o período que corresponde às duas semanas depois da queda das pétalas, duas semanas prévias à colheita e de duas a três semanas posteriores à colheita.

A cultura se adapta bem aos vários métodos de irrigação, desde os de superfície até os localizados. Entre os sistemas de irrigação disponíveis, a irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) se destaca pela aplicação de água em apenas parte da área, reduzindo, assim, a superfície do solo que fica molhada, exposta às perdas por evaporação. Com isso, a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor (ESTEVES et al., 2012). A irrigação localizada é usada, em geral, sob a forma de sistema fixo, ou seja, o sistema é constituído de tantas linhas laterais quantas forem necessárias para suprir toda a área, isto é, não há movimentação dessas linhas, fazendo com que seja indicado para culturas com espaçamento entre plantas elevado como plantas arbóreas e arbustivas, assim como podemos visualizar na (Figura 6) um sistema de irrigação localizada por gotejamento. Ademais, não interfere nas práticas culturais das culturas e adapta-se a diferentes tipos de solo e topografia.

Figura 6- Visualização da linha principal e linhas laterais em sistema de irrigação por gotejamento



Fonte: A autora, (2020).

4.2 PROPAGAÇÃO

4.2.1 Métodos de propagação

O mirtilheiro pode ser propagado sexuadamente via sementes e propagado por meio vegetativo, na qual incluem-se a propagação via enxertia, estaquia, micropropagação e de rebentos, sendo a estaquia a técnica mais utilizada (ANTUNES et al., 2004; ANTUNES et al., 2006).

4.2.1.2 Estaquia

Ainda, de acordo com Vignolo et al. (2012), a estaquia no mirtilheiro permite obter um número maior de árvores jovens por broto em um período mais curto de tempo.

A estaquia, sendo um dos principais métodos de propagação utilizado na multiplicação de plantas frutíferas, é um tipo de propagação vegetativa realizado por meio de estacas que consiste em formar raízes adventícias de qualquer segmento da planta (ramo, raiz ou folha) observado na (Figura 7) e de dar origem a uma nova planta, desde que sejam colocados em ambiente adequado.

Figura 7- Retirada de estaca da planta-mãe



Fonte: DIERINGS, (2022).

A viabilidade de uso dessa técnica depende da capacidade de formação de raízes adventícias de cada espécie e/ou cultivar, da qualidade do sistema radicular formado e do

desenvolvimento posterior da planta propagada na área de produção (FACHINELLO et al., 2005). Algumas das principais vantagens de utilizar o método de propagação por estaquia, seria a oportunidade de propagar um alto número de plantas a partir de uma única planta mãe, em um período de tempo pequeno além do baixo custo para realizar esse método e sua fácil execução (FACHINELLO et al., 2005).

As estacas possuem classificações de acordo com o grau de lignificação, podendo ser divididas em herbáceas (Figura 8), semilenhosas e lenhosas. As estacas herbáceas são aquelas que possuem folhas e com tecidos não lignificados, apresentam coloração verde e são retiradas da parte apical dos ramos, obtidas na primavera/verão, época de crescimento vegetativo. Estacas semilenhosas, ainda possuem folhas e são retiradas de ramos parcialmente lignificados no final do verão e início do outono. Já as estacas lenhosas são obtidas de ramos bastante lignificados retirados no inverno, sem folhas, com idade superior a um ano (SILVA et al., 2011).

A capacidade de uma estaca emitir raízes é função de fatores endógenos e das condições ambientais proporcionadas ao enraizamento. Entre tais fatores, de acordo com Fachinello et al. (2005), os fitorreguladores são de fundamental importância, destacando-se as auxinas por fazerem parte do grupo que apresenta o maior efeito na formação de raízes em estacas.

Entre os fatores que afetam a formação de raízes adventícias em estacas, a lesão na base pode contribuir no índice de enraizamento. Essa lesão permite que ocorra maior absorção de água e de reguladores de crescimento (FACHINELLO et al., 2005), embora os resultados dessa técnica sejam variáveis.

De acordo com Santos e Raseira (2002), o mirtilo do grupo Highbush (porte alto), normalmente é propagado utilizando-se estacas lenhosas, já as cultivares do grupo Rabbiteye, que é o grupo mais adaptado nas condições do Rio Grande do Sul, observou-se melhores resultados com estacas herbáceas (SANTOS, 2004).

Figura 8- Aspecto das estacas herbáceas de mirtilo, tipo rabbiteye, com apenas as duas folhas superiores.



Fonte: A autora, (2021).

4.2.2 Uso de hormônios

A auxina é um fitormônio endógeno, que pode ser aplicado de forma exógena, e é altamente eficiente no estímulo de enraizamento, pois possui uma menor mobilidade, menor fotossensibilidade e alta estabilidade química na planta (HARTMANN et al., 2002; BASTOS et. al., 2006). Uma das formas de aplicação exógena de auxina, com intuito de possibilitar aumento da capacidade de enraizamento de estacas de espécies de difícil enraizamento, é a utilização do ácido indolbutírico (AIB), as concentrações utilizadas diferem de acordo com a época de realização da estaquia, o tipo de estaca a espécie a ser propagada, existindo uma faixa considerada ótima para estimular esse processo (WENDLING; XAVIER, 2005). O AIB é a auxina mais comumente utilizada na indução do enraizamento adventício (VILLA et al., 2003) das estacas das mais diversas culturas.

Segundo Ristow (2009), microestacas submetidas a 0, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB, obtiveram enraizamento crescente em função das diferentes concentrações do ácido. O percentual de enraizamento foi de 93,75% quando aplicado 8.000 mg.kg⁻¹ de AIB e 91,67% para 4.000 mg.kg⁻¹.

De acordo com Penã et al. (2012), ao trabalharem com estacas semilenhosas das cultivares Clímax e Florida submetidas a diferentes concentrações de AIB (0, 1000, 2000, 4000 e 8000 mg L⁻¹), sob duas formas de aplicação (líquido e talco), determinaram que o fator concentração de AIB tem efeito significativo na resposta de enraizamento das cultivares. Pode-

se constatar que houve um aumento linear do enraizamento com a elevação da concentração de AIB (2.000 até 8.000 mg L⁻¹) de 31,8% para 52,1%. A análise de regressão demonstrou que, para a cultivar Clímax, houve um incremento linear com o aumento da concentração de AIB. Para a cultivar Flórida houve um efeito quadrático, diminuindo a massa seca de raízes com o aumento da dose de AIB até 4000 mg L⁻¹ de AIB, quando passa a aumentar, neste caso um comportamento não esperado.

Marangon e Biasi, (2013) ao trabalharem com estacas das cultivares Bluebelle, Bluegem e Powderblue com a base lesionada, expostas por imersão rápida da base por 10 no AIB, submetidas às concentrações de 0 (testemunha), 250, 500, 1.000 e 2.000 mg L⁻¹ observaram que o AIB na concentração de 2.000 mg L⁻¹ aumentou o enraizamento de estacas das cultivares Bluegem e Powderblue. Observaram também que o aquecimento do substrato melhora o enraizamento das estacas coletadas no outono e no inverno, em todas as cultivares e, também, das estacas coletadas no verão e na primavera, na cultivar Bluebelle.

Fischer et al., (2008) ao trabalharem com estacas semilenhosas de mirtilo das cultivares Delite e Bluebelle ambas com diâmetro médio de 6 mm contendo duas folhas na extremidade superior, cortadas pela metade, submetidas a diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) 0; 1.000; 2.000 e 4.000 mg. L⁻¹, sendo colocadas para enraizar em areia de granulometria grossa lavada, sob irrigação intermitente por microaspersão. Obteve o seguinte resultado: para a cultivar Bluebelle, o uso de AIB na concentração de 1.000 mg.L⁻¹ propiciou, aos 120 dias após a instalação do experimento, maior número e comprimento de raízes, número e comprimento de brotações e enraizamento de 37,5%. A cultivar Delite apresentou maior facilidade de emissão de raízes e brotações, independentemente do uso de AIB, com percentual de estacas enraizadas superior a 82,5%.

Além do mirtilo, o AIB é muito utilizado em outras frutíferas, obtendo resultados satisfatórios na percentagem de enraizamento. Um exemplo disso é o recente estudo de Guasso et al. (2020), que trabalharam com estacas herbáceas de quatro genótipos de kiwizeiros submetidas a tratamento com AIB nas concentrações 0 (somente água deionizada), 1.000, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB. Os autores determinaram que o enraizamento das estacas sofreu influência dos genótipos e das concentrações de AIB, não havendo interação entre os fatores. Em relação às doses de AIB, observou-se um padrão de comportamento quadrático para o percentual de enraizamento para todas as cultivares avaliadas, onde uma máxima eficiência foi obtida com a concentração calculada de 4.640 mgL⁻¹ de AIB e, após,

passou a ser prejudicial. O enraizamento médio das estacas herbáceas em ausência de AIB foi de apenas 16,4%, sendo que com a utilização de auxinas, atingiu 48,9% na concentração de maior eficiência.

4.2.3 Tipos de substratos

O desenvolvimento de um sistema radicular saudável depende das características genéricas das plantas, mas também, das propriedades físicas e químicas dos substratos utilizados.

As características físicas são as mais importantes, por causa das relações entre o ar e a água não poderem sofrer mudanças durante a cultura. De entre as propriedades físicas a densidade do substrato, a porosidade a disponibilidade de água e de ar e, entre as propriedades químicas, os valores de pH, de condutividade elétrica e de capacidade de troca catiônica são de extrema importância, uma vez que o teor de nutrientes pode ser corrigido posteriormente (BRITO e MOURÃO, 2012; VERDONK et al., 1983).

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 (MATOS, 2014). A cultura em vasos permite, também, aumentar as possibilidades de manipular o período de colheita (HEIBERG e LUNDE, 2006).

Em espécies que apresentam dificuldade de enraizamento na propagação por estaquia, o substrato é um dos fatores de maior influência, não afetando apenas o percentual de estacas enraizadas, como também a qualidade do sistema radicular da muda (HOFFMANN et al., 2005).

Contudo, pouco se sabe sobre quais os substratos mais adequados para a produção em vaso (HEIBERG e LUNDE, 2006). Vários materiais, que devem ser economicamente viáveis, podem ser usados na formulação dos substratos. É muitas vezes feito uma mistura de materiais orgânicos como turfa com pH baixo, serradura ou aparas de coníferas (OCHMIAN et al., 2010), casca de pinheiro moída (KREWER et al., 2002), composto à base de folhas e turfa à base de cinzas de carvão (BLACK et al., 2002), cascas de coco picado e perlita.

Estudos realizados por Dini et al. (2017) com objetivo de avaliar os efeitos de diferentes substratos e do uso de fertilizante organomineral no desenvolvimento inicial de seedlings de mirtilheiro, relatam que obtiveram mudas com maior altura em vasos com composição vermiculita+solo, e acícula de pinus + solo, depois de 120 dias transplantados. Ristow et al.

(2011) observaram em mudas de mirtilo Georgiagem que o substrato acícula de pinus + solo foi superior aos demais tratamentos, tanto para a produção de massa seca das raízes, como para massa seca da parte aérea.

4.2.4 Épocas de propagação

Ao testar épocas de coleta de estacas e concentrações de AIB em duas cultivares do grupo rabbiteye, Hoffmann et al. (1995) constataram que a primavera é a época que permite obter maior porcentual de estacas enraizadas e as doses de 2000 e 4000 de AIB, foram mais adequadas para estimular o enraizamento. Mainland (1966) também cita que o melhor enraizamento de estacas de mirtilo é obtido quando os ramos são coletados após o primeiro fluxo de crescimento, na primavera.

Marangon e Biasi (2013) ao trabalharem com estacas coletadas nas quatro estações do ano, outono (15/4/2008), inverno (15/7/2008), primavera (15/10/2008) e verão (15/1/2009) com e sem aquecimento de substrato obtiveram as maiores percentagens de enraizamento, sendo 57,1% na cultivar Bluegem, no verão, 30% na cultivar Bluebelle, na primavera, com aquecimento de substrato, e 63% na cultivar Powderblue, no verão, com aquecimento.

Nery et al., (2014) ao coletarem estacas semilenhosas de *Psychotria nuda* com cerca de 8 a 10 cm de comprimento, com duas folhas mantidas no terço superior e sem folhas coletadas no outono (abril/2007), inverno (julho/2007), primavera (outubro/2007), verão (janeiro/2008). As estacas foram tratadas com água; 0; 500; 1000; 1500, 3000 mgL⁻¹ IBA. Concluíram que a primavera e o verão são as estações mais propícias para o enraizamento, com uma média de 88,89% e 61,25%, respectivamente, para estacas com folhas, além disso as estacas com folhas foram superiores às sem folhas.

Pizzato et al., (2011) ao avaliarem estacas de *Hibiscus rosa-sinensis L.* coletadas em dois períodos (junho e setembro de 2008), preparadas com tamanho de 6 e 12 cm, e submetidas a concentrações de AIB de 0; 1 e 2 g L⁻¹. Observaram que nas duas épocas, após 77 dias, recomenda-se que o hibisco seja propagado por estaquia em setembro, preparando-se estacas com 12 cm de comprimento e utilizando-se concentração de AIB de 1,6 g L⁻¹.

4.3 MANEJO DA CULTURA

4.3.1 Poda

Poda é a eliminação de ramos de modo a equilibrar a parte aérea da planta e tem como

objetivo a abertura do centro da planta, além de redistribuir a carga da planta, visando regularizar a produção e favorecer a emissão de brotações vigorosas. Uma grande quantidade de ramos resultará numa grande produção de frutos, mas com qualidade inferior e a médio prazo os ramos assim formados perderão a capacidade de emitir folhas, tornando-se débeis (ANTUNES et al., 2004).

Uma característica das plantas do tipo rabbiteye é que são vigorosas e suportam grandes cargas de frutas, dessa forma necessitam de menos poda do que as do grupo highbush (SANTOS e RASEIRA, 2002).

A época da poda pode afetar a altura da floração na primavera seguinte. Na poda de formação deve-se eliminar ramificações finas e débeis abaixo dos 30 cm de altura da copa (Figura 9). Priorizam-se três a quatro ramos mais vigorosos na 1ª estação. No inverno seguinte, esses ramos são podados a 40-50 cm de altura, para formação de 3 a 4 pernadas. Sobre estas se concentrará a produção do ano seguinte. Os ramos primários (pernadas) podem permanecer por até 6 anos, quando serão substituídos (ANTUNES et al., 2004).

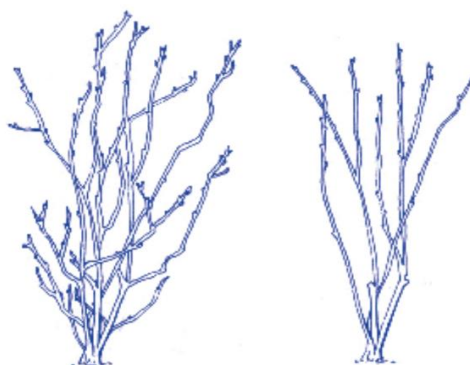
Figura 9- Poda na plantação



Fonte: Serrado, et al. (2008).

Após a estrutura da planta estar formada, nos próximos anos, a poda é basicamente remover ramos doentes, fracos ou inseridos muito baixo nas hastes principais, hastes muito altas podem ser cortadas em até 1/3 do seu tamanho. Ramos fracos devem ser despontados até um bom ramo lateral jovem. O número de hastes deve ser entre quatro e seis, sendo uma ou duas para substituição e as demais para produção (ANTUNES et al., 2004), observada na (Figura 10).

Figura 10- Poda durante os 2-5 primeiros anos no campo



Fonte: Serrado, et al. (2008).

Passado os dois primeiros anos de estruturação e formação da planta, inicia-se a fase de produção comercial dos frutos. As intervenções de poda serão realizadas no inverno (poda seca) e no verão (poda verde).

Na poda de inverno prioriza-se a eliminação de galhos secos e de ramos mal localizados, principalmente aqueles que se desenvolvem para o interior da copa. Diferente de outras espécies, como por exemplo, o pessegueiro, não se deve despontar os ramos da planta nesta fase, uma vez que as gemas de flor se concentram nas últimas 6 a 8 gemas terminais. Na poda de verão, após a colheita, são eliminados os ramos que produziram frutos, pois os mesmos tendem a secar, e também são selecionadas as brotações mais vigorosas desenvolvidas durante a fase de crescimento (ANTUNES et al., 2004).

A partir do 6º ano, para além de continuar a remover os ramos mortos e doentes, deve-se cortar entre 1 a 4 dos ramos principais. O corte deve ser feito todos os anos removendo sempre os ramos mais velhos e deve ser feito um corte num ângulo ligeiramente acima do solo (Figura 11). Os ramos com mais de cinco anos são menos produtivos pelo que, a não remoção dos ramos mais velhos ou uma fertilização inadequada, poderá resultar num insuficiente número de lançamentos a surgir na base da planta (SHUTACK et al, 1982).

Figura 11- Poda da planta adulta



Fonte: Serrado, et al. (2008).

4.3.2 Manejo fitossanitário

Não existe nenhum produto comercial para controle de plantas daninhas registrado para a cultura do mirtilo. O controle de plantas daninhas deve ser feito de forma manual, podendo ser realizado com roçadeira ou enxadas na área, sendo que uma alternativa para o controle é a utilização de maravalha ou serragem, como pode ser observado na (Figura 12).

Figura 12- Maravalha de casca de pinus



Fonte: A autora (2020)

Nas entrelinhas de plantio, ou seja, distribuição de serragem para que as plantas

daninhas sejam menos incidentes na área observadas na (Figura 13 e 14).

Figura 13- Maravalha de casca de pinus utilizada para ajudar no controle de plantas daninhas



Fonte: A autora (2020).

Figura 14- Canteiros com maravalha de casca de pinus para controle de plantas daninhas



Fonte: A autora (2020).

4.3.2.1 Principais doenças e controle

O mirtilo ainda é considerado uma cultura recente no Brasil, é importante que se realize o acompanhamento fitossanitário dos pomares, para que se consiga assinalar as principais

doenças a seguir na (Tabela 6) e pragas, encontradas nas condições edafoclimáticas do país, bem como a incidência e severidade.

Tabela 6- Doenças que afetam a cultura do mirtilo

Nome científico	Nome vulgar	Danos/ sintomas	Luta cultural	Luta biológica	Luta química
<i>Phytophthora spp</i>	Podridão radicular	Fraco vigor vegetativo Folhas cloróticas ou precocemente avermelhadas, por vezes com necrose marginal. Desfoliação prematura. Raízes necrosadas (cor castanha escura). Infecção progride até à zona do colo da planta, onde é visível uma necrose (cor castanha e consistência firme) sob a casca.	Plantar em solos com boa drenagem, em camalhões elevados, incorporando a matéria orgânica, utilizando plantas sãs	NÃO	NÃO
<i>Botryosphaeria ceae</i>	Cancro nos ramos	Morte súbita de ramos ficando com as folhas secas agarradas	Cortar todos os ramos secos 15 a 20 cm abaixo da zona afectada Retirar todas as madeiras da poda e queimar		
<i>Naohidemyces vaccinii</i>	Ferrugem	A infecção pode progredir, secando toda a planta se atinge o colo	Usar material vegetativo são Escolher variedades menos susceptíveis Evitar locais com temperaturas amenas e elevada pluviosidade		
<i>Botrytis spp.</i>	Podridão cinzenta	Necrose das flores, onde fica alojado o micélio do fungo, de cor cinzenta escura, constituindo inóculo para infecção dos frutos e crescimentos jovens Os raminhos infectados ficam enegrecidos e secam Os frutos ficam necrosados, com aspecto engelhado Os sintomas poderão manifestar-se no campo, ou apenas em armazenamento As flores afectadas por Botrytis ficam acastanhadas e secam	Evitar a adubação azotada excessiva, copas muito densas e rega por aspersão		

<i>Armillaria spp.</i>	Podridão agárica	Fraco desenvolvimento vegetativo. Folhas pequenas, cloróticas e precocemente avermelhadas. Raízes infectadas com micélio do fungo (massa branca, nacarada, em forma de leque), entre a casca e o lenho	Remover os cepos e restos de raízes de árvores e arbustos que aí se encontrem. As plantas doentes devem ser arrancadas e queimadas, retirando os restos de raízes da terra.
------------------------	------------------	--	---

Fonte: Chicau,2015.

O correto diagnóstico das doenças, bem como a identificação das pragas é fundamental, para que os meios de controle adotados sejam os recomendados. As seguintes doenças podem ser observadas, como na Figura 15 folhas de mirtilo afetadas por *Naohidemycetes vaccinii* popularmente conhecida como ferrugem, *Botrytis spp.* (podridão cinzenta) causando danos ao fruto (Figura 16) e *Naohidemycetes vaccinii* (ferrugem) em fruto de mirtilo (Figura 17).

Figura 15- Sintomas de ferrugem nas folhas de mirtilo



Fonte:(<https://www.plantvillage.com> e <http://www.plantmanagementnetwork.org>).

Figura 16- Podridão causada por *Botrytis spp.* em fruto verde de mirtilo



Fonte:(<http://pnwhandbooks.org/>).

Figura 17- Sintomas de ferrugem nos frutos de mirtilo



Fonte: (<http://www.ctahr.hawaii.edu>).

Assim como, *Phytophthora spp.* (podridão radicular) (Figura 18) e flores de mirtilo afetadas por *Botrytis spp.* (podridão cinzenta) (Figura 19).

Figura 18- Raízes de mirtilo afetadas por *Phytophthora spp.*



Fonte: (<http://pnwhandbooks.org/>).

Figura 19- Flores de mirtilo afetadas por *Botrytis spp.*



Fonte: (<http://pnwhandbooks.org/>)

4.3.2.2 Principais pragas

Uma das pragas que mais tem que haver cuidados, principalmente no início da instalação do pomar, são as formigas, as quais possuem alto poder de desfolha das plantas rapidamente, afetando conseqüentemente a produção. Uma forma de controle é utilizando iscas para formigas e manter a área de cultivo sem plantas daninhas.

Além dessas, as plantações de mirtilo podem ser afetadas por outras pragas, como é o caso dos ácaros, pássaros, mosca-do-vinagre, tripes, lagartas ou escaravelhos. Uma praga que pode afetar as produções é a presença de aves que têm grande apetência por este fruto. Neste caso, o uso de redes ou a presença de aves de rapina podem minimizar as perdas de produção que em alguns casos podem chegar aos 20% (RAMOS et al., 2020).

Atualmente, a maior preocupação é a mosca-do-vinagre (*Drosophila suzukii*) que, como já foi referido atrás, pode tornar-se uma praga grave se não for monitorizada e capturada em massa recorrendo a armadilhas (RAMOS et al., 2020). As fêmeas depositam seus ovos em frutas, causando o apodrecimento e impossibilitando a sua comercialização (WALSH et al., 2011).

4.4 COLHEITA

4.4.1 Fatores que condicionam a conservação pós-colheita

Os fatores de campo (pré-colheita) influenciam diretamente na conservação pós-colheita sendo estes de extrema importância para que o produto apresente potencialidade máxima de armazenamento.

4.4.1.1 Processos físicos

O processo físico mais importante está relacionado com a transpiração. Denomina-se transpiração, a perda de água em forma de vapor pelos tecidos. Ocorre porque os frutos contêm entre 85 a 90% de água na sua constituição, isto equivale a uma pressão de vapor interna de água equivalente a 99% de umidade relativa (UR) (ANTUNES, et al., 2006).

Alguns fatores que condicionam a perda de água são: os ambientais (temperatura, umidade relativa, déficit de pressão de vapor do ar e pressão atmosférica) e os biológicos (tamanho, presença de ceras naturais na superfície, espessura da cutícula, danos na superfície, estado de maturação, etc.). Perdas de peso acima de 3-5% resultam numa aparência pouco atrativa, reduzindo o valor comercial e a qualidade do produto (ANTUNES, et al., 2006)

Uma maneira de diminuir a perda de água é baixar a temperatura, aumentar a umidade

relativa e revestir os frutos, modificação da atmosfera com ceras, filmes poliméricos.

4.4.1.2 Processos químicos e bioquímicos

Existem duas maneiras de classificação de frutos, segundo o padrão respiratório: climatéricos - onde a produção de CO₂ e o consumo de O₂ diminuem antes da colheita, durante certo tempo, para logo aumentar rapidamente, até um máximo, e, sem seguida diminuir, provocando a morte do fruto; não climatéricos – a taxa respiratória do fruto diminui gradativamente, desde a colheita até que o fruto atinja o estágio final de senescência (ANTUNES, et al.,2006).

O principal processo é a respiração (degradação oxidativa de produtos mais complexos presentes na célula, tais como amido, açúcares e ácidos orgânicos, em moléculas mais simples como dióxido de carbono e água, com liberação de energia). Os frutos após a colheita respiram continuamente, utilizando as reservas armazenadas, consumindo oxigênio e desprendendo gás carbônico. A ausência de respiração pode ser considerada a principal forma de diferenciar a conservação de frutos processados dos frutos *in natura*. Mais taxas respiratórias significam mais rápida deterioração (ANTUNES et al.,2006).

4.4.1.3 Colheita

Normalmente as plantas de mirtilo entram em produção comercial ao quarto ano de plantio e a produção aumenta gradativamente até atingir 10 ton/ha ao sétimo/ oitavo ano de cultura. Atingindo esta fase, a produção mantém-se estável desde que a cultura seja corretamente acompanhada e tratada (FONSECA,2007)

Geralmente, a colheita é realizada diariamente, de forma manual e necessita mão-de-obra significativa em média 20 pessoas/ha no pico de produção. As datas da colheita variam de acordo com a cultivar e a região.

O grau ótimo de maturação do fruto no momento da colheita é de fundamental importância, observado na (Figura 20) pois influencia diretamente na palatabilidade e consequente aceitação pelo consumidor, como também o máximo tempo de armazenamento. Assim, frutos colhidos imaturos, observados na (Figura 21) ainda que receba manejo adequado de pós-colheita, possuem qualidade comercial e apresentação inferior àquele colhido com grau ótimo de maturação (ANTUNES et al., 2006).

O processo de colheita necessita de alguns cuidados como: não provocar qualquer tipo

de dano mecânico ao fruto, seja por choque com embalagens, utilização de ferramentas, queda de frutos no chão, colhedores com unhas muito compridas; realizar a colheita nas horas mais frescas do dia, colocando as frutas em local protegido do sol; não realizar a colheita logo após a ocorrência de chuvas fortes; procurar colher os frutos com o mesmo grau de coloração (frutos com azul intenso uniforme); colher os frutos diretamente na embalagem de comercialização

Independente da cultivar, recomenda-se que os frutos apresentem as seguintes características químicas e físicas na colheita observadas na Tabela 7.

Tabela 7- Característica físico-química de frutos de mirtilo.

Características	Valor médio
Peso (g)	1,0-1,30
Sólidos solúveis totais (SST)	13-14
Acidez total titulável (AT) (% ácido cítrico)	0,4-,05
Firmeza (libras)	9,0- 10,0

Fonte: Antunes et al.,2006

Figura 20- Mirtilos colhidos no estágio em maturação adequada (epiderme azul uniforme).



Fonte: A autora, (2021).

Figura 21- Mirtilos em diferentes estágios de maturação



Fonte: A autora, (2021).

4.4.1.4 Pré- resfriamento

O pré-resfriamento tem como objetivo diminuir o calor que o fruto possui ao ser colhido, esse processo é realizado antes do armazenamento definitivo e deve ser feito rapidamente após a colheita, cerca de 4 horas após. Busca-se diminuir a temperatura o mais próximo da temperatura de armazenamento, normalmente 4°C.

Duas considerações são essenciais para a aplicação desta técnica: a) O período de tempo entre a colheita e o pré-resfriamento do fruto deve ser o menor possível, respeitando, logicamente, as questões de logística. b) A velocidade de pré-resfriamento deve ser a maior possível. Quanto mais rápido se baixa a temperatura de polpa dos frutos, melhores serão os resultados obtidos (ANTUNES, et al., 2006).

4.4.1.5 Armazenamento

No processo de armazenamento de frutos ocorre uma série de alterações químicas e físicas, as quais diminuem a qualidade conduzindo à senescência e morte dos mesmos. Estas mudanças se devem a que os frutos são produtos que, depois de colhidos, continuam vivos, com as funções ativas do metabolismo vegetal, como respiração e transpiração (EMBRAPA, 2009).

Depois da colheita, uma rápida diminuição da temperatura dos frutos é uma das

medidas mais importantes para prolongar a sua conservação. A temperatura ideal de conservação é de 2 a 4°C. Os mirtilos são armazenados em condições ambientes (20- 25°C e 65-70% de UR). Geralmente, este tipo de armazenamento é realizado por produtores rurais que têm acesso a câmaras frias, seja de forma comunitária ou não. Os frutos são conservados, durante, no máximo, 10 dias (dependendo da cultivar) (COUTINHO et al., 2007).

5. CONCLUSÃO

O escasso conhecimento técnico sobre a cultura e o sistema produtivo, a pequena disponibilidade de cultivares, a falta de informações acerca da adaptação em diferentes regiões de plantio e a dificuldade de propagação da maioria dos cultivares estão entre os fatores limitantes à expansão do cultivo de mirtilos.

Nota-se que, de maneira geral, ainda se tem muita pesquisa acerca do assunto para ser realizada, como por exemplo, sobre o manejo, comportamento fenológico, adaptação de diferentes cultivares em distintos locais, propagação das mesmas, para que se consiga levantar informações importantes, e com isso fazer recomendações mais precisas sobre o cultivo da cultura.

Por fim, pode-se indicar o cultivo de mirtilos como fonte alternativa de renda aos produtores, principalmente os da agricultura familiar, por tratar-se de uma cultura com alto valor agregado e alta rentabilidade por hectare.

6. REFERÊNCIAS

ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M.C.B. (Ed.). **A cultura do mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 63p. (Aspectos econômicos).

ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M.C.B. (Ed.). **Cultivo do mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 99p. (Sistema de produção 8).

ANTUNES, L. E. C.; PAGOT, E.; PEREIRA, J. F. M.; TREVISAN, R.; GONÇALVES, E. D.; VIZZOTTO, M. **Aspectos técnicos da cultura do mirtilo**. Informe agropecuário, Belo Horizonte (Eпамig), v. 33. n. 268, p. 58-68, maio/jun. 2012.

ANTUNES, L. E. C.; ROBERTO, S.R.; Indole butyric acid application methods in ‘Brite Blue’ blueberry cuttings collected in different seasons. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.14, n.3, e 6542, 2019.

AVILÉS, T. C. **Cultivo do mirtilo**. Esalq. Série Produtor Rural. Piracicaba. 2010. 38p.

BLACK, B. L. e ZIMMERMAN, R. H. (2006) Industrial and municipal by products as substrates to highbush blueberry production. *Acta Horticulturae*, 574:267-272.

BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPE FILHO, J. A.; ALMEIDA, L. F. P.; ENTELMANN, F. A.; ALVES, A. S. R. Tipo de estaca e concentração de ácido indolbutírico na propagação da lichieira. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 97-102, jan./fev., 2006.

BRITO, L., MOURÃO, I. (2012). **Características dos substratos para horticultura**. *Agrotec* (2): 32-38.

BOWLING, B. L. **The berry grower’s companion**. Oregon: Timber Press, 2000. 284p.

BROOKS, R. M.; OLMO, H. P. **Register of fruit and nut varieties**. Alexandria: ASHS, 1997. 743 p.

BUZETA, A. Chile: **Berries para el 2000**. Fundación Chile. Santiago, Chile. 1997.133 p.

COLETTI, R.; **Fenologia, produção e superação da dormência do mirtilo em ambiente protegido**. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade De Passo Fundo, Passo Fundo, 2009. Disponível em: <<http://www.upf.br/ppgagro/download/robertocolletti.pdf>>. Acesso em: 19/11/2022.

COUTINHO, E. F.; CANTILLANO, R. F. F. Conservação pós-colheita. In: SCHIMULFENING, D. O.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. (Ed.). **Sistema de produção de mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção, 8).

CHICAU, G.; **Doenças dos mirtilos (*Vaccinium spp.*)**. Ministério da Agricultura e do Mar.Divisão de Apoio ao Setor Agroalimentar Senhora da Hora,2015.

CHILDERS, N. F.; LYRENE, P. M. **Blueberries for growers, gardeners, promoters**. Florida: E. O. Painter Printing Company, 2006. 266p.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do RS e de SC. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

DINI, M. de OLIVEIRA; I. P. FARIAS; P., & FRANZON, R. (2016). **Crescimento inicial de seedlings de mirtilo com diferentes substratos e fertilizante organomineral**. In: ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 7., 2016, Pelotas. Palestras e resumos... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 459 p..

DUFFY, K. B.; SPANGLER, E. L.; DEVAN, B. D.; GUO, Z.; BOWKER, J. L.; JANAS, A. M.; HAGEPANOS, A.; MINOR, R. K.; DECABO, R. ; MOUTON, P. R.; SHUKITT-HALE, B.; JOSEPH, J. A.; INGRAM, D. K. A blueberry-enriched diet provides cellular protection against oxidative stress and reduces a kainate-induced learning impairment in rats. **Neurobiology of Aging**, v. 29, p. 1680 – 1689, 2008.

ECK, P. Blueberry Science. **Rutgers University Press**. 1988.

EHLENFELDT, M. K.; ROWLAND, L. J.; OGDEN, E. L.; VINYARD, B. T. Floral bud cold hardiness of *Vaccinium ashei*, *V. constablaei*, and hybrid derivatives and the potencial for producing Northern-adapted rabbiteye cultivars. **HortScience**, v.42, p.1131-1134, 2007.

EPAGRI. **Estudos básicos regionais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2003. CD-ROM.

EPAGRI/CIRAM. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Disponível em http://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/arquivos/portal/agricultura/zoneAgroecologico/ZonAgroeco.pdf . Acesso em 25/11/2022.

ESTEVES, B. S.; SILVA, D. G.; PAES, H. M. F.; SOUSA, E. F. **Irrigação por gotejamento**. Manual Técnico nº 32. Niterói: Programa Rio Rural, 2012. 18 p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTGAL, J. C.; KERSTEN, E. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. p.69-109.

FISCHER, D. L. O.; FACHINELLO, J. C.; ANTUNES, L. E. C.; TIMM, C. R. F.; GIACOBBO, C. L. Enraizamento de estacas semilenhosas de mirtilo sob o efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 557-559, Junho 2008.

FISCHER, D. L. O.; FACHINELLO, J. C.; ANTUNES, L. E. C.; TOMAZ, Z. F. P.; GIACOBBO, C. L.; Efeito do ácido indolbutírico e da cultivar no enraizamento de estacas lenhosas de mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 285-289, 2008.

FONSECA, L. L da; OLIVEIRA, P. B de. **A planta de mirtilo: Morfologia e fisiologia**. : Inrb, Lisboa, 2007.

GALLETA, G. J. Blueberries and cranberries. In *Advances in Fruit Breeding*. Eds. Janick e J. N. Moore. West Lafayette. **Purdue University Press**. 1975. p 154-196.

GALLETTA, G. J.; BALLINGTON, J.R. Blueberry, cranberries, and lingonberries In: JANICK, J.; MOORE, J.N.[Ed]. **Fruit breeding**. New York: J. Wiley, 1996. p. 1-108.

GUASSO, L. Z; SASSI, A.; DA SILVEIRA, S. V.; MARODIN, F. A.; DE SOUZA, P. V. D. **Enraizamento de quatro genótipos de kiwizeiros submetidas a tratamento com Ácido Indolbutírico**. Parte de Dissertação (Programa de Pós Graduação em Fitotecnia- Universidade Federal do Rio Grande do Sul)- Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2020.

HARRI, L.; SARTORI, S.; BACHER, L. B.; LACERDA, M. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice – Hall, 2002, 880 p.

HERTER, F.G.; WREGE, M.S. **Cultivo do mirtilo** – Fatores climáticos. IN: ANTUNES, L.E.C.; RASEIRA, M. DO C. BA. (Ed.). Cultivo do mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 67p. (Sistema de Produção, 8).

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

HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J. C.; SANTOS DOS, A. M. **Propagação de Mirtilo (Vaccinium ashei Reade) através de estacas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 30, n° 02, p.231 – 236, fev. 1995.

HOFFMANN, A.; ANTUNES, L. E. C. **Especial Como Cultivar**. EMBRAPA. Disponível em <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/como_cultivar_mirtilo.pdf> . Acesso em 24/11/2022.

KREWER, G; NESMITH, D. S. **Blueberry Cultivars for Georgia**. 2006.

KOYAMA, R.; HUSSAIN, I. Clonal propagation of blueberries mini cutting sunder subtropical conditions. **International Journal of Biosciences**, v.13, n.3, p.1-9, 2018.

KOYAMA, R.; HUSSAIN, I.; SHAHAB, M.; AHMED, S.; ASSIS, A. M.; ZEFFA, D. M.; ANTUNES, L. E. C.; ROBERTO, S. R.; Indole butyric acid application methods in 'Brite Blue' blueberry cuttings collected in different seasons. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.14, n.3, e6542, 2019.

MADAIL, J. C. M.; SANTOS, A. M. dos. **Aspectos econômicos do mirtilo**. Embrapa Clima Temperado, 2007. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mirtilo/SistemaProducaoMirtilo/aspectos.htm>>. Acesso em 22/11/2022.

MADAIL, J. C. M.; SANTOS, A. M. Dos. Aspectos econômicos. In: RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, E. C. **A cultura do Mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.63-69. (Documentos, 121).

MAINLAND, C. M. e BUCHANAN, D. W. e BARTHOLIC, J. F. The effects of five chilling regimes on bud break of highbush and rabbiteye blueberry hardwood cuttings. **HortScience**. 1977. 12: 43.

MARANGON, M. A.; BIASI, L. A. **Estaquia de mirtilo nas estações do ano com ácido indolbutírico e aquecimento do substrato**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 48, n. 1, p. 25-32, 2013.

MATOS, M. (2014) Mirtilo em vaso tem potencial. Frutas, Legumes e Flores.

MEDEIROS, J. G. S. **Aspectos fenológicos, desempenho produtivo, qualidade e compostos bioativos de frutos de cultivares de mirtilos no Paraná**. 117 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2006.

MONTEIRO, L. B.; MIO, L. L. M. D.; SERRAT, B. M.; MOTA, A. C.; CUQUEL, F. L. **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: UFPR, 2004.

MOYER, R. A.; HUMMER, K. E.; FINN, C. E.; FREI, B.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Capacity in Diverse Small Fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 50, p. 519 – 525, 2002.

NERY, F. S. G.; RIBAS, K. C. Z.; KOEHLER, H. S. **Enraizamento de *Psychotria nuda* (Cham. & Schlttdl) Wawra (Rubiaceae) nas quatro estações do ano.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 243-250, jan.-mar., 2014.

NESMITH, D. S. A summary of current and past blueberry cultivars grown in Georgia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 4.; **ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL**, 3., 2008, Pelotas. *Palestras e resumos...* Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. p.53-64.

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

PANNUNZIO, A.; VILELLA, F.; TEXEIRA, P.; PREMUZIK, Z. Impacto de los sistemas de riego por goteo en arándanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.1, p. 03-08. 2011.

PARRA, M. A. Producción de arándano: puntos claves de manejo del cultivo. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 4.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL**, 3., 2008, Pelotas. *Palestras e resumos...* Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. p.65-74.

PEÑA, M. L. P.; GUBERT, C.; TAGLIANI, M. C.; CENTENARO BUENO, P. M.; BIASI, L. A. **Concentrações e formas de aplicação do ácido indolbutírico na propagação por estaquia dos mirtilheiros cvs. Flórida e Clímax.** Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 1, p. 57-63, 2012.

PIZZATTO, M.; JÚNIOR, A. W.; LUCKMANN, D.; PIROLA, K.; CASSOL, D. A.; MAZARO, S. M. **Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia.** Rev. Ceres, Viçosa, v. 58, n.4, p. 487-492, jul/ago, 2011.

PRITTS, M. P e HANCOCK J. F. **Highbush Blueberry Production Guide**. Northeast regional agricultural engineering service. 1992. Cooperative extension no 55:200p.

RAMOS, F.; PINTO, L.; MOUTINHO, D. **Pragas e doenças dos pequenos frutos**. Caderno técnico. Portugal, 2020.

RASEIRA, M. do C. B. **Descrição da planta, melhoramento genético e cultivares de mirtilo**. Embrapa Clima Temperado, 2007. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mirtilo/SistemaProducaoMirtilo/descricao.htm>>. Acesso em 19/11/2022.

RADÚNZ, A. L.; SCHEUNEMANN, L. C.; KRÖNING, D. P. et al. **Caracterização do hábito de frutificação do mirtilo cultivado na mesorregião de Pelotas/RS, Brasil**. Revista de la Facultad de Agronomía, v.115, n.1, p.83-90, 2016.

REISSER, JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C. Irrigação. In: RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L.E.C. **Cultivo do Mirtilo (Vaccinium spp)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 75-78. 2006. (Embrapa clima temperado. Sistemas de Produção, 8).

RETAMALES, J. B.; HANCOCK J. F. **Blueberries**. CABI, Cambridge, USA. 2012.

RISTOW, C. N. **Multiplicação de mirtilo (Vaccinium spp.) por estaquia.2009**. Pós graduação em Agronomia- Faculdade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2009.

RUFATO, A, R.; ANTUNES, L, E, C. **Técnicas de produção de framboesa e mirtilo**. Embrapa Clima Temperado, 92 p. 2016.

SANTOS, A. M. dos; RASEIRA, M. do C. B. **A cultura do mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 23 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 96.).

SANTOS, A. M. dos. Situação e perspectivas do Mirtilo no Brasil. In: ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS, 1., 2004. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa, 2004. p. 281.

SANTOS, A. M. dos. **A cultura do mirtilo.** Disponível em <<http://www.mirtilors.com.br/cultivo.htm>>. Acesso em 19/11/2022.

SHAHAB, M.; ROBERTO, S. R.; COLOMBO, R. C.; SILVESTRE, J. P.; AHMED, S.; STRIK, B. C. Horticultural practices of growing highbush blueberries in the ever-expanding U.S. and global scene. **Journal of the American Pomological Society**, University Park, v.61, p.148-150, 2007.

SHARP, R. H.; DARROW, G. M. Breeding blueberries for the Florida climate. **Fla.State Hort. Soc.** 1959. 72:308-311.

SHUTAK, V. G., GOUGH, R. E., WINDUS, N. D. (1980) The cultivated highbush blueberry: twenty years of research. Rhode Island Agricultural Experiment Station Technical Bulletin, 428.

SWEENEY, M. I.; KALT, W.; MACKINNON, S. L.; ASHBY, J.; GOTTSCHALLPASS, K. T. Feeding rats diets enriched in lowbush blueberries for six weeks decreases ischemia-induced brain damage. **Nutritional Neuroscience**, v. 5, p.427 – 431, 2002.

VERDONCK, O.; DE VLEESCHAUWER D.; DE BOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 126, p.251-258, 1981.

VILLA, F.; PIO, R.; CHALFUN, N. N. J.; GONTIJO, T. C. A.; DUTRA, L. F. Propagação de amoreira-preta utilizando estacas lenhosas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.27, n.4, p.829-834, 2003.

VIGNOLO, G. K.; FISCHER, D. L. O.; ARAUJO, V. F.; KUNDE, R. J.; ANTUNES, L. E. C. Rooting of hardwood cuttings of three blueberry cultivars with different concentrations of IBA. **Ciência Rural**, v.42, n.5, p.795-800, 2012.

WALSH, D. B.; BOLDA, M. P.; GOODHUE, R. E.; DREVES A. J.; LEE J. C.; BRUCK D. J.; WALTON V. M.; O'NEAL S. D.; ZALOM F. G. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. **Journal of Integrated Pest Management**, California, v.2, n.1, p.1-7, 2011.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 921-930, 2005.

WILLIAMSON, J.; KREWER, G.; PAVLIS, G.; MAINLAND, C. M. Blueberry soil management, nutrition and irrigation. In: CHILDERS, N.F.; LYRENE, P.M. **Blueberries for growers, gardeners, promoters**. Florida: E.O.Painter Printing Company, 2006. p. 60-74.

WILLIAMSON, J.; LYRENE, P. Site Requirements. **Blueberry Gardener's Guide**. 2009.

ZHANG, J.; TAYLOR, C. The Dynamic Model Provides the Best Description of the Chill Process on 'Sirora' Pistachio Trees in Australia. **HortScience**, 46(3):420-425. 2011.