UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

THAMYRES YARA LIMA EVANGELISTA

SAZONALIDADE CLIMÁTICA E ÉPOCAS DE PODA NA FENOLOGIA, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE VIDEIRAS CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE

Bom Jesus – PI
2024

THAMYRES YARA LIMA EVANGELISTA

SAZONALIDADE CLIMÁTICA E ÉPOCAS DE PODA NA FENOLOGIA, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE VIDEIRAS CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - PPGCA, Campus Professora Cinobelina Elvas - CPCE, da Universidade Federal do Piauí - UFPI, na área de concentração Produção Vegetal, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Alves Pereira
Coorientador: Prof. Dr. Rafael de Souza Miranda

Bom Jesus – PI

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Campus Professora Cinobelina Elvas
Serviço de Processamento Técnico

E92s Evangelista, Thamyres Yara Lima.
Sazonalidade climática e épocas de poda na fenologia, fisiologia e produção de videiras cultivadas no semiárido piauienses./ Thamyres Yara Lima Evangelista. – 2024.
63 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Bom Jesus-PI, 2024.
Orientação: "Prof. Dr. Gustavo Alves Pereira".

1. Sazonalidade climática. 2. Fenologia. 3. Semiárido piauiense. I. Evangelista, Thamyres Yara Lima. II. Pereira, Gustavo Alves. III. Título.

CDD 575

Elaborado por Sérvulo Fernandes da Silva Neto – CRB-15/603

THAMYRES YARA LIMA EVANGELISTA

SAZONALIDADE CLIMÁTICA E ÉPOCAS DE PODA NA FENOLOGIA, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE VIDEIRAS CULTIVADAS NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - PPGCA, do Campus Professora Cinobelina Elvas - CPCE, da Universidade Federal do Piauí - UFPI, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciências Agrárias.
Área de concentração: Produção Vegetal.
Linha de Pesquisa: Propagação e Manejo Cultural de Plantas.
Orientador: Prof. Dr. Gustavo Alves Pereira.
Coorientador: Prof. Dr. Rafael de Souza Miranda.

Aprovada em: 13 de novembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
GUSTAVO ALVES PEREIRA
Data: 18/03/2025 10:09:59-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Gustavo Alves Pereira (UFPI)
Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br
GABRIEL BARBOSA DA SILVA JUNIOR
Data: 14/03/2025 16:10:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior (UFPI)
Examinador Interno ao Programa

Documento assinado digitalmente
gov.br
JENILTON GOMES DA CUNHA
Data: 18/03/2025 10:22:02-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Jenilton Gomes da Cunha (UNIVASF)
Examinador Externo ao Programa

Documento assinado digitalmente
gov.br
VANDER MENDONCA
Data: 18/03/2025 14:58:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Vander Mendonça (UFERSA)
Examinador Externo ao Programa

Documento assinado digitalmente
gov.br
RODRIGO FONSECA DA SILVA
Data: 18/03/2025 19:47:36-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Rodrigo Fonseca da Silva (UFPI)
Examinador Externo ao Programa

Aos meus amados filhos,
Klaus Evangelista Kreling,
Matteo Evangelista Kreling e
Konan Evangelista Kreling.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à DEUS, por me conferir a oportunidade de participar deste mundo com seus mistérios e desafios, e por colocar na minha vida pessoas tão especiais, que jamais serão esquecidas, como:

Meus filhos Klaus Evangelista Kreling, Matteo Evangelista Kreling e Konan Evangelista Kreling, por cada sorriso e gesto de carinho, me dando luz nos momentos de insegurança e me transformando em uma mulher mais forte.

Ao meu esposo Júlio César Kreling, por sempre acredita em mim, me incentivando com amor e paciência.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Gustavo Alves Pereira e Prof. Dr. Rafael de Souza Miranda, pela participação e orientação no desenvolvimento deste trabalho, bem como seu apoio, paciência e confiança para o desenvolvimento do mesmo.

Aos docentes e pesquisadores Dr. Jenilton Gomes da Cunha, Dr. Rodrigo Fonseca da Silva, Dr. Vander Mendonça e Dra. Luciana da Silva, por aceitarem o convite para compor a banca de Defesa desta Tese de Doutorado e por todas as sugestões para melhoria deste trabalho.

Ao Grupo de Estudos em Fruticultura da UFPI (Frutagro) pelo apoio acadêmico, especialmente os colegas, Edinaria Palmeira dos Santos, Adaniel Sousa dos Santos e Jenilton Gomes da Cunha, por toda parceria concedida ao longo da caminhada.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA), do Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE), da Universidade Federal do Piauí (UFPI), por toda estrutura concedida ao longo da pesquisa.

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, concedido por meio de bolsa de Doutorado.

À todos, o meu mais sincero agradecimento.

Deus mandou te dizer que vai acontecer,
Deus mandou te falar, que ele vai te honrar.

Filipe Costa Silva

RESUMO

A sazonalidade climática entre as regiões produtoras de uva, expõe as plantas a diferentes condições ambientais capazes de influenciar sua fenologia, fisiologia e produtividade. Nesse cenário, estudos sobre o potencial climático das áreas de cultivo, bem como a fisiologia, fenologia e necessidades térmicas das cultivares de videira em diferentes épocas de cultivo são ferramentas importantes para a implementação de novas cultivares de videira, especialmente em regiões de clima semiárido. Este estudo teve como objetivo realizar a classificação climática da região, identificando a melhor cultivar de videira e época de poda para o cultivo no semiárido piauiense. Assim, foi estabelecido um experimento de campo em duas épocas de cultivos utilizando cultivares de ciclo intermediário (BRS Magna e BRS Núbia) e precoce (BRS Violeta) em Bom Jesus, Piauí, Brasil. O experimento foi conduzido em sistema de latada, espaçados de 2 x 1,5 metros. O ciclo fenológico médio das cultivares foi 2.133,33 grau-dias (120 dias). Os resultados desta pesquisa sugerem que as videiras cultivadas durante a 2ª época de cultivo (setembro-dezembro) anteciparam a fenologia desde a brotação até a maturação da baga (BBCH01-BBCH89) de todas as cultivares estudadas, apresentando maiores taxas de assimilação de CO_2, transpiração, condutância estomática, temperatura foliar e relação Ci/Ca. As cultivares estudadas produziram cachos com parâmetros morfológicos aptos para comercialização, com destaque para 'BRS Magna', que apresentou maior produção (3,56 kg/planta), número de bagas por cacho (34,5), diâmetro longitudinal (35,1 mm), diâmetro transversal da baga (15,3 mm), massa do fruto (61,83 g), massa das bagas (2,4 g) e sólidos solúveis totais (14,9 °Brix). Desta forma, concluiu-se que, a região sudoeste piauiense possui potencial climático para o cultivo da videira. O crescimento das cultivares é maior em épocas de clima mais quente, necessitando de menor soma térmica para completar o ciclo de crescimento. A cv. 'BRS Magna' se mostrou a mais promissora para o cultivo na região.

Palavras-chave: BRS Magna, BRS Núbia, BRS Viloleta, Troca gasosa, *Vitis* sp.

ABSTRACT

The climatic seasonality between grape-producing regions exposes the plants to different environmental conditions capable of influencing their phenology, physiology and productivity. In this scenario, studies on the climatic potential of the growing areas, as well as the physiology, phenology and thermal needs of grapevine cultivars in different growing seasons are important tools for the implementation of new grapevine cultivars, especially in semi-arid regions. This study aimed to classify the climate of the region, identifying the best grapevine cultivar and pruning season for cultivation in the semi-arid region of Piauí. Thus, a field experiment was established in two growing seasons using intermediate (BRS Magna and BRS Núbia) and early (BRS Violeta) cycle cultivars in Bom Jesus, Piauí, Brazil. The experiment was conducted in a trellis system, 2 x 1.5 meters apart. The average phenological cycle of the cultivars was 2,133.33 degrees (120 days). The results of this research suggest that the vines cultivated during the 2nd growing season (September-December) anticipated the phenology from bud break to berry ripening (BBCH01-BBCH89) of all the cultivars studied, presenting higher rates of CO_2 assimilation, transpiration, stomatal conductance, leaf temperature, and Ci/Ca ratio. The cultivars studied produced bunches with morphological parameters suitable for commercialization, with emphasis on 'BRS Magna', which presented the highest production (3.56 kg/plant), number of berries per bunch (34.5), longitudinal diameter (35.1 mm), the transverse diameter of the berry (15.3 mm), fruit weight (61.83 g), berry weight (2.4 g) and total soluble solids (14.9 °Brix). Thus, it was concluded that the southwest region of Piauí has climatic potential for grapevine cultivation. The growth of the cultivars is greater in warmer seasons, requiring less thermal sum to complete the growth cycle. 'BRS Magna' proved to be the most promising for cultivation in the region.

Keywords: BRS Magna, BRS Nubia, BRS Violeta, Gas exchange, *Vitis* sp.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cultivares de uva de mesa preta com sementes 'BRS Magna', 'BRS Núbia' e 'BRS Violeta'..... 18

Figura 2 - Fertilização da videira em função do estádio fenológico de acordo com a época da poda (antes ou depois da antese)..... 22

Figura 3 - Fertilização da videira em função dos tipos de poda (curta ou longa)..... 22

Figura 4 - Análise do cultivo da videira ao longo do ciclo de crescimento em Bom Jesus, Piauí, Brasil (2021-2022)..... 26

Figura 5 - Condições climáticas da região de Bom Jesus, Piauí, Brasil, durante as estações de crescimento (EC) da videira, no período de 2021 a 2022..... 30

Figura 6 - Escala BBCH desde o início do inchaço das gemas (BBCH01) até a maturação completa dos cachos (BBCH89) das uvas ‘BRS Magna’ ‘BRS Núbia’ e ‘BRS Violeta’ em quatro épocas de cultivos (EC) (2021 a 2022) em Bom Jesus, Piauí..... 32

Figura 7 - Análise do crescimento dos frutos das cultivares estudadas ao longo do ciclo 2021 a 2022 em Bom Jesus, Piauí, Brasil..... 33

Figura 8 - Médias das variáveis estudadas das cultivares ao longo do ciclo 2021 a 2022 em Bom Jesus, Piauí, Brasil..... 36

Figura 9 - Análise de Cluster baseada em diferentes cultivares de videira e épocas de cultivo ao longo do ciclo 2021 a 2022 em Bom Jesus, Piauí, Brasil..... 38

Figura 10 - Análise de Componentes Principais baseada em diferentes cultivares de videira e épocas de cultivo ao longo do ciclo 2021 a 2022 em Bom Jesus, Piauí, Brasil... 39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeitos da época de poda na fisiologia de diferentes cultivares de videira..... 23

Tabela 2 - Características físicas e químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm, Bom Jesus, Piauí, Brasil..... 25

Tabela 3 - Escala BBCH proposta por Eichhorn-Lorenz (EL) modificada..... 27

Tabela 4 - Classificação climática da região de Bom Jesus, Piauí, Brasil, segundo sistema CCM Geoviticola, de 2021 a 2022 em quatro época de cultivos..... 31

Tabela 5 - Escala BBCH e soma térmica em graus-dia (GD) das videiras 'BRS Magna' e 'BRS Violeta' em quatro época de cultivos de 2021 a 2022 em Bom Jesus, Piauí, Brasil..... 31

Tabela 6 - Duração do ciclo e soma térmica em graus-dia (GD) das videiras ‘BRS Magna’ e ‘BRS Violeta’ em quatro época de cultivos de 2021 a 2022 em Bom Jesus, Piauí, Brasil..... 33

Tabela 7 - Análise de variância e Pr(>Fc) para os tratamentos estudados..... 34

LISTA DE ABREVIATURAS

Aw	Clima tropical com estação seca de inverno
CPCE	Campus Professora Cinobelina Elvas
DAP	Dias após a poda
FAOSTAST	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FRUTAGRO	Grupo de Estudos em Fruticultura
GD	Graus dia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IRGA	Infra Red Gas Analyser
KCl	Cloreto de potássio
PPGCA	PPGCA Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias
TB	Temperatura basal máxima
Tb	Temperatura basal mínima
TM	Temperatura máxima diária
Tm	Temperatura mínima diária
UFPI	Universidade Federal do Piauí

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius
Al	Alumínio
Ca	Cálcio
$cmolc.dm^{-3}$	Centimol de carga por decímetro cúbico
Cm	Centímetros
Cu	Cobre
Fe	Ferro
$g.kg^{-1}$	Gramas por quilo
Há	Hectare
H	Hidrogênio
H_2O	Água
K	Potássio
$kg\ ha^{-1}$	Quilos por hectare
$kg\ planta^{-1}$	Quilos por planta
M	Metros
Mg	Magnésio
$mg.dm^{-3}$	Miligrama por decímetro cúbico
$MJ\ m^{-2}$	Megajoule por metro quadrado
Mm	Milímetros
Mn	Manganês
M.O.	Matéria Orgânica
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
SB	Soma de Bases Trocáveis
T	Capacidade de Troca Catiônica a pH 7.0
T	Toneladas
V	Índice de Saturação de Bases
Zn	Zinco
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 14
2 ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL..... 16
3 REVISÃO DE LITERATURA..... 17
3.1 Cultura da videira..... 17
3.1.1 Origem e importância econômica..... 17
3.1.2 Classificação botânica e cultivares..... 17
3.2 Condições ambientais que regulam o crescimento da videira em regiões de clima semiárido..... 18
3.2.1 Luminosidade..... 19
3.2.2 Temperatura..... 19
3.2.3 Necessidade hídrica..... 20
3.3 Estratégias para o cultivo da videira no semiárido..... 20
3.4 Manejo de podas para produção de videiras no semiárido..... 22
4 MATERIAL E MÉTODOS..... 24
4.1 Material vegetal e condições experimentais..... 24
4.2 Delineamento experimental..... 25
4.3 Variáveis analisadas..... 25
4.3.1 Classificação climática e estimativa da soma térmica..... 26
4.3.2 Parâmetros fenológicos..... 27
4.3.3 Trocas gasosas..... 28
4.3.4 Análise de crescimento dos frutos..... 28
4.3.5 Parâmetros físico-químicos dos frutos..... 28
4.3.6 Análise estatística..... 29
5 RESULTADOS..... 31
6 DISCUSSÃO..... 41
7 CONCLUSÃO..... 44
REFERÊNCIAS..... 45
APÊNDICES 50

1 INTRODUÇÃO

A videira (*Vitis* sp.) é uma das frutíferas mais cultivadas no mundo, produzindo 8.761.5469 toneladas de uva por ano. O Brasil ocupa a 17ª posição no ranking de produção mundial, com 1.450.805 toneladas produzidas em 74.798 ha (FAOSTAT, 2022). No entanto, é altamente sensível às alterações climáticas, especialmente a temperatura, alterando seu metabolismo e, determinando a ocorrência e duração dos processos fenológicos (Rességuier *et al*., 2023).

Eventos extremos de temperatura podem causar danos às folhas e às uvas. Temperaturas negativas (< -2,2 °C) após a brotação podem causar sérios danos e reduzir a produtividade (Camargo-Alvarez *et al*., 2020), enquanto temperaturas muito altas (> 35 °C) alteram a fotossíntese, antecipando a maturação das plantas (Semiromi *et al*., 2024). Consequentemente, as características físico-químicas dos frutos, com maiores teores de açúcar (Parker *et al.*, 2020), e menores concentrações de antocianinas e ácidos orgânicos nas uvas (Van Leeuwen *et al.*, 2020).

Embora as alterações climáticas não sejam espacialmente uniformes e, portanto, provavelmente não afetem da mesma forma as áreas vitivinícolas, esta investigação justifica-se pelo fator da adaptação das videiras ser essencial para manter o rendimento das culturas. Portanto, determinar o comportamento fenológico de uma cultivar em uma determinada região é essencial para visualizar as mudanças climáticas em diferentes escalas**.**

Além disso, a determinação de índices agroclimáticos, baseados na exigência térmica ao longo dos períodos de crescimento da videira, é importante para a distribuição geográfica das áreas vitícolas. A exigência térmica representa a energia térmica acumulada durante um determinado período, expressa em graus-dia (GD) (Ometto, 1981). A utilização dos graus-dia como ferramenta de gestão para o cultivo de videira, permite a quantificação dos impactos ambientais atuais, determinando o período de crescimento e a duração de cada fase fenológica da planta.

A exigência térmica é particularmente adequada para selecionar cultivares para uma região de plantio. Portanto, as cultivares de videira diferem em termos de maturidade, devido à sua variabilidade interna/genética. Logo, para avaliar o efeito total das condições climáticas, tanto o clima regional quanto os fatores que são afetados por ele, como a época de cultivo e fenologia das plantas, devem ser considerados.

Estudos recentes demonstraram que, as condições climáticas da época de cultivo podem adiantar ou atrasar a maturidade fenológica (Morgani *et al.,* 2022) e modular a capacidade fotossintética das videiras (Greer *et al.,* 2019). Alterando seu crescimento (Vuerich *et al.,* 2022), rendimento (Gambetta *et al.,* 2020) e qualidade dos frutos das videiras cv. 'Malbec' (Ferrara *et al.,* 2022), 'Merlot' (Allegro *et al.,* 2020), 'Bobal' e 'Tempranillo' (Buesa *et al.,* 2020) e 'Pinot Noir' (Frioni *et al.,* 2019).

Neste cenário, o cultivo em regiões semiáridas tem se destacado por antecipar o ciclo produtivo da videira, permitindo até duas colheitas por ano. Tais características são comumente encontradas na região Sudoeste piauiense, embora o cultivo de videira ainda seja incipiente nesta região, observa-se potencial para o cultivo de videiras em condições irrigadas, pois a região apresenta reserva subterrânea de água na bacia sedimentar do Vale do Gurguéia, abastecida pelos aquíferos Cabeças e Serra Grande.

Além de índices pluviométricos (900 a 1200 mm.ano^{-1}) e temperatura média do ar (26,2 °C), propícias ao amadurecimento das uvas (20 a 30 °C). Nestas condições, os problemas fitossanitários tendem a ser menores e a qualidade dos frutos melhor, o que é essencial para expressar o potencial produtivo da videira. Desta forma, este estudo teve por objetivo caracterizar a classificação climática da região, identificando a melhor cultivar e época de poda para o cultivo no semiárido piauiense.

2 ESTRATÉGIA EXPERIMENTAL

Este estudo teve por objetivo caracterizar a classificação climática da região, identificando a melhor cultivar e época de poda para o cultivo no semiárido piauiense. Desta forma, adotou-se como estratégia experimental a avaliação das exigências térmicas, fenologia, trocas gasosas e produção de videiras em diferentes épocas de cultivo no semiárido piauiense, objetivando identificar

A classificação climática da região foi realizada através do Sistema de Classificação Climática Multicritério (MCC) Geoviticola, obtendo os valores de Índice Heliotérmico (IH), Índice de Frio Noturno (IFN) e índice de seca (IS). A exigência térmica, foi obtida pela soma dos grau-dias (GD) da cultura. Para determinação dos estágios fenológicos adotou-se a escala BBCH proposta por Eichhorn-Lorenz (EL). As trocas gasosas foram quantificadas pelo Analisador de Gases Infravermelho (IRGA), e os parâmetros de produção e características físico-químicas para determinação da qualidade das bagas.

Como forma de controle e observação dos efeitos das variáveis, o experimento foi realizado em dois anos (2021 a 2022), com videiras de ciclo intermediário 'BRS Magna' e 'BRS Núbia' e de ciclo precoce 'BRS Violeta', com um ano de idade, cultivadas sobre o porta-enxerto Paulsen 1103. Instaladas no vinhedo experimental do Grupo de Estudos em Fruticultura (Frutagro), do *Campus* Professora Cinobelina Elvas (CPCE), da Universidade Federal do Piauí (UFPI), em Bom Jesus, Piauí. As cultivares foram escolhidas devido à sua ampla adaptação geográfica.

Os tratamentos foram organizados em delineamento de blocos inteiramente casualizado (DBC), com cinco repetições, em parcelas subdivididas no tempo (3 × 4), sendo três cultivares de videira ('BRS Magna', 'BRS Núbia' e 'BRS Violeta') e quatro épocas de cultivo (EC): 1ª EC (Março-Junho), 2ª EC (Setembro-Dezembro), 3ª EC (Fevereiro-Junho) e 4ª EC (Agosto-Dezembro) com podas de produção realizadas durante a dormência dos brotos. Após a poda não foi utilizado indutores de brotação para indução ou uniformidade dos brotos. Isto tem um aspecto positivo para o cultivo, uma vez que esses insumos apresentam alta toxicidade e custo de aplicação.

Esta pesquisa levanta a hipótese de que as épocas de cultivo modulam as trocas gasosas da videira, alterando os componentes de produção em condições semiáridas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura da videira

3.1.1 Origem e importância econômica

Originária da América do Norte, na região de Groenlândia, a videira encontra-se distribuída e cultivada em toda região do Mediterrâneo, destacando a China (14.842.680 ton), Itália (8.201.914 ton), e Estados Unidos da América (7.097.723 ton) como maiores produtores mundiais. O Brasil ocupa a décima sétima posição no ranking de produção mundial, com 984.481 toneladas produzidas em 2020, de acordo com a Organização Internacional da Vinha e Vinho (IOV, 2021).

A produção brasileira de uvas tem ganhado destaque no mercado mundial de frutas, em função das condições climáticas que possibilitam a colheita do fruto no período da entressafra (novembro a março) dos países do hemisfério Sul. O Piauí é o décimo sexto produtor nacional, com 120 toneladas produzidas em 7 hectares em 2020, de acordo com o Anuário Brasileiro de Fruticultura (ABF, 2020).

3.1.2 Classificação botânica e cultivares

A videira é uma frutífera da família das Vitáceas, pertencente à ordem Vitales (IOV, 1983), que é composta por 15 gêneros e 850 espécies arbustivas com hábito de crescimento trepador (IOV, 2021). Dentre as principais espécies cultivadas a *Vitis vinífera* L. é a espécie de maior importância econômica, sendo cultivada para produção de vinhos finos, com 4.020 cultivares registradas pela IOV. Dentre elas, pode-se citar as cultivares de uva de mesa preta com sementes 'BRS Magna', 'BRS Núbia' e 'BRS Violeta', devido sua ampla adaptação geográfica e dispensa do uso de reguladores de crescimento (Figura 1).



Figura 1 - Cultivares de uva de mesa preta com sementes 'BRS Magna', 'BRS Núbia' e 'BRS Violeta'.

A 'BRS Magna' é uma cultivar de ciclo intermediário, com alto potencial produtivo (30 toneladas por hectare) e grau glucométrico de 21º Brix, sendo indicada tanto para elaboração de suco integral quanto de suco concentrado. A 'BRS Núbia' é uma cultivar de ciclo intermediário, de bagas naturalmente grandes com textura firme e crocante. E a 'BRS Violeta' é uma cultivar de ciclo precoce, com produtividade de 30 toneladas por hectare e grau glucométrico de 21º Brix.

3.2 Condições ambientais que regulam o crescimento da videira em regiões de clima semiárido

A influência dos fatores ambientais (luz, temperatura e água) na videira pode ser observada através de alterações na composição lipídica das membranas, formação de metabólitos primários como açúcares solúveis (glicose e frutose), ácidos orgânicos [ácido málico (AM) e ácido tartárico (AT)], e metabólitos secundários, como compostos fenólicos (antocianinas e flavonóis) e compostos aromáticos, que alteram as qualidades intrínsecas (açúcar, acidez e sabor) e a aparência dos frutos (cor), respectivamente (Wang *et al.*, 2022).

3.2.1 Luminosidade

A videira é uma planta frutífera heliófita, ou seja, desenvolve-se e produz frutos na parte superior de sua copa, necessitando de 16 a 22 $MJ.m^{-2}$, em média, ao longo de seu ciclo com 1.200 a 1.400 horas de luz solar. A distribuição da radiação solar incidente (Qg) é maior nas folhas externas da copa (90 a 95%), no comprimento de onda efetivo para fotossíntese, 400 a 700 nm (Torres *et al.*,2022).

Em regiões de clima semiárido, a radiação solar atua diretamente na brotação e fertilidade das gemas, por meio dos fotoassimilados produzidos no processo de fotossíntese (Torres *et al.*, 2022). Logo, a utilização de práticas de manutenção da copa, como a poda, auxilia no processo de equilíbrio do dossel, visto que as folhas que não recebem luz tornam-se cloróticas e são descartadas pela planta, reduzindo sua área foliar (Frioni *et al*., 2019). Além disso, a luz é responsável pelo aumento das antocianinas nas uvas, influenciando a expressão da cor nas bagas (Pinto *et al.*, 2022).

3.2.2 Temperatura

A videira necessita de temperaturas em torno de 20 a 30 °C para completar seu ciclo. Temperaturas inferiores a 20 °C retardam o crescimento e desenvolvimento da videira, devido à diminuição das atividades enzimáticas e das reações fotoquímicas (Torres *et al*., 2022). Temperaturas acima de 30 °C causam oscilação térmica de enzimas carboxilativas e, consequentemente, fechamento estomático e restrição da transpiração (Greer, 2019).

Em regiões de clima semiárido, altas temperaturas antecipam o ciclo produtivo da videira (Gashu *et al*., 2020), com maturação precoce dos frutos, e inibição da síntese de antocianinas (Ramos; Toda, 2020). Tais características, contribuem para o aumento do catabolismo dos principais ácidos orgânicos, reduzindo o teor de ácido málico, levando à perda de acidez e aumentando o pH dos frutos, mesmo em cultivares mais tardias, adaptadas a climas quentes (Savoi *et al*., 2020).

3.2.3 Necessidade hídrica

A necessidade hídrica da videira depende do estágio fenológico em que se encontra. Para completar o seu ciclo, a videira necessita de precipitações em torno de 500 a 1.200 mm, bem distribuídas. Em regiões de clima tropical semiárido, onde as chuvas são irregulares, as necessidades hídricas devem ser complementadas com irrigação localizada por microaspersão ou irrigação por gotejamento (Romero *et al.,* 2022). Os vinhedos irrigados adotam uma faixa segura de potenciais hídricos (zona de transpiração verde, Ψcaule > -1,5 MPa), que não levam à cavitação do xilema ou perda de turgor (Gambetta *et al.*, 2020).

À medida que o défice hídrico aumenta (Ψ colmo -1,2 a -1,4 MPa), as videiras aclimatam-se através de numerosos processos, induzindo o fechamento estomático, o amarelecimento e a abscisão foliar, devido à diminuição da condutância do mesofilo, afetando negativamente a difusão de CO_2 e limitando a fotossíntese (Dayer *et al.,* 2020). Além de diminuir significativamente a produtividade e qualidade dos frutos (Torres *et al.,* 2022). O excesso de água, por sua vez, torna a cultura suscetível a doenças fúngicas e pragas, sendo aconselhável que não ocorram precipitações durante todo o período de maturação.

3.3 Estratégias para o cultivo da videira no Semiárido

Em regiões de clima semiárido, o comportamento fisiológico da videira é contínuo, ou seja, a planta não passa por um período de dormência, permitindo a produção em qualquer época do ano (Farias; Burgos, 2019). Porém, a ausência de baixas temperaturas durante o inverno proporciona baixo fornecimento de açúcares solúveis às gemas, ocasionando brotações desiguais, desenvolvimento irregular e consequentemente baixa produtividade (Torres et al., 2022).

A poda é a atividade mais importante durante o período de dormência das videiras. Sendo assim, recomendada a aplicação em qualquer momento após a queda das folhas. O objetivo principal da poda, é quebrar a dominância apical e induzir a formação de órgãos vegetativos e reprodutivos (Martínez-Moreno et al., 2019). A poda consiste em induzir o ciclo vegetativo das videiras, quando a brotação do ano já está avançada, retardando a fenologia para que as uvas amadureçam nos períodos de baixas temperaturas.

A alteração da data de maturação e colheita dos bagas depende da fase fenológica em que a poda é aplicada. Portanto, investigar o momento mais adequado para aplicar a poda, bem como o tipo de gema (primária ou secundária) que se desenvolve ao aplicar esta técnica e a carga de colheita adequada (número de gemas por gema) são essenciais para aumentar a renda dos produtores de uva.

Analisar o comportamento fenológico em diferentes épocas de poda é essencial para potencializar a produção em novas áreas de cultivo. A época de poda depende de vários fatores, como região, cultivar e finalidade de produção (consumo *in natura* ou processamento).

Estudos recentes têm demonstrado que o tipo e a época da poda podem atrasar a maturidade fenológica e a capacidade fotossintética da videira (Ren *et al.,* 2022), refletindo no crescimento, produtividade (Gambetta *et al.,* 2020) e qualidade dos frutos (Perez- Navarro *et al.,* 2021) de *Vitis vinifera* L. cv. 'Malbec' (Ferrara *et al.,* 2022; Morgani *et al.,* 2022), 'Merlot' (Allegro *et al.,* 2020; Vuerich *et al.,* 2021; Falginella *et al.,* 2022), Pinot Noir (Frioni *et al.,* 2019) e 'Bobal' e ' Tempranillo' (Buesa *et al.,* 2020).

O momento da poda numa perspectiva vitícola deve incluir tanto a capacidade de manter a produtividade dentro da época atual, como a capacidade de evitar perturbações abióticas ou a suscetibilidade da planta a infeções fúngicas (Otoya-Martinez *et al.,* 2023). Portanto, é necessário compreender detalhadamente as diferenças nos tempos de poda entre os genótipos existentes, e se isso aumentaria a sustentabilidade da videira para um determinado contexto de produção climática, identificando as principais características responsáveis por essas diferenças**.**

3.4 Manejo de podas para produção de videiras no Semiárido

A poda é uma técnica cultural emergente que visa induzir nódulos basais e, consequentemente, alterar a fenologia da videira (Frioni *et al.,* 2019). A dinâmica fenológica distinta permite sazonalidade na produção, com até duas colheitas por ano. O período de poda modifica as condições de desenvolvimento da planta e pode ser utilizado para retardar a floração ou a maturação dos frutos para que ocorram em condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento (Lavado *et al.,* 2023).

Nas regiões de clima semiárido, a poda é realizada para induzir o crescimento das gemas durante a primavera e o verão. A fim de evitar que as colheitas precoces, resultem em uvas com

alto teor alcoólico, baixa concentração de polifenóis e intensidade de cor (Martínez-Moreno *et al.*, 2019). Porém, a aplicação precoce da poda (antes da fase de flor separada) causa baixa fertilização, quando comparada às aplicações posteriores (após a antese) (Figura 2).

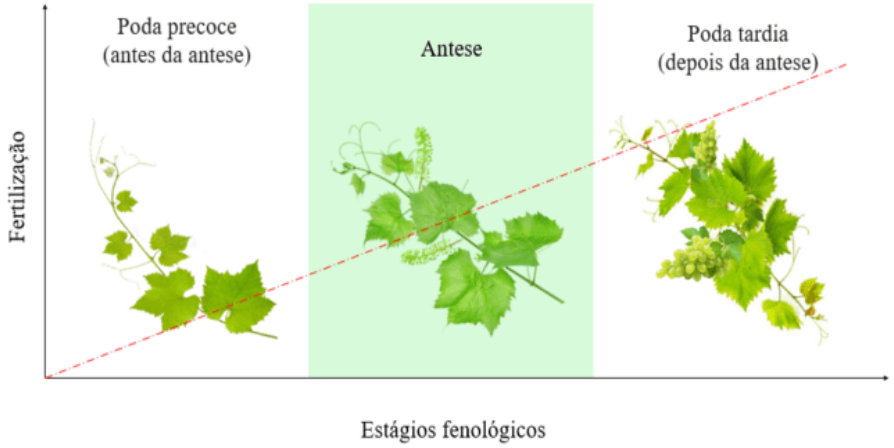


Figura 2 - Fertilização da videira em função do estádio fenológico de acordo com a época da poda (antes ou depois da antese). Fonte: Thamyres Yara Lima Evangelista, 2024.

A realização de poda tardia (perto do pintor) resultam numa maturação incompleta das uvas, dependendo das condições climáticas e da casta. A carga restante da videira após a poda da cultura varia nos estudos publicados, dependendo se é aplicada uma poda curta (1–2 botões por rebento) ou uma poda longa (5–6 botões por rebento) (Figura 3).

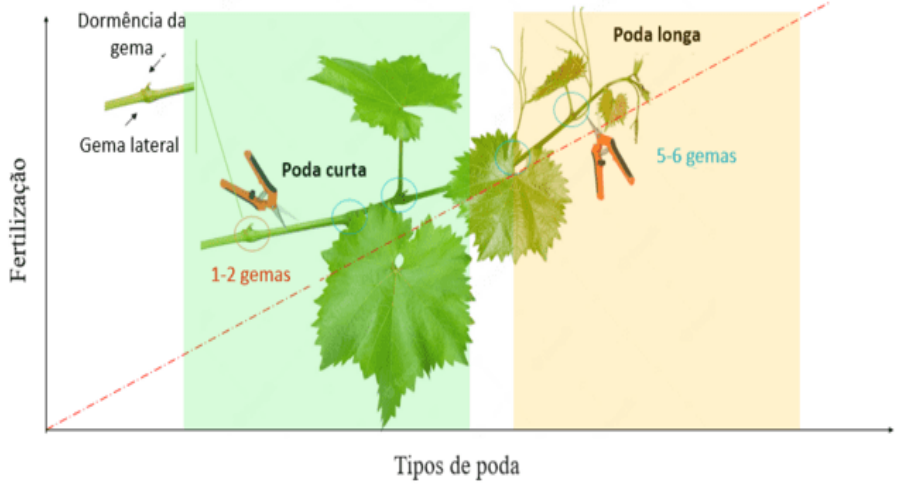


Figura 3 - Fertilização da videira em função dos tipos de poda (curta ou longa). Fonte: Thamyres Yara Lima Evangelista, 2024.

A época de poda apresenta diferentes influências na fisiologia da videira (Tabela 01). Por exemplo, Martínez-Moreno et al. (2019) não encontraram diferenças no número de cachos

entre os dois tipos de poda (curta e longa), com reduções médias de rendimento de 82% em ambos os casos em comparação com a testemunha não forçada. No entanto, reduções de rendimento menos drásticas foram relatadas por Kishimoto et al. (2022), comparando a técnica de poda com a retirada de brotos de verão, observaram aumento de produtividade e ativação do crescimento das gemas dormentes (Tabela 1).

Tabela 1 - Efeitos da época de poda na fisiologia de diferentes cultivares de videira.

Tempo de poda	Variedades	Efeito na fisiologia	Referências
Senescência ao brotamento	cv. precocious	Comprimento mais curto dos brotos e atrasos nos estágios fenológicos	Ferrara *et al.* (2022)
Após a brotação	'Pinot Noir'	Amadurecimento retardado e acúmulo de açúcar	Frioni *et al.* (2019)
	‘Malbec’	Atraso na fenologia desde o surgimento dos botões até o pintor	Morgani *et al.* (2022)
Estágio de crescimento de 8 a 10 folhas separadas	'Merlot'	Aumento da acidez titulável, ácido málico e teor de antocianina	Kishimoto *et al.* (2022)
Antes da antese	'Tempranillo' e 'Maturana Tinta'	Redução do número e do peso dos cachos e da produtividade	Toda, García e Balda (2019)
Durante e depois da antese	'Tempranillo'	Atraso na fenologia, pH mais baixo e maior acidez titulável das bagas	Martínez-Moreno *et al.* (2019)
(FI) Após a floração e (F2) após a frutificação	'Tempranillo'	Aumento da acidez titulável, teor de ácido málico, polifenóis e antocianinas totais	Lavado *et al.* (2023)

Fonte: Thamyres Yara Lima Evangelista, 2023.

Isso ocorre porque o aumento do número de gemas por broto aumenta o rendimento das videiras podadas. Além disso, a origem da gema terá um papel importante na produtividade, pois cada gema corresponderá a um tipo de gema (Frioni *et al.*, 2019). Por exemplo, os botões axilares compreendem um botão lateral, que cresce na mesma estação, produzindo rebentos de verão pouco férteis, e três botões dormentes cujo desenvolvimento é inibido pelo crescimento dos botões de verão a partir do botão lateral (Kishimoto *et al.*, 2022). Isto sugere que os botões mais interessantes para usar na poda são os dormentes e não os laterais.

A poda realizada durante o repouso vegetativo da videira induz a brotação através da poda parcial do sistema vegetativo lenhoso (brotos) (Frioni *et al.*, 2019). Isso ocorre porque, a ativação do tecido cambial aumenta a produção de auxina e consequentemente ativa o tecido meristemático dos ramos, induzindo a brotação das gemas. A poda do número e comprimento

dos rebentos proporciona um equilíbrio entre o vigor e a produção das videiras, limitando o número de uvas produzidas e a sua qualidade (Lavado *et al.*, 2023).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material vegetal e condições experimentais

O estudo foi realizado de 2021 a 2022, na Unidade Experimental do Grupo de Estudos em Fruticultura (Frutagro) do *Campus* Professora Cinobelina Elvas, da Universidade Federal do Piauí (09°08`33``S; 44°32`63` W, 296 m acima do nível do mar). Foram utilizadas as cultivares de uva de ciclo intermediário 'BRS Magna' e 'BRS Núbia' e de ciclo precoce 'BRS Violeta' cultivadas sobre o porta-enxerto Paulsen 1103.

As videiras foram espaçadas em 2,0 metros entre linhas e 1,5 metros entre plantas orientadas no sentido Norte-Sul (Apêndices 1 e 3), instaladas em 24 de outubro de 2020 (Apêndice 2). O experimento foi conduzido pelo método duplo Guyot e apoiado em um sistema típico de latada. O fio-guia da videira ficou a 1,20 metros da superfície do solo e os brotos foram mantidos horizontalmente por três pares de cabos móveis. As videiras foram podadas uniformemente com 11 meses de idade (Apêndice 4), deixando duas gemas no esporão e 6 a 8 na cana (Apêndice 5), e posteriormente identificadas (Apêndice 6). O solo foi caracterizado como um Latossolo amarelo com textura arenosa.

O clima é classificado como tropical semiárido (Aw), com invernos secos e verões úmidos (Koppen; Geiger, 1928), com temperatura média de 26,2 °C e precipitação variando entre 900 e 1200 mm.ano^{-1} (Inmet, 2022). A estação meteorológica automática (A326) em Bom Jesus, Piauí, Brasil, monitorou as condições climáticas durante o estudo. O sistema de irrigação foi projetado com micro aspersores na linha de plantio espaçados a cada 1,5 m, vazão de 30 L/h e raio úmido de 2 m (Apêndice 7).

A adubação para produção de videiras foi realizada com base nos resultados da análise de solo (Tabela 2), com produtividade estimada menor 15 t ha^{-1}, conforme proposto por Albuquerque (2004). Aplicando-se, ao longo do coroamento das plantas cerca de 100 gramas de NPK formulação 20-05-20. Como a saturação por bases estava acima de 50%, não houve a necessidade de aplicar calagem.

Durante todo o período experimental, foram realizadas práticas culturais como limpeza da área (Apêndice 8), coroamento das plantas (Apêndice 9), adição de palhada (Apêndice 10), manejo de plantas daninhas (Apêndice 11), amarração, eliminação de galhos excedentes (poda verde), eliminação de brotos duplos e eliminação de gavinhas (Apêndice 12), quando necessário. Além de controle fitossanitário periodicamente.

Tabela 2 - Características físicas e químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm, Bom Jesus, Piauí, Brasil.

pH	$H^{+}+Al^{3+}$	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	SB	T	P	K^{+}
H_2O	----------cmol$_c$.dm^{-3}----------						----mg.dm^{-3}----		
6.2	6,2	0,0	3,50	1,60	0,63	5,73	8,37	34,33	244
Cu^{2+}	Fe^{2+}	B^{+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	V	M.O	Argila	Silte	Areia
	----------mg.dm^{-3}----------				-----%-----		---------g.kg^{-1}----------		
2,37	153,28	1,59	37,23	1,7	68,4	32,1	189	85	726

P, K, Cu, Fe, Mn e Zn - Extrator Mehlich 1; Extrator de Ca, Mg e Al - KCl - 1 mol/L; H + Al - Extrator de acetato de cálcio em pH 7,0; Matéria Orgânica (MO) - método Walkley-Black.Fonte: Laboratório de solos da Universidade Federal do Piauí Campus Professora Cinobelina Elvas.

4.2 Delineamento experimental

Os tratamentos foram organizados em delineamento de blocos inteiramente casualizado (DBC), com cinco repetições, em parcelas subdivididas no tempo (3 × 4), sendo os fatores compostos por três cultivares de videira ('BRS Magna', 'BRS Núbia' e 'BRS Violeta') e quatro épocas de cultivo (EC): 1ª EC (Março-Junho), 2ª EC (Setembro-Dezembro), 3ª EC (Fevereiro-Junho) e 4ª EC (Agosto-Dezembro) com podas de produção realizadas durante a dormência dos brotos. Após a poda não foi utilizado indutores de brotação para indução ou uniformidade dos brotos.

4.3 Variáveis analisadas

As análises foram realizadas conforme esquema apresentado na Figura 4.

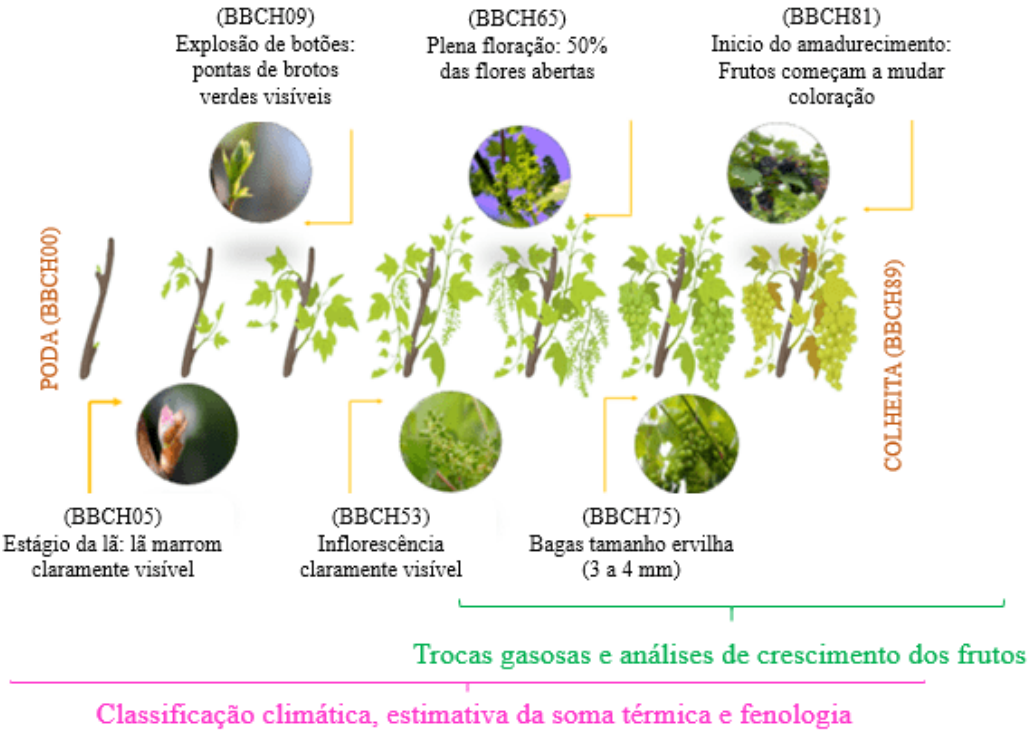


Figura 4 - Análises realizadas durante o cultivo de videira ao longo do ciclo fenoloógico em Bom Jesus, Piauí, Brasil (2021-2022). Fonte: Thamyres Yara Lima Evangelista.

4.3.1 Classificação climática e estimativa da soma térmica

A classificação climática da região foi realizada pelo Sistema de Classificação Climática Multicritério (MCC) Geoviticola, proposto por Tonietio e Carbonneau (2004). Obtenção dos valores do Índice Heliotérmico (IH), Índice de Frio Noturno (IFN) e índice de seca (IS), sendo:

$$= \sum_{1° \, oct}^{31 \, mar} \frac{[(T-10)+(Tx-10)]}{2} . k$$

Portanto, T é a temperatura média do ar (°C), Tx é a temperatura máxima do ar (°C) e k é o coeficiente de duração do dia, variando de 1,02 a 1,06 entre 40° e 50° de latitude.

$$NCI = Tn_3$$

Sendo Tn_3 a temperatura mínima do ar (°C) do mês de março (média das mínimas do mês).

$$DI = Wo + P - Tv - Es$$

Sendo Wo a reserva útil inicial de água do solo (mm), P a precipitação (mm), Tv a transpiração potencial da videira (mm) e Ev a evaporação direta do solo (mm). A exigência térmica foi determinada pela soma dos graus-dia (GD), conforme metodologia proposta por Ometto (1981), desde a poda de produção (BBCH00) até a colheita dos frutos (BBCH89), adotando-se a temperatura base (Tb) 10 °C:

$$GD = \left(\frac{TM - Tm}{2}\right) + Tm - Tb$$

Onde GD é o número de graus-dia acumulados, TM é a temperatura máxima do dia (°C), Tm é a temperatura mínima do dia (°C) e Tb é a temperatura base (10 °C).

4.3.2 Parâmetros fenológicos

Os estádios fenológicos foram identificados semanalmente, seguindo a escala BBCH modificada proposta por Eichhorn-Lorenz (EL) (Coombe, 1995), desde a brotação (BBCH01) até a colheita (BBCH89) (Tabela 3). As datas fenológicas foram definidas quando aproximadamente 50% das plantas atingiram o estádio fenológico correspondente, e a data de colheita foi baseada na evolução da cor das bagas de acordo com a cultivar (Apêndices 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24, respectivamente).

Tabela 3 - Escala BBCH proposta por Eichhorn-Lorenz (EL) modificada (Coombe, 1995).

Escala BBCH	Estágio fenológico
BBCH00	Poda
BBCH01	Início do inchaço dos botões
BBCH05	"Estágio de lã": lã marrom visível
BBCH09	Explosão de botões: pontas de brotos verdes visíveis
BBCH53	Inflorescência visível
BBCH57	Inflorescências totalmente desenvolvidas, flores separadas
BBCH65	Floração plena: 50% dos botões florais caíram
BBCH75	Bagas do tamanho de uma ervilha (3 a 4 mm)
BBCH81	Início do amadurecimento: os frutos começam a ter uma cor mais clara
BBCH89	Bagas maduras para colheita
BBCH90	Colheita

Fonte: Coombe, 1995.

4.3.3 Trocas gasosas

Os parâmetros de troca gasosa foram medidos em folhas totalmente expandidas e saudáveis, opostas aos cachos em ambos os lados dos sistemas de condução da videira, utilizando um Analisador de Gases Infravermelho (IRGA, Walz, modelo GFS3000) (Apêndice 25). As medições foram feitas em dias sem nuvens, entre 9h e 11h, com densidade de fluxo de fótons fotossintéticos superior a 1000 μmol m^{-2} s^{-1}), CO_2 ambiente variando de 410 a 425 μL L^{-1} e temperatura do ar de 29,9 °C ± 1,7 °C (média ± desvio padrão).

No total foram avaliadas semanalmente quatro folhas (réplicas) por tratamento, desde o início da floração (BBCH53) até a colheita dos frutos (BBCH89), estimando-se as taxas líquidas de assimilação de CO_2 (A, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), taxa de transpiração (E, mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (gs, mol m^{-2} s^{-1}), temperatura foliar (Lt, °C), eficiência de uso da água (WUE, μmol CO_2 (mmol H_2O)$^{-1}$), e a relação entre as concentrações internas e externas de CO_2 (relação Ci/Ca).

4.3.4 Análise de crescimento dos frutos

A cada sete dias, desde a floração (BBCH65) até a primeira colheita dos frutos (BBCH89), o crescimento dos frutos foi avaliado com base nas seguintes variáveis: número de cachos por planta (unidade), número de cachos abortados por planta (unidade), comprimento (mm) e diâmetro dos cachos (milímetros). As análises foram conduzidas seguindo as recomendações de Oliveira, Mesquita e Freitas (2002), para análise de crescimento vegetal.

4.3.5 Parâmetros físico-químicos dos frutos

A partir do pintor (BBCH81), foram monitorizados os parâmetros tecnológicos das bagas até à colheita. A colheita foi realizada quando os bagas atingiram o estádio BBCH89 na escala Eichhorn-Lorenz (Coombe, 1995). Inicialmente foram determinados o número de cachos

férteis e abortados e a produção (kg planta-¹). Após a colheita, parte dos cachos foi pesada em balança analítica, na qual foram estimadas as massas do cacho (g) e do bago (g). Em seguida, foram medidos o número de bagas e o comprimento (mm) do cacho e dos bagas.

A cor dos bagas foi determinada por um colorímetro (Konica Minolta Chroma meter CR-400) utilizando um sistema tridimensional composto por luminosidade (L), coordenada (+) vermelho/(-) verde (a*) e coordenada (+) amarelo/(-) azul (b*) dos bagas (Minolta 1994) (Apêndice 26). Por fim, foram selecionadas 100 bagas por tratamento e a polpa foi extraída para determinação de sólidos solúveis (SS, °Brix), acidez titulável (AT) e potencial iônico de hidrogênio (pH), conforme metodologia proposta pela International Vine Organization (IOV, 2022).

A SS foi medida com um refratômetro digital (DBRwine, HM digital Ltd, Seul, Coréia), enquanto uma alíquota de 10 mL de suco foi usada para medir o pH (Hanna Instruments, Woonsocket RI, EUA) (Apêndice 27). O suco foi então titulado com NaOH 0,1 N em pH final de 8,2 para determinação de AT (g L-1 de ácido tartárico).

4.3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA, $p \leq 0,05$), e a comparação das médias dos tratamentos (cultivares x época de cultivo) foi realizada pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A análise de cluster (dendrograma) e análise de componentes principais (biplot) foram aplicadas para verificar a relação conjunta das variáveis com os fatores analisados separadamente. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional R versão 4.2.2 (R Core Team, 2022).

5 RESULTADOS

As variações climáticas ao longo do estudo são apresentadas na Figura 5. A 1ª e a 3ª época de cultivo apresentaram maior precipitação total (9,0 mm e 248,4 mm) e umidade relativa média (67,4% e 67,4%) no início do ciclo da videira (Figura 5). A 2ª e 4ª época de cultivo apresentaram maiores precipitações totais (266,60 mm e 183,60 mm) e umidade relativa média (56,0% e 51,9%) no final do ciclo da videira (Figura 5). A temperatura média do ar não variou em função das estações de crescimento, sendo maior na 3ª, 2ª, 4ª e 1ª época de cultivo, com médias de 23,0, 22,6, 22,3 e 22,1 °C, respectivamente.

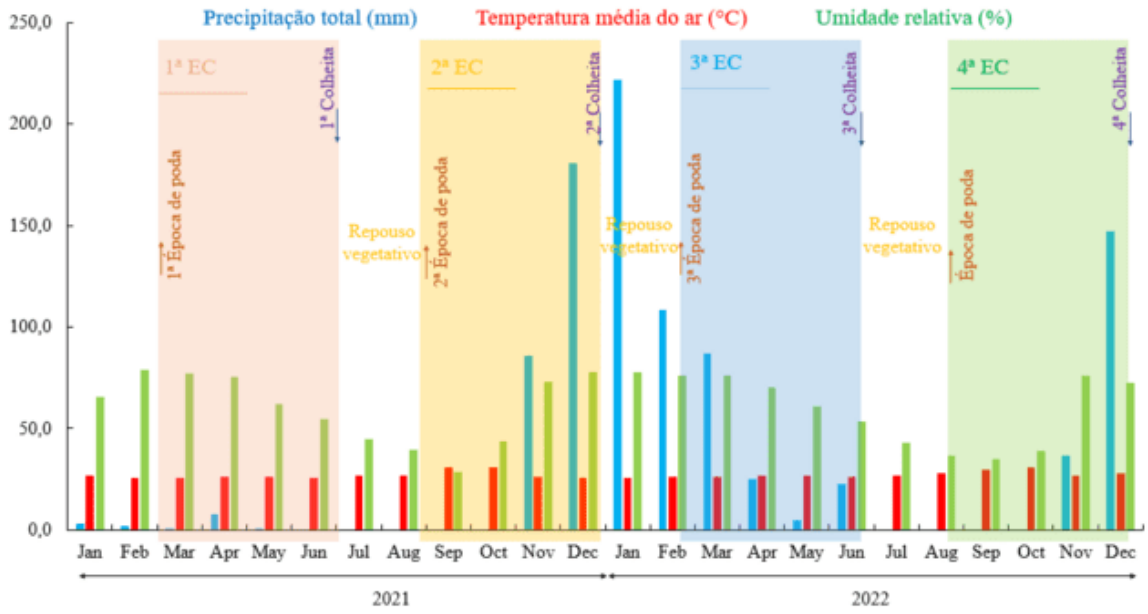


Figura 5 - Condições climáticas da região de Bom Jesus, Piauí, Brasil, durante as estações de crescimento (EC) da videira, no período de 2021 a 2022.

A Tabela 4 apresenta a classificação climática da região de Bom Jesus, Piauí, Brasil, segundo o sistema CCM Geoviticola. Onde são apresentados o Índice Heliotérmico (IH = 2653) composto pela soma térmica diurna, o Índice de Frio Noturno (IFN = 15°C), representado pelas condições térmicas noturnas, e o Índice de Seca das condições hídricas do solo (IS = -301 milímetros).

As videiras podadas no final do período chuvoso (1ª e 3ª época de cultivo) necessitaram de menos energia térmica para iniciar a brotação e completar o seu ciclo (1866,37 e 2069,40

GD, respetivamente) quando comparadas com videiras podadas na 2ª e 4ª época de cultivo (Tabela 5).

Tabela 4 - Classificação climática da região de Bom Jesus, Piauí, Brasil, segundo sistema CCM Geoviticola, de 2021 a 2022 em quatro épocas de cultivo.

Época de cultivo (EC)	Índice Heliotérmico (IH)	Índice do frio noturno (IFN)	Índice de seca (IS)
1ª	2537	17 °C	-322 mm
2ª	2680	15 °C	-240 mm
3ª	2632	18 °C	-353 mm
4ª	2764	15 °C	-289 mm
Classificação	IH+2: Quente (> 2.400 ≤ 3.000)	IFN-1: noites temperadas (> 14 ≤ 18 °C)	IS+2: Seca forte (≤ -100)

Tabela 5 - Escala BBCH e soma térmica em grau-dias (GD) das videiras 'BRS Magna' e 'BRS Violeta' em quatro época de cultivos de 2021 a 2022 em Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Estágio fenológico	Épocas de cultivo (EC)			
	1ª EC	2ª EC	3ª EC	4ª EC
BBCH00 – Poda	20/03/2021	01/09/2021	21/02/2022	03/08/2022
BBCH01	24/03/2021 82.25 GD	08/09/2021 164.40 GD	26/02/2022 108.20 GD	11/08/2022 160.55 GD
BBCH05	28/03/2021 147.50 GD	13/09/2021 267.30 GD	06/03/2022 246.30 GD	17/08/2022 269.60 GD
BBCH09	04/00/2021 268.55 GD	21/09/2021 431.75 GD	11/03/2022 331.85 GD	28/08/2022 469.55 GD
BBCH53	12/04/2021 406.65 GD	06/10/2021 742.25 GD	20/03/2022 484.1 GD	08/09/2022 677.45 GD
BBCH57	17/04/2021 497.10 GD	11/10/2021 845.55 GD	26/03/2022 593.00 GD	15/09/2022 811.85 GD
BBCH65	24/04/2021 614.80 GD	18/10/2021 985.00 GD	02/04/2022 715.45 GD	22/09/2022 955.00 GD
BBCH75	14/05/2021 958.60 GD	07/11/2021 1365.45 GD	22/04/2022 1078.45 GD	12/10/2022 1362.50 GD
BBCH81	02/06/2021 1275.60 GD	01/12/2021 1793.90 GD	17/05/2022 1523.95 GD	06/11/2022 1862.85 GD
BBCH89	07/07/2021 1866.37 GD	31/12/2021 2306.55 GD	17/06/2022 2069.40 GD	01/12/2022 2306.75 GD
BBCH90 – Colheita	07/07/2021	31/12/2021	17/06/2022	01/12/2022

Tais condições afetaram a fenologia da videira, antecipando o seu ciclo de crescimento. O intervalo de dias entre a poda (BBCH00) e a colheita dos frutos (BBCH89) foi de 109, 121, 115 e 120 dias para a 1ª EC, 2ª EC, 3ª EC e 4ª EC, respectivamente, sem o uso de reguladores de crescimento (Figura 6).



Figura 6 - Escala BBCH desde o início do inchaço das gemas (BBCH01) até a maturação completa dos cachos (BBCH89) das uvas 'BRS Magna' 'BRS Núbia' e 'BRS Violeta' em quatro épocas de cultivos (EC) (2021 a 2022) em Bom Jesus, Piauí. DAP, dias após a poda.

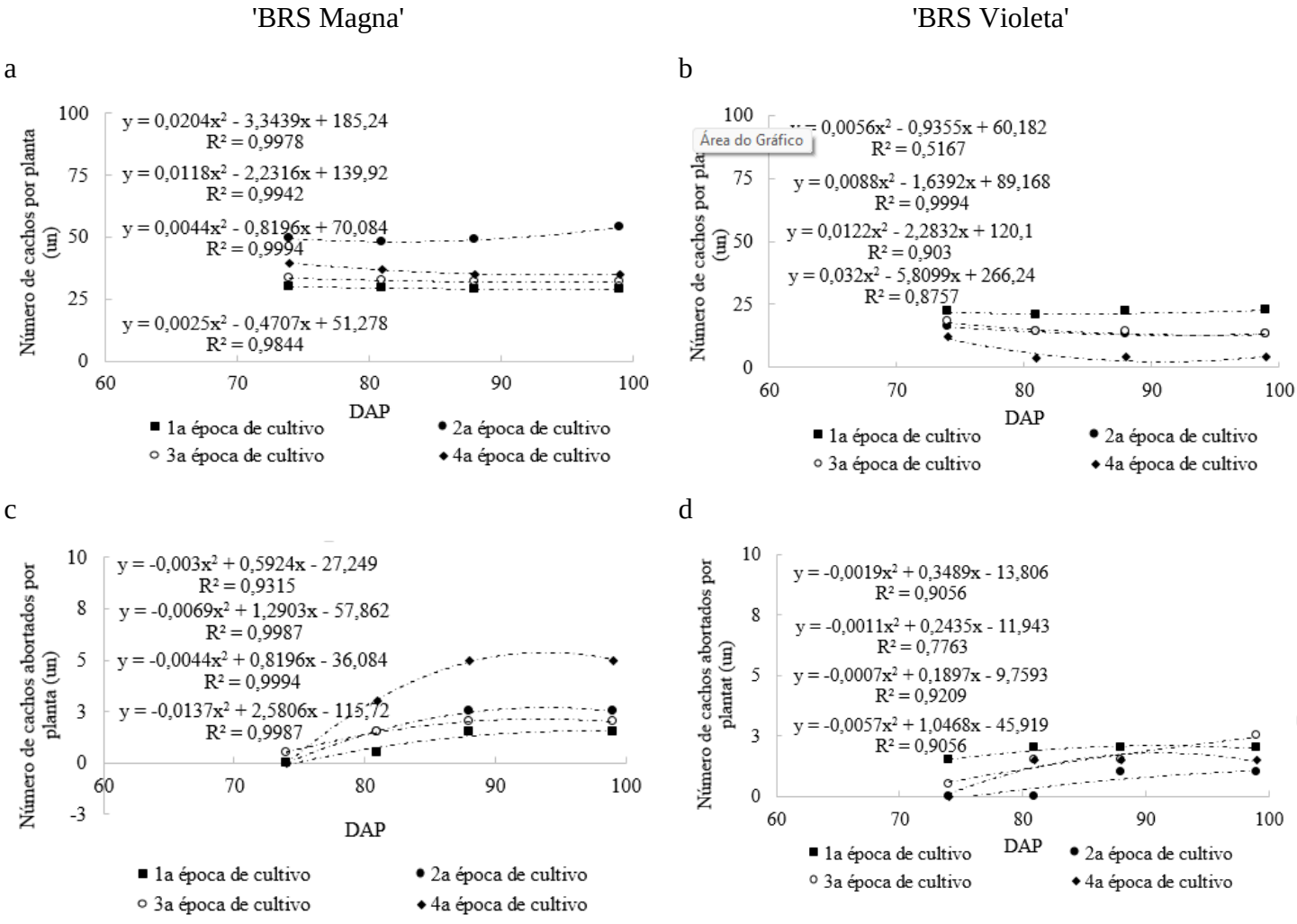
Como resultado do regime térmico, a duração dos ciclos vegetativos (Tabela 6) foi menor para a 'BRS Magna'. O mesmo é observado para o crescimento dos frutos (Figura 7). Ao analisar a cultivar 'BRS Magna', observou-se que as videiras podadas no início do período chuvoso (4ª época de cultivo) proporcionaram maior número (Figura 7a) e comprimento de

frutos (Figura 7e). Enquanto a cultivar ‘BRS Violeta’ quando podada no final do período chuvoso apresentou maior quantidade de frutos (1ª época de cultivo) (Figura 7b), comprimento dos frutos (Figura 7f) e diâmetro dos frutos (Figura 7h) (3ª época de cultivo).

Tabela 6 - Duração do ciclo e soma térmica em grau-dias (GD) das videiras ‘BRS Magna’ e ‘BRS Violeta’ em quatro épocas de cultivo de 2021 a 2022 em Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Cultivar	Épocas de cultivo				Média
	1ª	2ª	3ª	4ª	
'BRS Magna'	(118 dias)^{aA} 1862.70 GD	(120 dias)^{aB} 2303.10 GD	(120 dias)^{aB} 2064.30 GD	(121 dias)^{aB} 2303.25 GD	(120 dias) 2133,33 GD
'BRS Violeta'	(121 dias)^{bA} 1870.05 GD	(130 dias)^{bB} 2310.03 GD	(125 dias)^{bA} 2074.45 GD	(135 dias)^{bB} 2309.57 GD	(128 dias) 2141,02 GD
Média	1866.37 GD	2306.55 GD	2069.40 GD	2306.41 GD	2137.17 GD

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula (linha) e minúscula (coluna), não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).



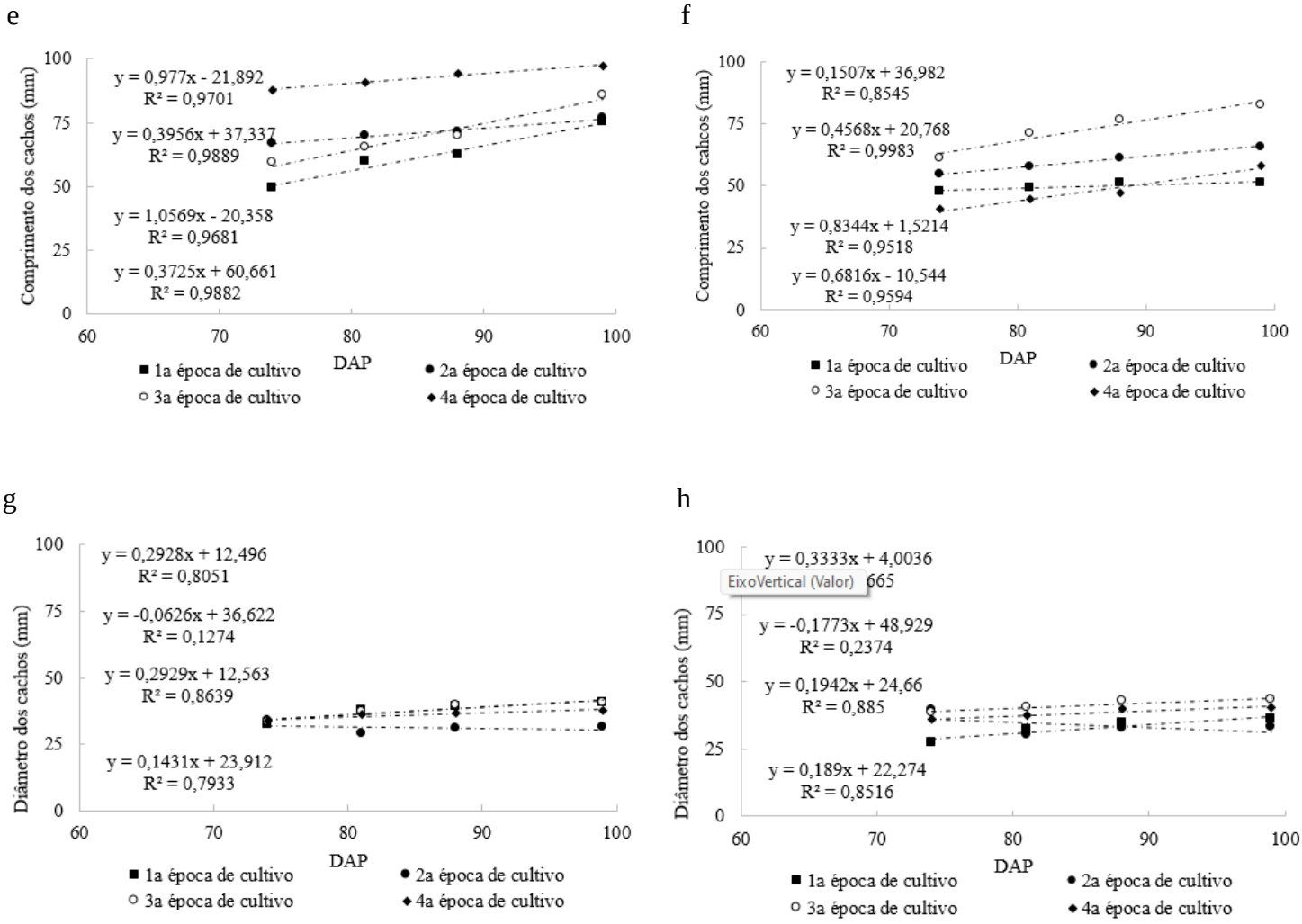


Figura 7 – Análise do crescimento dos frutos das cultivares 'BRS Magna' (a, c, e, g) e 'BRS Violeta' (b, d, f, h), sendo (a, b) número de cachos por planta, (c, d) número de cachos abortados por planta, (e, f) comprimento do cacho e (g, h) diâmetro do cacho de 2021 a 2022 em Bom Jesus, Piauí, Brasil.

De acordo com a análise de variância (ANOVA, $p \leq 0,05$), não houve interação significativa entre os fatores cultivar × época de cultivo para nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise de variância e Pr(>Fc) para taxa de assimilação de CO_2 (TA, µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), taxa de transpiração (TT, mmol H_2O m^{-2} s^{-1}) condutância estomática (CE, mol m^{-2} s^{-1}), temperatura foliar (TF, °C), eficiência no uso da água (EUA, µmol CO_2 (mmol H_2O^{-1}), relação Ci/Ca, número de cachos (NC, unidade), número de cachos abortados (NCa , unidade), Comprimento do cacho (CC, mm), Número de bagas (NB, unidade), Massa do cacho (MB, g), Produção (P, kg.planta^{-1}), Sólidos solubilizados (SS, °Brix), potencial iônico do hidrogênio (pH), acidez titulável (AT), coordenada (+) vermelho/(-) verde (a*) e coordenada (+) amarelo/(-) azul

(b*) e luminosidade (L) de cultivares de videira em diferentes épocas de cultivo, 2021-2022, Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Fator de variação	GL	TA	TT	CE
Cultivar (C)	2	127.83±0.000*	6.155±0.001*	12713.6±0.000*
Época de cultivo (EC)	3	42.631±0.006*	48.741±0.00*	5063.4±0.007*
C * EC	6	0.174±0.999 ns	1.958±0.510 ns	258.3±0.990 ns
Resíduo	22	58.448	7.948	7144.7
CV (%)		9.53	14.87	15.87
Fator de variação	GL	TF	EUA	Ci/Ca relação
Cultivar (C)	2	10.04 ±0.092 ns	3.002±0.062 ns	0.4066±0.000*
Época de cultivo (EC)	3	454.51 ±0.00 *	53.290±0.000*	0.1344±0.042*
C * EC	6	17.37 ±0.213 ns	3.66±0.3078 ns	0.002±0.999 ns
Resíduo	22	41.51	10.504	0.306
CV (%)		4.42	14.12	33.73
Fator de variação	GL	NC	NCa	CC
Cultivar (C)	2	8170.1±0.000*	6.82±0.034*	16114.3±0.00 ns
Época de cultivo (EC)	3	31.4±0.8699 ns	19.67±0.001*	328.8±0.840 ns
C * EC	6	36.3±0.9898 ns	2.633±0.797 ns	941.1±0.872*
Resíduo	22	973.0	19.126	8681.0
CV (%)		34.99	61.93	37.98
Fator de variação	GL	NB	MC	P
Cultivar (C)	2	8510.1±0.00*	26592.0±0.00*	81.134±0.00*
Época de cultivo (EC)	3	477.1±0.001*	924.6±0.000*	1.863±0.317 ns
C * EC	6	147.7±0.405 ns	87.7±0.884 ns	1.753±0.737 ns
Resíduo	22	502.3	848.4	10.964
CV (%)		14.88	10.78	48.04
Fator de variação	GL	SS	pH	AT
Cultivar (C)	2	27.056±0.00*	0.811±0.214 ns	0.1672±0.04*
Época de cultivo (EC)	3	88.083±0.00*	21.100±0.000*	0.5167±0.001*
C * EC	6	0.500±0.995 ns	1.281±0.531 ns	0.0683±0.807ns
Resíduo	22	18.944	5.395	0.509
CV (%)		6.64	16.51	19.99
Fator de variação	GL	a*	b*	L
Cultivar (C)	2	4.527±0.148 ns	1.865±0.291 ns	0.881±0.639 ns
Época de cultivo (EC)	3	0.130±0.989 ns	0.397±0.905 ns	0.713±0.863 ns
C * EC	6	0.024±1.000 ns	0.470±0.994 ns	0.671±0.993 ns
Resíduo	22	23.925	15.740	21.251

CV (%)	60.45	51.79	39.31

CV: Coeficiente de variação; GL: grau de liberdade; (ns) não significativo; (*) significativo a p<0,05 probabilidade pelo teste t.

Analisando os efeitos isolados dos fatores, as cultivares 'BRS Magna', 'BRS Núbia' e 'BRS Violeta' apresentaram significância (p≤ 0,05) em termos de transpiração foliar, taxa de assimilação de CO_2, condutância estomática, relação Ci/Ca, número de cachos por planta, número de cachos abortados, massa do fruto, número de bagas, sólidos solúveis totais (°Brix), acidez titulável e produção por planta (Tabela 7). 'BRS Magna' e 'BRS Violeta' apresentam as melhores características, respectivamente (Figura 8a).

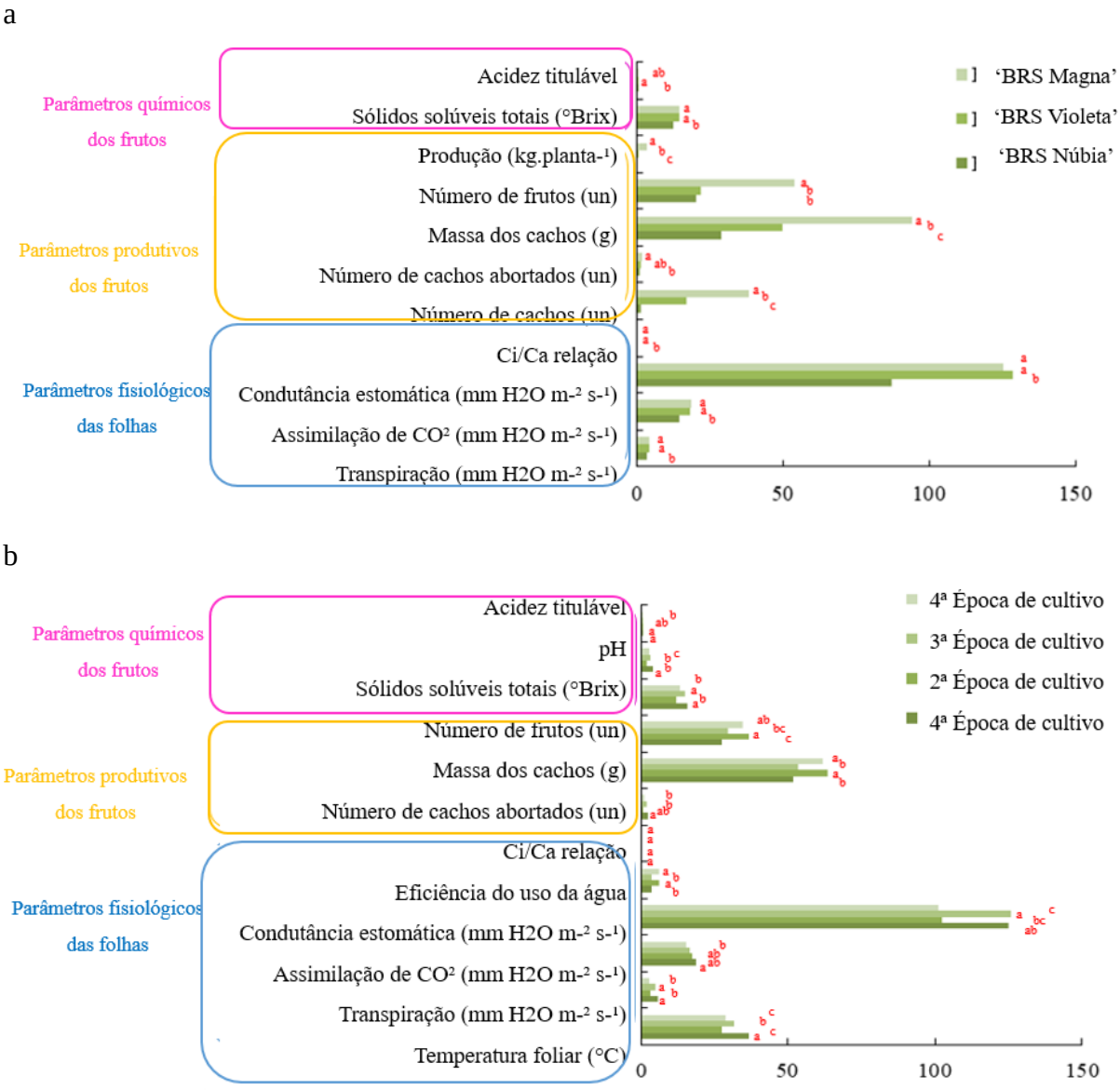


Figura 8 - Médias da (a) cultivares de videira e (b) época de cultivo na região de Bom Jesus, Piauí, Brasil, de 2021 a 2022. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

'BRS Magna' e 'BRS Violeta' apresentaram as maiores trocas gasosas das folhas, não diferindo entre si em termos de taxa de transpiração foliar (4,45 e 4,20 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), taxa de assimilação de CO_2 (18,59 e 18,26 µml CO_2 m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (125,23 e 128,39 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}) e relação Ci/Ca (0,41 e 0,43), respectivamente (Figura 8a).

Quanto aos parâmetros de produção de frutos, a 'BRS Magna' se destacou, apresentando os maiores valores em número de frutos (38,39 cachos por planta) e bagas (53,83 unidades por cacho), massa de frutos (94,09 g) e produção (3,54 kg). .planta^{-1}) (Figura 8a). As cultivares não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) quanto ao número de cachos abortados por planta (Figura 8a).

Analisando o efeito isolado do fator época de cultivo, 1ª EC, 2ª EC, 3ª EC e 4ª EC apresentaram significância ($p \leq 0,05$) em relação à temperatura foliar, taxa de transpiração foliar, taxa de assimilação de CO_2, condutância estomática, eficiência de uso da água, relação Ci/Ca, número de cachos abortados, massa do fruto, número de bagas, sólidos solúveis totais (°Brix), pH e acidez titulável (Tabela 7).

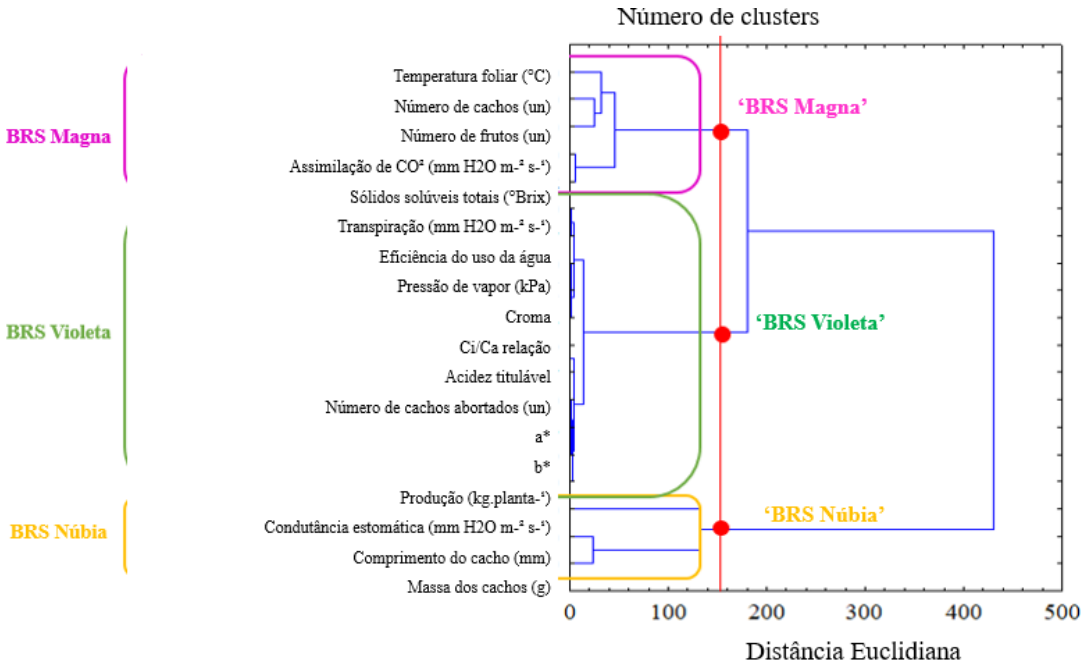
De acordo com a análise de cluster pelo método de Ward (agregação hierárquica), observou-se a formação de três (Figura 9a) e quatro (Figura 9b) clusters a partir do corte realizado na distância euclidiana mais significativa entre os grupos. Dentro de cada agrupamento, os fatores cultivar (Figura 9a) e épocas de cultivo (Figura 9b) possuem características semelhantes e, entre os agrupamentos, vemos atributos diferentes para esses fatores.

Para o fator cultivar, o primeiro grupo compreende características mais associadas à 'BRS Magna' enquanto o segundo e terceiro apresentam características mais associadas à 'BRS Violeta' e 'BRS Núbia' respectivamente (Figura 9a). Dentre as cultivares estudadas, 'BRS Núbia' é a cultivar com distância de conexão euclidiana mais significativa, apresentando maior diversidade intra-cluster (Figura 9a). Em relação ao fator época de cultivo, em ordem crescente, 1ª EC, 3ª EC, 2ª EC e 4ª EC apresentaram maior distância de conexão euclidiana, sendo que 4ª EC apresentou maior diversidade intra-cluster.

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada para redistribuir a variação observada entre cultivares ('BRS Magna' 'BRS Núbia' e 'BRS Violeta') e épocas de cultivo (1ª EC, 2ª EC, 3ª EC e 4ª EC) para obter um conjunto de variáveis não correlacionadas. Eixos ortogonais (Figura 10). Em outras palavras, quanto maior a distância do eixo, maior será a variabilidade dos dados.

Uma matriz dinâmica foi submetida para combinar variáveis individuais para cada cultivar (Figura 10a) e época de cultivo (Figura 10b). Os biplots utilizados para explicar 100% (PC1 71,27% + CP2 28,73%) e 91,57% (PC1 78,07% + CP2 13,50%) de toda a variância para o estudo de cultivares (Figura 20a) e épocas de cultivo (Figura 20b), respectivamente.

a



b

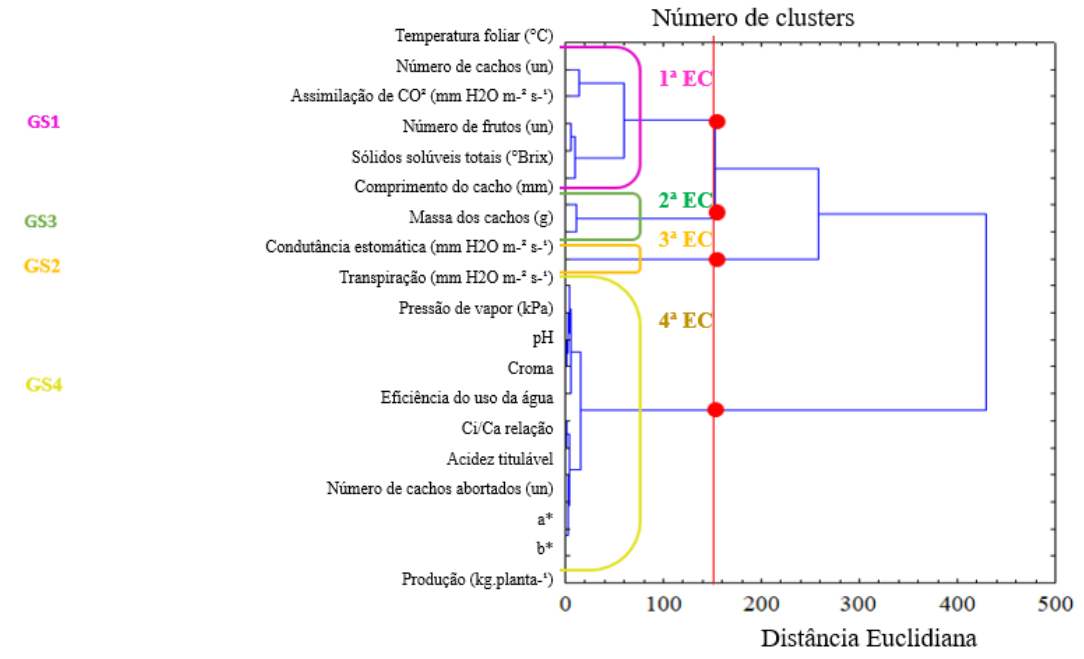
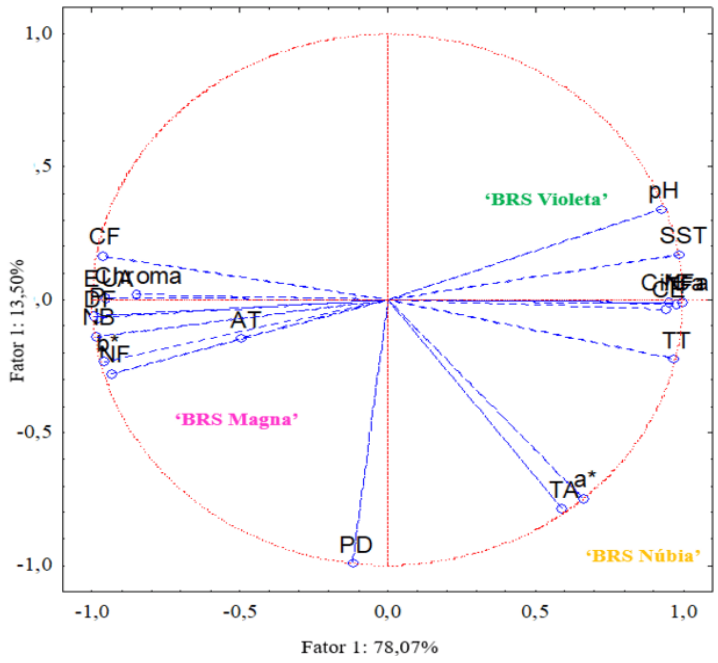


Figura 9 - Análise de Cluster baseada em diferentes (a) cultivares de videira e (b) épocas de cultivo na região de em Bom Jesus, Piauí, Brasil, de 2021 a 2022.

a



b

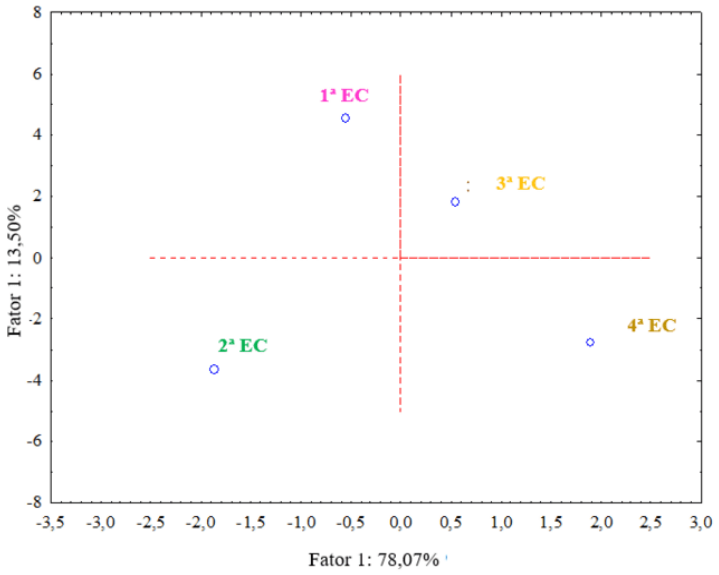


Figura 10 - Análise de Componentes Principais baseada em diferentes (a) cultivares de videira e (b) épocas de cultivo (EC) na região de Bom Jesus, Piauí, Brasil, de 2021 a 2022. Sendo taxa de assimilação de CO_2 (TA, µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), taxa de transpiração (TT, mmol H_2O m^{-2} s^{-1}) condutância estomática (CE, mol m^{-2} s^{-1}), temperatura foliar (TF, °C), eficiência no uso da água (EUA, µmol CO_2 (mmol H_2O^{-1}), relação Ci/Ca, número de cachos (NC, unidade), número de cachos abortados (NCa , unidade), Comprimento do fruto (CF, mm), Diâmetro do fruto (DF, mm), Número de bagas (NB, unidade), Produção (P, kg.planta^{-1}), Sólidos solubilizados (SS, °Brix), potencial iônico do hidrogênio (pH), acidez titulável (AT), coordenada (+)

vermelho/(-) verde (a*) e coordenada (+) amarelo/(-) azul (b*) e luminosidade (Chroma).

Comparada às demais cultivares, 'BRS Violeta' apresentou distribuição mais homogênea nas parcelas de ACP, caracterizada por relação mais significativa com as trocas gasosas. 'BRS Magna' apresentou correlação forte e positiva com os parâmetros de produção, e 'BRS Núbia' com os parâmetros de cor dos frutos (Croma, coordenada a* e coordenada b*) (Figura 10a).

5 DISCUSSÃO

O padrão de variação da temperatura média em cada estação de cultivo foi semelhante (22,35, 21,83, 22,71 e 22,34 °C, para 1ª EC, 2ª EC, 3ª EC e 4ª EC, respectivamente). Os dados sugerem que a região Sudoeste piauiense, apresenta faixa de temperatura dentro da ideal para o cultivo da videira (20° a 30°C), com pouca variação ao longo do ano (< 5°C). Devido à proximidade da região com o Equador terrestre, julho é o mês mais frio (19,50 °C) e dezembro é o mês mais quente (24,42 °C) (Figura 5).

Por outro lado, existem diferenças na variabilidade interanual, com ano seco (2021) e ano chuvoso (2022). A precipitação total foi de 11,20, 267,60, 140,80 e 184,60 mm para 1ª EC, 2ª EC, 3ª EC e 4ª EC respectivamente (Figura 5). Essa diferença se deve à sazonalidade dos fenômenos atmosféricos sobre a região, como a Zona de Convergência Atlântica e as massas de ar Equatorial Atlântica e Continental (Fernandes *et al.*, 2020).

A distribuição da precipitação ao longo do ano resultou em variação negativa nos valores do índice de seca (Tabela 4) nos períodos estudados. A predominância de valores negativos, principalmente nas 1ª e 3ª época de cultivo, deve-se à potencial deficiência hídrica do solo resultante da baixa e irregular pluviosidade registada neste período (Figura 5).

Estes resultados podem ser explicados pela baixa altitude da região (277 metros acima do nível do mar), fazendo com que as temperaturas sejam elevadas devido à acumulação de radiação solar durante o ciclo da videira. Sento está classificada como uma região de clima quente (IH+3 ou >3.000) e seco (IS+2 ou ≤ -100 mm) (Tabela 4).

As condições térmicas da região favoreceram a antecipação do ciclo das cultivares estudadas. As videiras podadas no final das épocas chuvosas (1ª e 3ª época de cultivo) anteciparam o brotação (4 e 5 DAP), devido às temperaturas registadas neste período (23,3 e 23,9 °C, respetivamente). Já as videiras podadas no início da estação chuvosa (2ª e 4ª época de cultivo) apresentaram brotação entre 7 e 8 DAP, com temperaturas de 20,12 e 19,40 °C (Figura 5).

Isso porque as altas temperaturas durante a poda podem antecipar o início da brotação (Camargo-Alvarez *et al.*, 2020) levando a consequências importantes nas fases reprodutivas seguintes (Leolini *et al.*, 2020). Como a videira é muito sensível às variações de temperatura,

necessitando de uma temperatura média de 20 a 30 °C durante o período de crescimento até a colheita (Pina-Rey *et al.,* 2021).

A classificação baseada na época de brotação é importante para o viticultor, pois permite utilizar cultivares de brotação precoce em locais com alto risco de chuvas no final do ciclo, bem como cultivares de brotação tardia em locais propensos. As épocas de cultivo com abertura precoce dos botões (1ª e 3ª época de cultivo) também anteciparam a floração (BBCH53) (Tabela 5). Sendo observada diferença de aproximadamente 20 dias na data média de florescimento entre as cultivares estudadas.

De modo geral, as cultivares 'BRS Magna' e 'BRS Violeta 'apresentaram pouca variabilidade na duração de cada subperíodo fenológico entre as épocas de cultivo avaliadas (Tabela 6). Isso porque as cultivares estudadas neste experimento possuem ampla abrangência geográfica, sendo adaptadas a regiões de clima semiárido a subtropical. Portanto, apresentam certa tolerância ao ambiente de cultivo. A 'BRS Núbia' não conseguiu completar o desenvovliemnto dos frutos.

Outro critério utilizado para avaliar a adaptação de cultivares em novas regiões de cultivo é a duração do subperíodo de mudança de cor dos bagas (BBCH81) até a maturidade da uva (BBCH89). A duração média deste subperíodo foi de 30 dias para ‘BRS Magna’ e 35 dias para ‘BRS Violeta’. Naulleau *et al.* (2021) relatam que cultivares que apresentam menor período de maturação se adaptam mais facilmente a climas mais quentes e baixas altitudes.

Confirmando os valores encontrados na 1ª e 3ª época de cultivo, onde as cultivares apresentaram menores exigências térmicas em seus ciclos, com 1866,37 e 2069,40 graus-dia. Enquanto as 2ª e 4ª época de cultivos apresentaram 2.306,55 e 2.306,41 graus-dia respectivamente. No entanto, na 2ª e 4ª época de cultivo, devido aos elevados níveis de pluviosidade e umidade relativa, o cultivo da videira ficou susceptível à maior ocorrência de doenças, bem como à redução da qualidade dos frutos, que por sua vez, apresentaram podridões desde o início da maturação.

A precocidade da ‘BRS Magna’ foi observada em todos os ciclos avaliados (Tabela 6), provavelmente por necessitar de menos grau-dias no subperíodo de maturação (BBCH81-BBCH89). Cultivares que apresentam estádios fenológicos precoces e bem definidos geralmente resultam em maior produtividade (Leolini *et al.,* 2020), como é o caso da 'BRS Magna'.

Após dois anos de avaliação (2021 - 2022), os dados demonstram que as épocas de cultivo modularam as trocas gasosas da videira, reduzindo o ciclo fenológico da cultura

(BBCH01-BBCH89) e alterando os componentes de produção em condições semiáridas (Figura 5b).

A duração média do ciclo das cultivares (BBCH00-BBCH89) foi de 100 DAP ('BRS Magna'), 120 DAP ('BRS Núbia') e 115 DAP ('BRS Violeta'), respectivamente. As videiras podadas durante a estação chuvosa (1ª EC e 3ª EC) avançaram o seu ciclo em 12 e 5 dias, respectivamente, em comparação com as videiras podadas durante a estação seca (2A EC e 4A EC) (Figura 6).

Estas, por sua vez, tiveram um período de maturação dos frutos mais prolongado (35 dias) devido à concentração das chuvas no final do ciclo vegetativo (Figura 6). Resultando na redução do rendimento das videiras através da perda de peso dos bagas e, consequentemente, alterações na composição físico-química dos bagas (Figura 7).

Isto porque a chuva associada às altas temperaturas torna a videira suscetível a doenças, como a podridão, principalmente no final do ciclo vegetativo (Perez-Navarro *et al.,* 2021). A podridão dos frutos é causada pela hipóxia nos frutos e pelo aumento da respiração das células do mesocarpo (Falginella *et al.*, 2022).

A 'BRS Magna' e 'BRS Violeta' responderam com maior significância nos parâmetros fisiológicos e produtivos (Figura 7a) nas diferentes épocas de cultivo. A 1ª EC e 3ª EC apresentaram os maiores parâmetros de transpiração foliar (5,52 e 4,80 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}) e sólidos solúveis totais (15,94 e 14,84 °Brix), não diferindo estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$) (Figura 7b). Além da maior temperatura foliar (36,62 °C) (Figura 7b), devido à maior radiação solar interceptada pela folha.

A 2ª EC e 4ª EC apresentaram os maiores parâmetros de uso eficiente de água (6,30 e 6,10) e massa de cacho (63,40 e 61,83 g), não diferindo estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$) (Figura 7b). Segundo Perin *et al*. (2023), culturas bem irrigadas em regiões áridas consomem grandes quantidades de água para resfriar o metabolismo devido à abundância de energia solar e ao elevado déficit de pressão de vapor.

A produtividade e os parâmetros qualitativos das cultivares de videira não foram afetados pelas diferentes épocas de cultivo. Devido à sua ampla adaptação climática, as cultivares estudadas podem ser cultivadas em regiões de clima semiárido a tropical úmido. No entanto, alguns efeitos podem ser observados em cultivares de maturação precoce (como no caso da 'BRS Núbia'), uma vez que a recuperação dos estádios fenológicos tardios é muito reduzida para a videira durante a época de cultivo.

Portanto, definir os estágios fenológicos, incentiva melhores práticas e ações oportunas para melhorar a produtividade da videira e a qualidade da uva. Assim, este estudo fornece

informações importantes para o planejamento do cultivo da videira em diferentes épocas de cultivo em regiões semiáridas.

6 CONCLUSÃO

O potencial de crescimento das videiras foi maior em épocas de clima mais quente (1ª e 3ª época de cultivo), necessitando de menores somas térmicas para completar o ciclo de crescimento, como adaptação às condições climáticas regionais. As cultivares ‘BRS Magna’ (ciclo médio) e ‘BRS Violeta’ (ciclo precoce) mostraram-se as mais promissoras para a região. A cultivar ‘BRS Núbia’ não é recomendada para cultivo na região.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE T. C. S. **Adubação mineral da videira**. Embrapa Semiárido: CPATSA. 2004.

ALLEGRO, G.; PASTORE, C.; VALENTIM, G.; FILIPPETTI, I. Post-budburst hand finishing of winter spur pruning can delay technological ripening without altering the phenolic maturity of Merlot berries. **Australian Journal of Grape and Wine Research,** v. 26, p. 139-147, 2020.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA – ABF, (2020). Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 88p.

BUESA, I.; YEVES, A.; SANZ, F.; CHIRIVELLA, C.; INTRIGLIOLO, D. S. Effect of delaying winter pruning of Bobal and Tempranillo grapevines on vine performance, grape, and wine composition. **Australian Journal of Grape and Wine Research,** v. 27, p. 94-105, 2020.

CAMARGO-ALVAREZ, H.; SALAZAR-GUTIÉRREZ, M.; HOOGENBOOM, G. Modeling the effect of temperature on bud dormancy of grapevines. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 280, p. 107782, 2020.

COOMBE, B. G. Growth stages of the grapevine: adopting a system for identifying grapevine growth stages. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.1, p. 104-110. 1995.

DAYER, S.; HERRERA, J. C.; DAI, Z.; BURLETT, R.; LAMARQUE, L. J.; DELZON, S.; BORTOLAMI, G.; COCHARD, H.; GAMBETTA, G. A. The sequence and thresholds of leaf hydraulic traits underlying grapevine varietal differences in drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, p. 4333–4344, 2020.

FALGINELLA, L.; GAIOTTI, F.; BELFIORE, N.; MIAN, G.; LOVAT, L.; TOMASI, D. Effect of early cane pruning on yield components, grape composition, carbohydrates storage and phenology in *Vitis vinifera* L**.** cv. Merlot. **OENO One**, v. 56, p. 19-28, 2022.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#home

FARIAS, S. O.; BURGOS, C. R. Modeling phenology of four grapevine cultivars (*Vitis vinífera* L.) in Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulture**, v. 250, p. 38-44, 2019.

FERNANDES S. T.; LIMA E. A.; LOPES P. M. O.; SILVA D. A. O.; SANTOS A.; SILVA T. T. F. Climate classification and agricultural aptitude for Bom Jesus – PI in different climate scenarios. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, p. 039-048, 2020.

FERRARA, G.; MAGARELLI, A.; PALASCIANO, M.; COLETTA, A.; CRUPIE, P.; TARANTINO, A.; MAZZEO, A. Effects of different winter pruning times on table grape vines performance and starch reserves to face climate changes. **Scientia Horticulture**, v. 305,

p. 111385, 2022.

FRIONI, T.; PIREZ, F.; DITI, I.; RONNEY, L.; PONI, S.; GATTI, M. Post-bud breaks running changes breaks-spur phenology dynamics, vine productivity, and berry ripening parameters in *Vitis vinifera* L. cv. 'Pinot Noir'**. Scientia Horticulture**, v. 256, p. 108584, 2019.

GAMBETTA, G. A.; HERRERA, C.; DAYER, S.; FENG, Q.; HOCHBERG, U.; CASTELLARIN, S. D. The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, p. 4658-4676, 2020.

GASHU, K.; PERSA, N.; DRORI, E.; HARCAVI, E.; AGAM, N.; BUSTAN, A.; FAIT, A. Temperature shift between vineyards modulates berry phenology and primary metabolism in a varietal collection of wine grapevine. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 588739, 2020.

GREER, D. H. Modeling the seasonal changes in the gas exchange response to CO_2 about short-term leaf temperature changes in *Vitis vinifera* cv. Shiraz grapevines are grown in outdoor conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 142, p. 372-383, 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos. 2022. Disponível em < https://portal.inmet.gov.br/ >. Acesso em: 20 abr. 2022.

IOV. International Organization of Vine and Wine. Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts. Paris: Office international de la vigne et du vin. 2022. 368 p.

KISHIMOTO, M.; YAMAMOTO, T.; KOBAYASHI, Y. Effects of lateral or secondary induced shoot use on several clusters and fruit quality in forcing cultivation by current shoot cutting and flower cluster removal to shift grape ripening to a cooler season**. The Horticulture Journal**, v. 91, p. 169-175, 2022.

KOPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Justus Perthes, Gotha, Wall-Map. 1928.

LAVADO, N.; PRIETO, M. H.; MANCHA, L. A.; MORENO, D.; ESPERANZA VALDES, M.; URIARTE, D. The combined effect of crop forcing and reduced irrigation as techniques to delay the ripening and improve the quality of cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) berries in semi-arid climate conditions. **Agricultural Water Management**, v. 288, p. 108469, 2023.

LEOLINI, L. C.; OSTAFREDA-AUMEDES, S. A.; SANTOS, J.; MENZ, C.; FRAGA, H.; MOLITOR, D.; MERANTE, P.; LIXO, J.; KARTSCHALL, T.; DESTRAC-IRVINE, A.; VAN LEEUWEN, C.; MALHEIRO, A. C.; EIRAS-DIAS, J.; SILVESTRE, J.; DIBARI, C.; BINDI, M.; MORIONDO, M. Phenological model intercomparison for estimating grapevine budbreak date (*Vitis vinifera* L.). **Europe for Applied Sciences**. v. 10, p. 3800, 2020.

TODA, F. M; GARCÍA, J.; BALDA, P. Preliminary results on forcing vine regrowth to delay ripening to a cooler period Preliminary results on forcing vine regrowth to delay ripening to a cooler period. **Vitis**, v. 58, p. 17-22, 2019.

MARTÍNEZ-MORENO, A.; SANZ, F.; YEVES, A.; GIL-MUNOZ, R.; MARTINEZ, V.; INTRIGLIOLO, D. S.; BUESA, I. Forcing bud growth by double-pruning to improve the grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo in a semi-arid Mediterranean climate.

Scientia Horticulture, v. 256, p. 108614, 2019.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation.** Ramsey, Minolta Corporation Instrument Systems Division. 49 p. 1994. Disponível em: https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf. Acesso em: 31 de Janeiro de 2025.

MORGANI, M. B.; PENA, J. E. P.; FANZONE, M.; PRIETO, J. A. Pruning after budburst delays phenology and affects yield components, crop coefficient, and total evapotranspiration in V*itis vinífera* L. cv. 'Malbec' in Mendoza, Argentina. **Scientia Horticulture**, v. 296, p. 110886, 2022.

NAULLEAU, A.; GARY, C.; PRÉVOT, L.; AND HOSSARD, L. Evaluating strategies for adaptation to climate change in grapevine production–a systematic review. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 2154. 2020.

OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C.; FREITAS, E. B. **Analysis Plant Growth**. Lavras: Plant Physiology. 2022.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

OTOYA-MARTINEZ, N.; LEITE, L.G.; HARAKAVA, R.; TOURAY, M.; HAZIR, S.; CHACON-OROZCO, J.; BUENO, C. J. Disease caused by *Neofusicoccum parvum* in pruning wounds of grapevine shoots and its control by *Trichoderma* spp. and *Xenorhabdus szentirmaii*. **Fungal Biology**, v. 127, p. 865-871, 2023.

PARKER, A. K.; CORTÁZAR-ATAURI, I. G.; GÉNY, L.; SPRING, J. L.; DESTRAC, A.; SCHULTZ, H.; VAN LEEUWEN, C. Temperature-based grapevine sugar ripeness modeling for a wide range of *Vitis vinifera* L. cultivars. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 285, p. 107902, 2020.

PEREZ-NAVARRO, J.; IZQUIERDO-CANAS, P. M.; MENA-MORALES, A.; MARTINEZ-GASCUENA, J.; CHCON-VOZMEDIANO, J. L.; GARCIA-ROMERO, E.; HERMOSIN-GUTIERREZ, I.; GOMEZ-ALONSO, S. Genotypic variation in the phenolic composition of novel White grape genotypes (*Vitis vinífera* L.). **Journal of Food Compost Anal**, v. 102, p. 103987, 2021.

PERIN, C.; VERMA, P. K.; HARARI, G.; SUUED, Y.; HAREL, M.; FERMAN-MINTZ, D. Influence of late pruning practice on two red skin grapevine cultivars in a semi-desert climate. Frontiers in **Plant Science**, v.14, p.01-13. 2023.

PINA-REY, A.; RIBEIRO, H.; FERNANDEZ-GONZALEZ, M.; ABREU, I.; RODRIGUEZ-RAJO, J. Phenological model to predict bud-break and flowering dates of four *Vitis vinifera* L. cultivars cultivated in DO. Ribeiro (North-West Spain). **Plants**. v.10, n. 3, p. 502, 2021.

PINTO, E. P.; PERIN, E. C.; SCHOTT, I. B.; DUSMAN, E.; RODRIGUES, R. S.; LUCCHETTA, L.; MANFROI, V.; ROMBALDI, C. V. Phenolic compounds are dependent on cultivation conditions in the face of UV-C radiation in 'Concord's grape juices (*Vitis labrusca*). **LWT**, v. 154, p. 112681, 2022.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2023. Disponível em: https://www.R-project.org/. Acesso em: 20 jun. 2024.

RAMOS, M. C.; TODA, F. M. Variability in the potential effects of climate change on phenology and the grape composition of Tempranillo in three zones of the Rioja DOCa (Spain). **European Journal of Agronomy**, v. 115, p. 1-12, 2020.

REN, R.; WAN, Z.; CHEN, H.; ZHANG, Z. The effect of inter-varietal variation in sugar hydrolysis transporter on sugar content and photosynthesis in *Vitis vinífera* L. leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 189, p. 1-13, 2022.

RESSÉGUIER, L.; PIERI, P.; MARY, S.; PONS, R..; PETITJEAN, T.; VAN LEEUWEN, C. Characterization of the vertical temperature gradient in the canopy reveals increased trunk height to be a potential adaptation to climate change. **OENO One**, v. 57, n. 1, 2023.

ROMERO, P.; NAVARRO, J. M.; ORDAZ, P. B. Towards a sustainable viticulture: The combination of deficit irrigation strategies and agroecological practices in Mediterranean vineyards. A review and update. **Agricultural Water Management**, v. 259, p. 107216, 2022.

SAVOI, S.; HERRERA, J. C.; CARLIN, S.; LOTTI, C.; BUCCHETTI, B.; PETERLUNGER, E.; CASTELLARIN, S. D.; MATTIVI, F. From grape berries to wines: Drought impacts on key secondary metabolites. **OENO one**, v. 54, p. 569-582, 2020.

SEMIROMI, J. T.; AMIRIZADEH, S.; MEIGHANI, H. New simple approach to the site-specific prediction of grapevine (*Vitis vinifera*) phenological phases (The case of Kerman, Iran). **Agricultural and Forest Meteorology**, v.353, p. 110057, 2024.

TONIETIO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, p. 81-97, 2004.

TORRES, N.; YU, R.; MARTINEZ-LUSCHER, J.; GIRARDELLO, R.C.; KOSTAKI, E.; OBERHOLSTER, A.; JURTURAL, S. K. Shifts in the phenolic composition and aromatic profiles of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) wines are driven by different irrigation amounts in a hot climate**. Food Chemistry**, v. 371, p. 131163, 2022.

VAN LEEUWEN, C.; BARBE, J. C.; DARRIET, P.; GEFFROY, O.; GOMES, E.; GUILLAUMIE, S.; HELWI, P.; LABOYRIE, J.; LYTRA, G.; LE MENN, N.; MARCHAND, S.; PICARD, M.; PONS, A. L.; SCHUTTLER, A.; THIBON, C. Recent advancements in understanding the terroir effect on aromas in grapes and wines. **OENO One**, v. 4, p. 985-1006, 2020.

VUERICH, M.; BRAIDOTTI, R.; SIVILOTTI, P.; ALBERTI, J.; CASOLO, V.; BRAIDOT, E.; BOSCUTTI, F.; CALDERAN, A.; PETRUSSA, E. The response of the Merlot grapevine to drought is associated with adjustments in growth and the allocation of nonstructural carbohydrates in the above and underground organs. **Water**, v. 13, p. 2336, 2021.

WANG, C.; WANG, L.; YE, J.; XU, F. Fruit quality of *Vitis vinifera*: How plant metabolites are affected by genetic, environmental, and agronomic factors. **Scientia Horticulturae**, v. 305, p. 111404, 2022.

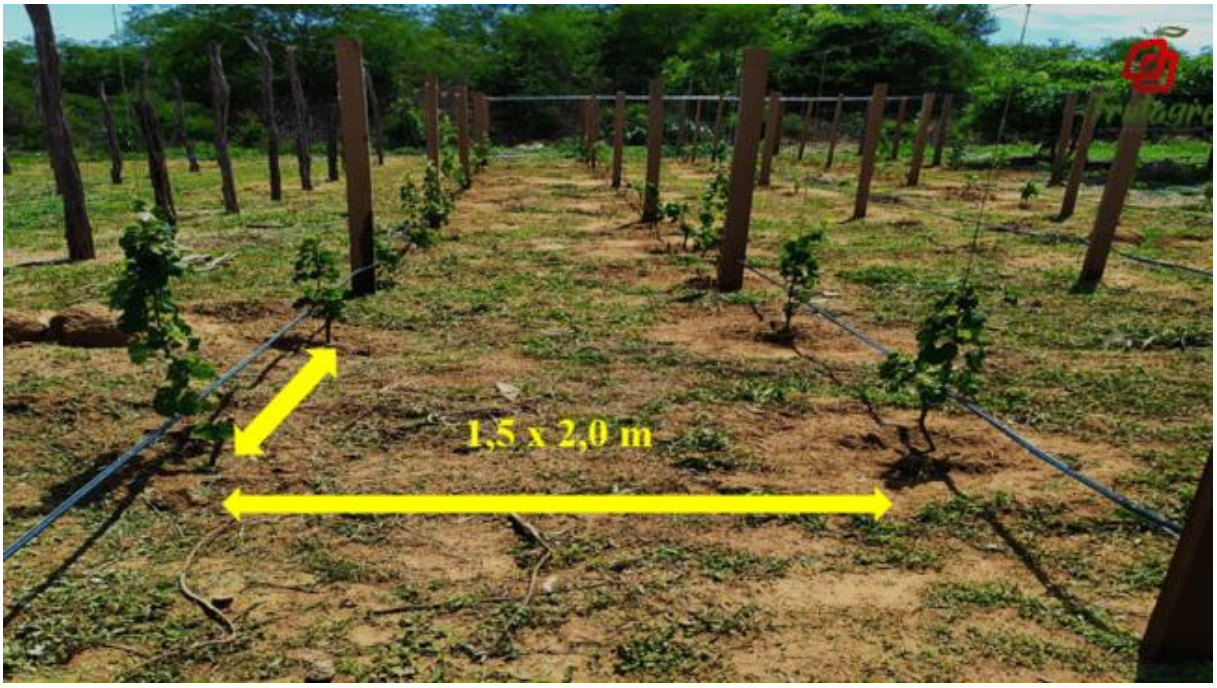
APÊNDICES



Apêndice 1 - Pomar experimental do Grupo de Estudos em Fruticultura (Frutagro). Foto: Doze Batista.



Apêndice 2 - Instalação de videiras no pomar experimental do Grupo de Estudos em Fruticultura (Frutagro). Foto: Gustavo Alves Pereira.



Apêndice 3 - Espaçamento utilizado na instalação de videiras no pomar experimental do Grupo de Estudos em Fruticultura (Frutagro). Foto: Gustavo Alves Pereira.



Apêndice 4 - Poda de formação das videiras com 11 meses de idade. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 5 - Poda de produção com cordas posicionadas horizontalmente (HPC) com 12 nós retidos em esporões de dois nós. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 6 - Identificação das videiras, plantas com 12 meses. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



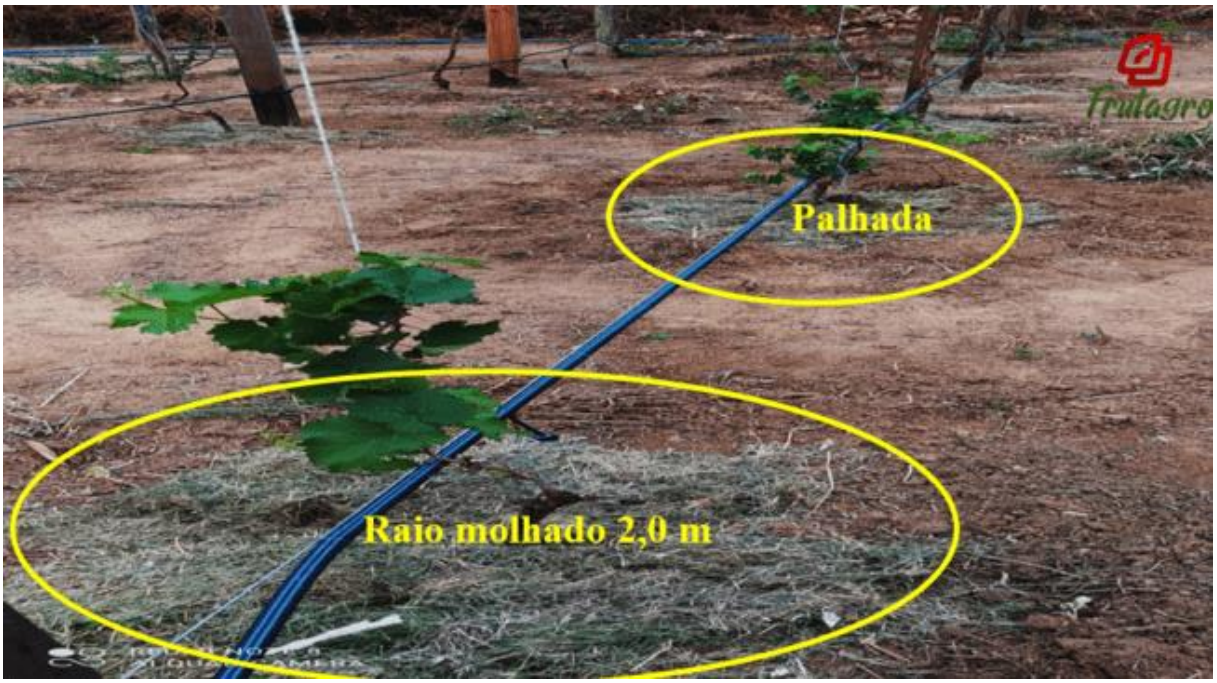
Apêndice 7 - Sistema de irrigação por micro aspersores. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 8 - Limpeza das plantas daninhas. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 9 - Coroamento das plantas. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 10 - Adição de palhada no raio molhado da planta Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 11 - Manejo de poda nas plantas. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 12 - Plantas podadas. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 13 - Inicio do inchaço dos botões. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 14 - Explosão de ponta verde. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 15 - Inflorescência visível. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 16 - Inflorescência visível Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 17 - Inflorescências totalmente desenvolvidas, flores separadas. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 18 - Plena floração. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 19 - Bagas do tamanho de uma ervilha (3 a 4 mm). Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 20 - Enchimento das bagas. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 21 - Bagas completamente cheias. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 22 - Inicio do amadurecimento das bagas, mudança de coloração. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 23 - Maturação completa das bagas. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



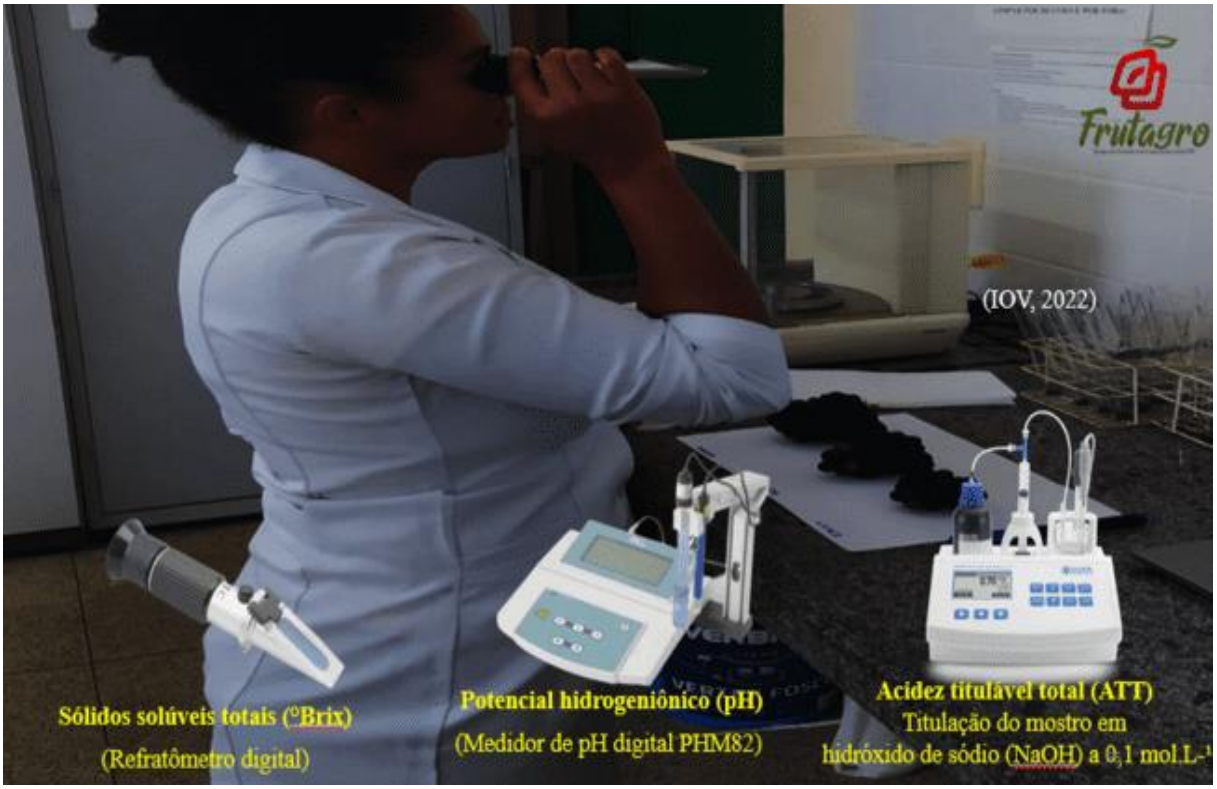
Apêndice 24 - Colheita das bagas. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 25 - Determinação das trocas gasosas. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 26 - Análises pós-colheita dos frutos, determinação de coloração. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.



Apêndice 27 - Análises químicas pós-colheita dos frutos. Foto: Thamyres Yara Lima Evangelista.