

**Influência do sistema de poda e altura da parede vegetativa
no comportamento da casta Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.)
na Região Demarcada do Douro**

Ester Provensi Santos

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para
obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia no âmbito da dupla diplomação com a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Orientado por

Prof. Dr. António Castro Ribeiro

Prof. Dr. Idemir Citadin

Eng. Mcs. David Santos Barreales

**Bragança
2023**



FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e saúde.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Instituto Politécnico de Bragança pela oportunidade em conhecer outro país e realizar a dupla diplomação. Agradeço ao IPB pelos recursos disponibilizados para a realização dessa dissertação.

Ao Prof. Dr. António Castro Ribeiro pela disponibilidade em me orientar.

Ao Eng. Mcs. David Santos Barreales pelo suporte e companheirismo na execução das análises e redação da dissertação.

Ao Prof. Dr. Idemir Citadin que me orienta desde o início da graduação.

A minha mãe, Nalci, pelo apoio financeiro e motivacional, pois sem ela não seria possível essa experiência.

Ao meu pai, Edson (em memória), pelos ensinamentos e incentivo nos estudos para alcançar o que eu quiser.

A minha família que de algum jeito contribuiu para minha persistência.

As minhas amigas Ana Beatriz e Cecilia por me incentivarem a vir pra Portugal e pela companhia ao longo desse ano, não me deixando desistir.

Ao meu namorado Everton por me apoiar nessa aventura de estudar fora do país.

A Alice e a Laura pelo companheirismo nessa caminhada acadêmica e as minhas novas amigas, em especial Aline e Daniele.

O grupo de fruticultura da UTFPR, em especial, Chaiane, Laíse, Rafael e Jéssica que contribuíram no meu desenvolvimento pessoal e acadêmico, tornando as atividades mais interessantes e descontraídas.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xiii
1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivo geral	11
1.1.1. Objetivos específicos	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Breve contextualização histórica e importância do setor vitivinícola em Portugal	12
2.2. A Região Demarcada do Douro	13
2.3. Clima atual e futuro da Região Demarcada do Douro	14
2.4. Estratégias de adaptação as alterações climáticas	18
2.4.1. Gestão da rega deficiária	19
2.4.2. Sistema de poda e condução	21
2.4.3. Gestão da parede vegetativa	23
2.4.4. Porta enxerto e castas	25
2.4.4.1. Casta Touriga Franca	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1. Localização e caracterização do ensaio	29
3.2. Índices bioclimáticos	30
3.3. Fenologia	31
3.4. Rega	32
3.5. Medições fisiológicas	32
3.5.1. Potencial hídrico (Ψ_{pd})	32
3.5.2. Trocas gasosas	32
3.5.3. Índice SPAD	32

3.5.4.	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	33
3.6.	Parâmetros agronômicos	33
3.6.1.	Caracterização da parede vegetativa.....	33
3.6.2.	Dimensões da parede vegetativa.....	33
3.6.3.	Componentes de produção.....	34
3.7.	Avaliação da qualidade dos bagos e mostos	35
3.7.1.	Características biométricas	35
3.7.2.	Análises dos mostos.....	35
3.8.	Análise estatística	36
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1.	Fenologia	37
4.2.	Condições meteorológicas.....	38
4.2.1.	Índices bioclimáticos	40
4.2.2.	Evapotranspiração	41
4.3.	Medições fisiológicas	42
4.3.1.	Potencial hídrico de base (Ψ_b)	42
4.3.2.	Trocas gasosas	45
4.3.3.	Índice SPAD	49
4.3.4.	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).....	50
4.4.	Parâmetros agronômicos	51
4.4.1.	Estrutura da parede vegetativa.....	51
4.4.2.	Componentes de produção.....	53
4.5.	Acompanhamento da maturação	56
4.5.1.	Características biométricas dos bagos	56
4.5.2.	Composição dos mostos	57
5.	CONCLUSÕES	63

6. REFERÊNCIAS	64
-----------------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sub-regiões da Região Demarcada do Douro (Miranda <i>et al.</i> , 2018).	14
Figura 2 - Temperatura média do período vegetativo da videira para o passado-recente (a) e futuro a longo prazo (b) (Rocha <i>et al.</i> , 2018).....	17
Figura 3 - Representação gráfica de medidas de adaptação às alterações climáticas e período de implementação (Adaptado de Carlos & Gonçalves, 2020).	18
Figura 4 - Sistema de poda em Cordão Royat unilateral (A) e Guyot simples (B).....	22
Figura 5 - Morfologia da casta Touriga Franca.....	27
Figura 6 - Diferentes alturas de parede vegetativa.	29
Figura 7 - Esquema representativo dos diferentes tratamentos em campo.	30
Figura 8 – Temperatura mínima, média e máxima anual e precipitação no período de 2015 a 2022 registada no campo experimental (Quinta do Romeu, Mirandela).	39
Figura 9 - Temperatura mínima, média e máxima mensal e precipitação mensal registada no campo experimental (Quinta do Romeu, Mirandela).	40
Figura 10 - Potencial hídrico de base sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.	43
Figura 11 - Intervalos de potencial hídrico para alguns estagios fenológicos. Estado ótimo (zona verde), desfavorável (zona amarela) e crítico (zona vermelha) em relação ao crescimento vegetativo. Ψ_b : Potencial hídrico de base; Ψ_t : Potencial hídrico do ramo ao meio-dia; Ψ_h : Potencial hídrico da folha ao meio-dia solar (Adaptado de Ojeda (2007)).	44
Figura 12 - Condutância estomática (g_s) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.	46
Figura 13 - Fotossíntese (A) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.....	47
Figura 14 - Transpiração (E) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.....	48
Figura 15 - Eficiência do uso da água (A/E) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.	49
Figura 16 - Índice de Ravaz sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.	55

Figura 17 - Evolução do diâmetro equatorial dos bagos sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.....	56
Figura 18 - Evolução do peso dos bagos sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa..	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Fenologia da casta Touriga Franca no ano de 2022, seguindo a escala fenológica de Eichhorn e Lorenz (1984).....	37
Tabela 2 - Índice SPAD sob diferentes tipos de poda e alturas de parede vegetativa... 50	
Tabela 3 - NDVI sob diferentes tipos de poda e alturas de parede vegetativa.	51
Tabela 4 - Caracterização da parede vegetativa sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa, a partir dos indicadores: número de camadas de folhas (NCF), percentagem de folhas internas (PFI), percentagem de cachos internos (PCI) e percentagem de buracos (PB).....	52
Tabela 5 - Componentes de produção: número de cachos por videira, produção, produtividade, peso do bago, dimensões do bago, número de varas por videira, peso da lenha da poda, superfície foliar exposta (SFE) e superfície foliar exposta por produtividade (SFE/P).....	54
Tabela 6 - Evolução do acúmulo de açúcares (Sólidos Solúveis Totais (SST) - °Brix) nos bagos sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.....	58
Tabela 7 - Evolução da acidez total (AT) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.	59
Tabela 8 - Evolução do pH sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.....	59
Tabela 9 - Evolução do IPT sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.....	61
Tabela 10 - Evolução Intensidade Corante (IC) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.	62
Tabela 11 - Evolução da Tonalidade (T) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.	62

RESUMO

Na Região Demarcada do Douro as vinhas estão sujeitas a elevada intensidade de radiação solar, temperatura e déficit de pressão de vapor que acentuam com as condições de extrema seca estival durante parte do ciclo vegetativo. Visando mitigar os efeitos cada vez mais marcantes das alterações climáticas é que se buscam manejos alternativos e integrados às vinhas de modo a diminuir o impacto na quantidade e qualidade do fruto. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito combinado dos sistemas de poda em Guyot simples e Cordão Royat unilateral e da área foliar, através da gestão da parede vegetativa, no comportamento da casta Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.). O ensaio ocorreu em uma vinha comercial (41°31'N; 7°5'W; 326m) e está organizado em blocos casualizados com três repetições de cinco videiras, combinando duas alturas de parede vegetativa e dois sistemas de poda. Durante o ciclo vegetativo foi registrada a fenologia, avaliado o comportamento fisiológico através de medições do potencial hídrico foliar de base, trocas gasosas, índice SPAD e NDVI. Os componentes de produção e composição dos mostos foram avaliados ao longo da maturação até a vindima. As plantas em Guyot e parede vegetativa baixa estiveram em maior conforto hídrico durante os meses do verão o que remeteu em maior condutância estomática, transpiração e fotossíntese. As plantas em Cordão e parede vegetativa alta apresentaram um comportamento oposto, porém isso não se refletiu na eficiência do uso da água. Enquanto para os parâmetros agrônômicos, plantas em Guyot e parede vegetativa alta foram as que apresentaram médias superiores para a maioria das variáveis que caracterizam a parede vegetativa, exceto para a porosidade da parede. As maiores médias quanto aos componentes de produção foram em plantas em Guyot e parede vegetativa alta. As características biométricas dos bagos não diferiram significativamente entre tratamentos. Porém, quanto a composição dos mostos para Sólidos Solúveis Totais somente o tipo de poda apresenta diferenças significativas, sobressaindo plantas em Cordão. Logo para pH, Índice de Polifenóis Totais e Intensidade Corante, plantas em Cordão e com parede vegetativa alta apresentaram maiores médias e para tonalidade e acidez total não houve diferenças significativas. Este trabalho preliminar é um contributo para a implementação de diferentes estratégias de adaptação da vinha às alterações climáticas.

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L., alterações climáticas, fisiologia vegetal, sistema de poda

ABSTRACT

In the Douro Demarcated Region, the vineyards are subject to high intensity solar radiation, temperature and vapor pressure deficit that increase with the extremely dry summer conditions during part of the vegetative cycle. To mitigate the increasing effects of climate change, alternative integrated vineyard management strategies are being sought to reduce the impact on fruit quality and quantity. The objective of the present work was to evaluate the combined effect of pruning systems in simple Guyot and unilateral Royat cordon and leaf area, through the management of the vegetative wall, on the behavior of the grape variety Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.). The trial took place in a commercial vineyard (41°31'N; 7°5'W; 326m) and was organized in randomized blocks with three repetitions of five vines, combining two vegetative wall heights and two pruning systems. During the vegetative cycle, phenology was recorded, physiological behavior was evaluated through measurements of baseline leaf water potential, gas exchange, SPAD index and NDVI. Production components and must composition were evaluated throughout ripening until harvest. Plants in Guyot and low vegetative wall were in higher hydric comfort during the summer months, which referred to higher stomatal conductance, transpiration and photosynthesis. The plants in cordon and high vegetative wall showed the opposite behavior, but this was not reflected in water use efficiency. While for the agronomic parameters, plants in Guyot and high vegetative wall were the ones that presented higher averages for most of the variables that characterize the vegetative wall, except for the porosity of the wall. The highest averages for yield components were in plants in Guyot and high vegetative wall. When following the maturation, it was noticed that the biometric characteristics of the berries did not differ significantly between treatments. However, regarding the must composition for Total Soluble Solids, only the type of pruning presents significant differences, with plants in cordon standing out. For pH, Total Polyphenol Index and Colour Intensity, plants in cordon and with high vegetative wall presented higher averages and for tonality and total acidity, there were no significant differences. This preliminary work is a contribution to the implementation of different strategies for adaptation of vineyards to climate change.

Keywords: *Vitis vinifera* L., climate change, plant physiology, pruning system

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

AF – Área Foliar

AT – Acidez Titulável

CA – Cordão Alto

CB – Cordão Baixo

E – Taxa de Transpiração Foliar

ETc – Evapotranspiração da Cultura

ETo – Evapotranspiração de Referência

GA – Guyot Alto

GB – Guyot Baixo

GDD – Índice de Winkler

g_s – Condutância estomática

GST – Temperatura média no período vegetativo

IC – Intensidade Corante

IH – Índice de Huglin

IPT – Índice de Polifenóis Totais

NC – Número de Camadas de Folhas

NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

PB – Porosidade do Coberto

PCI – Percentagem de Cachos Interiores

PFI – Percentagem de Folhas Interiores

PQ – Point-Quadrat

RDD – Região Demarcada do Douro

SEF – Superfície Foliar Exposta

SPAD – Soil Plant Analysis Development

SST – Sólidos Solúveis Totais

T – Tonalidade

Ψ_{pd} – Potencial Hídrico De Base

1. INTRODUÇÃO

A vitivinicultura é fundamentada em relações específicas de região, clima e cultivar integrado a um forte contexto histórico, cujos conferem a tipicidade dos vinhos (Fregoni, 2013). Em Portugal o cultivo da uva e a produção de vinhos é uma atividade econômica, social e cultural muito relevante, visto que os vinhos portugueses são muito bem vistos mundialmente por sua qualidade (Magalhães, 2015).

Há várias regiões vitivinícolas portuguesas, porém uma a Região Demarcada do Douro é uma das que mais se destacam por produzir o vinho do Douro e o famoso vinho do Porto, além de ser a primeira região demarcada e regulamentada do mundo e ser considerada patrimônio mundial da UNESCO em 2001 (IVV, 2022a).

Em 2021, o setor da agricultura, silvicultura e pesca conferiram um PIB de 4.697,8 milhões de euros para Portugal (INE & Pordata, 2022c). Nos primeiros 11 meses de 2022 foram exportados cerca de 306 milhões de litros de vinho o que gerou uma renda de 875,6 milhões de euros, sendo os principais países compradores, em volume, a França, Estados Unidos da América, Reino Unido e Brasil (IVV, 2022c).

Entretanto, a superfície de vinha em Portugal de 2000 até 2021 teve uma diminuição de 19,42% (INE & Pordata, 2022b), porém a produção, neste mesmo intervalo de tempo aumentou em torno de 10% (INE & Pordata, 2022a), o que se traduz num aumento de produção por área devido ao aprimoramento de técnicas vitícolas e reconversão das vinhas velhas.

As técnicas vitícolas são constantemente ajustadas a fim de adaptar as plantas a fatores bióticos e abióticos que venham interferir na sanidade e desenvolvimento da cultura (Jones, 2012). Há algumas décadas as alterações climáticas vêm interferindo na agricultura de forma inevitável e desafiadora e mesmo a *Vitis vinifera* L. sendo originária de clima mediterrâneo, adaptada a verões quentes e secos com chuvas mais concentradas no inverno, vem sofrendo com os atuais cenários climáticos (Moutinho-Pereira *et al.*, 2016; Van Leeuwen & Darriet, 2016).

Devido tal importância das vinhas para Portugal é que pesquisadores e agricultores buscam estratégias a curto, médio e longo prazo a fim de mitigar principalmente o estresse térmico e hídrico severo de modo a interferir positivamente em

parâmetros agronômicos, fisiológicos e produtivos das mesmas (Cameron *et al.*, 2021; Gambetta & Kurtural, 2021; Van Leeuwen *et al.*, 2019).

Ademais, perante os efeitos cada vez mais expressivos das alterações climáticas na RDD é que esse trabalho foi desenvolvido, com intuito de analisar o comportamento das plantas da casta Touriga Franca com diferentes alturas de parede vegetativa e sistemas de poda.

1.1. Objetivo geral

Este estudo tem por objetivo avaliar o comportamento agronômico e fisiológico, assim como a qualidade dos bagos e mostos da casta Touriga Franca sobre dois diferentes sistemas de poda, Guyot simples e Cordão Royat unilateral, em combinação com duas alturas de parede vegetativa, alta (aproximadamente 1,10 m) e baixa (aproximadamente 0,80 m).

1.1.1. Objetivos específicos

Acompanhar os diferentes estádios fenológicos semanalmente a partir da escala desenvolvida por Eichhorn e Lorenz;

Avaliar os parâmetros agronômicos ao longo do ciclo vegetativo da videira tais quais: caracterização das dimensões da parede vegetativa, caracterização da densidade da parede mediante a técnica do Point Quadrat, produtividade e vigor;

Avaliar os parâmetros fisiológicos ao longo do verão para estudar a resposta dos diferentes tratamentos de poda e altura da parede nas condições estivais;

Avaliar o crescimento dos bagos ao longo do tempo e a qualidade dos mostos;

Avaliar indicadores de produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Breve contextualização histórica e importância do setor vitivinícola em Portugal

Acredita-se que em 2.000 anos antes de cristo (a.C.), os Tartessos foram os primeiros a cultivar vinha na Península Ibérica. Logo, vieram outros povos e por fim os cristãos entre os séculos XII e XIV. Cada povo que ali se instalava, produzia vinho e o usava como moeda de troca. Porém, cada qual trazia consigo novos conhecimentos, técnicas e castas distintas o que enriqueceu a vitivinicultura portuguesa (IVV, 2022a). Entre o século XV até XVII, foi a fase dos descobrimentos, quando a agricultura deixa de ser a base da subsistência até se iniciar a expansão marítima (Infovini, 2022).

O século XVIII foi marcado pelo Marquês de Pombal, cujo implementou medidas de incentivo ao desenvolvimento da vitivinicultura na região do Douro, visto a concorrência que existia com os ingleses. O Marquês cria a Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro, em 1756, que fiscalizava a qualidade dos vinhos, determinava os preços e impunha regras de produção e comércio. No mesmo ano iniciou o processo de demarcação da região de produção dos vinhos do Douro, sendo a primeira região demarcada no mundo (Infovini, 2022).

Entretanto, o século XIX foi marcado pelo aparecimento de pragas e doenças que influenciaram negativamente na produção de vinho, como o oídio, míldio e filoxera. A filoxera fez com que os porta-enxertos americanos fossem introduzidos na viticultura europeia devido sua resistência a esse patógeno (Infovini, 2022; Martins, 1990).

Entre 1900 e 1907, João Franco, iniciou a regulação do setor vinícola, estabelecendo os limites da região demarcada do vinho do Porto e Douro e demais regiões (Infovini, 2022). De 1986 aos dias de hoje, com a adesão à Comunidade Econômica Europeia (CEE) houve alterações significativas nos métodos de produção e preocupação com a qualidade dos vinhos. Logo, a legislação obrigou a criação de áreas de Denominação de Origem Controlada (DOC) e a classificação qualitativa dos vinhos através das categorias V.Q.P.R.D., Vinho Regional e Vinho de Mesa, além de Comissões Vitivinícolas Regionais em cada região DOC. A Junta Nacional do Vinho foi substituída pelo Instituto da Vinha e do Vinho (IVV), que definiu os mapas vitivinícolas nacionais, que a partir de 2002, existem 33 DOC (Infovini, 2022; IVV, 2022a).

Atualmente, Portugal possui registro de cerca de 250 castas autóctones, sendo algumas destas exploradas economicamente, além de castas internacionais (IVV, 2022b). Estas castas em 2021 ocupavam uma área de 175.591 ha com produção de 977.774 toneladas o que resultou numa produção de 7.358.539 hl, sendo a região do Douro a que mais contribui nessa porção com 1.614.569 hl, seguido de Lisboa, Alentejo, Minho e Tejo (INE & Pordata, 2022a, 2022b; IVV, 2022c). Mundialmente, Portugal continua sendo bem-visto em relação a seus vinhos de qualidade, sendo estes bastante valorizados e apreciados por aqueles que o consomem.

2.2. A Região Demarcada do Douro

A Região Demarcada do Douro (RDD) está localizada no Nordeste de Portugal na bacia do rio Douro e possui importância histórica por ser a primeira região vitícola demarcada, em 1756, servindo de modelo a outras regiões vitícolas mundialmente. Em 2001, a região do Alto Douro Vinhateiro (ADV), foi reconhecida como Patrimônio Mundial da Humanidade pela UNESCO, devido a sua paisagem cultural, evolutiva e viva (IVDP, 2022; Miranda *et al.*, 2019).

Esta região é a responsável por produzir o famoso vinho do Porto, vinho generoso com características organolépticas únicas, além do vinho com Denominação de Origem Douro. A valorização dos vinhos e outros produtos regionais, é devido à natureza do solo, a paisagem, o clima em simultâneo com a cultura e o saber fazer, fatores que diferenciam e marcam a imagem deste território (Magalhães, 2015).

Os solos desta região são pertencentes a formação geológica do complexo de xisto-grauváquico ante-ordovício, com algumas intrusões de formação graníticas. Entretanto, a formação desses ocorreu devido a intervenção do homem através de operações de arroteamentos e terraceamentos, degradando a rocha de origem e consequentemente afundando o perfil do solo o que o caracteriza por Antrossolos (IVDP, 2022). Os Antrossolos, possibilitaram a viticultura de encosta caracterizada por elevados custos de instalação e de produção, pela grande necessidade de mão-de-obra e ainda pela forte penosidade do trabalho.

Segundo o Instituto dos vinhos do Douro e do Porto (IVDP, 2022), a RDD possui 250 mil hectares (ha) delimitados, sendo 43.708 ha ocupados por vinha o que corresponde a 17,48% do território. A RDD abrange 21 concelhos distribuídos nos distritos de

Bragança, Vila Real, Guarda e Viseu (Bateira *et al.*, 2011) e é dividida em três sub-regiões naturalmente distintas, sendo o Baixo Corgo, Cima Corgo e Douro Superior (Figura 1). A altitude dessa região varia entre 400 e 1400 metros, o que interfere diretamente no clima, intensidade de radiação solar e pluviosidade de cada sub-região. O Douro Superior possui clima árido, sendo mais quente e seco, enquanto que as demais sub-regiões possuem influência do oceano atlântico, recebendo maior precipitação (Miranda *et al.*, 2019).

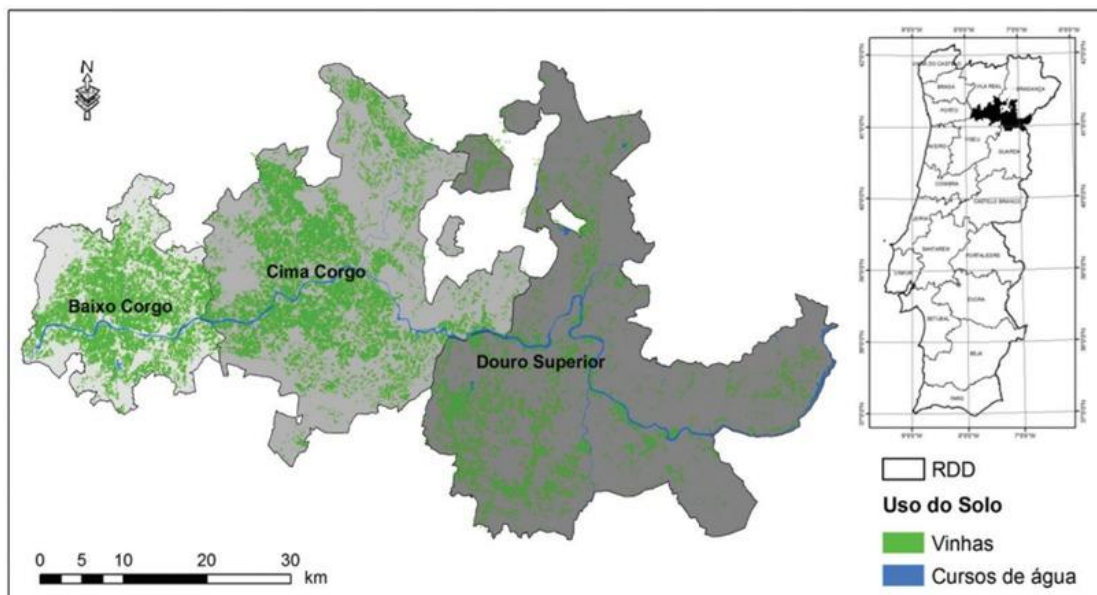


Figura 1 - Sub-regiões da Região Demarcada do Douro (Miranda *et al.*, 2018).

A região possui clima mediterrânico, que se caracteriza por verões muito secos e quentes (Moutinho-Pereira *et al.*, 2004) e segundo a classificação Köppen-Geiger, possui clima Csa. A precipitação nessa região é bastante desuniforme, possuindo uma mediana anual que vai dos 500 mm no Douro Superior até 750 mm no Baixo Corgo (Jones, 2013). Em Miranda *et al.* (2018), a média anual de precipitação para o Douro Superior está em torno de 500 mm. Para além disso, a RDD possui média acumulada de horas de sol/ano maior que 2100 horas, sendo o Douro Superior com mais de 2700 horas (Almeida, 2006).

2.3. Clima atual e futuro da Região Demarcada do Douro

O clima da RDD é caracterizado por uma forte consistência interanual de insolação total, temperatura e evapotranspiração potencial, e uma significativa variação interanual da precipitação (Jones, 2013). A precipitação dessa região é muito variável

entre as três sub-regiões, devido às diferenças de altitude e o afastamento do mar. Na área do Baixo-Corgo situada mais próxima ao Atlântico, há maior precipitação e temperaturas moderadas. No Cima-Corgo, o clima é mais mediterrâneo, onde tem-se diminuição da precipitação e aumento nas temperaturas estivais. O Douro Superior apresenta clima típico mediterrâneo, semiárido, onde frequentemente ocorre sobrematuração das uvas (Magalhães, 2015). Entretanto, as videiras estão sujeitas a um elevado déficit hídrico potencial, em que a diferença entre a evapotranspiração e a precipitação pode chegar aos 730-750 mm no período entre o abrolhamento e a vindima (Malheiro *et al.*, 2011).

A maioria dos estudos abordam impactos futuros e possíveis estratégias de adaptação mediante a tecnologias de modelagem baseadas no Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Neethling *et al.*, 2016). As alterações nas precipitações são esperadas durante o ciclo vegetativo, estimando-se uma diminuição na ordem dos 10 a 42% em 2080 (Jones, 2013). A probabilidade de ocorrer um ano seco é maior que a de anos com precipitação acima da média e, segundo Schultz (2000), essa limitação pode ser agravada no futuro, uma vez que cenários de mudanças climáticas mostram redução das condições hídricas do solo em até 70%, o que reduziria o rendimento em países do sul da Europa, principalmente na Península Ibérica (Stigliani & Salomons, 1995).

A RDD registra temperatura média de 13,7°C, com valores mais elevados nas cotas mais baixas e em direção a leste, e valores mais reduzidos nas cotas mais altas da região. Porém esse cenário vem-se alterando, sendo previsto verões mais quentes e secos, devido a reação com gases causadores do efeito de estufa (Jones, 2006).

Globalmente, prevê-se um aquecimento até 2100 que pode variar entre 5 a 7 °C nas regiões do interior e 3 a 5 °C junto à costa (Castro *et al.*, 2005). Para RDD em 2050, o aquecimento previsto pode chegar a 1,4 a 3,3 °C e em 2080, as projeções indicam um aquecimento entre o intervalo de 2,1 a 5,1 °C, afetando principalmente o Douro Superior. Consequentemente, prevê-se ondas de calor mais intensas, de maior duração e mais frequentes. Por outro lado, as ondas de frio terão sua duração e frequência diminuídas. Nesse contexto, é de realçar uma redução acentuada do número de dias consecutivos com precipitação e um aumento do número de dias secos sucessivos (Jones, 2013).

As alterações climáticas nas regiões vinícolas implicam na produção da uva e do vinho devido aos extremos da temperatura mínima durante o inverno, a frequência e severidade de geadas na primavera e no outono, eventos de temperaturas elevadas durante

o verão, precipitação ou granizo intensos, assim como condições de seca espaciais e temporais generalizadas (Jones, 2013). Portanto, a variabilidade climática que influencia as regiões vinícolas está ligada as interações atmosféricas e oceânicas de larga escala que atuam em escalas espaciais e temporais distintas, como é o caso do fenômeno El Niño-Oscilação Sul na zona do Pacífico (ENSO) (Jones, 2012). Entretanto, a dimensão dos efeitos do ENSO na variabilidade climática das regiões vinícolas varia grandemente, podendo apresentar um sinal contrário em função da localização da respectiva região vinícola, e estando frequentemente aliado a outros mecanismos regionais mais influentes (Jones & Goodrich, 2008).

Ademais, os impactos ocasionados pelas mudanças climáticas podem variar de acordo com cada região, sua localização e capacidade de adaptação das castas e dos métodos de cultivo (Jones *et al.*, 2005). Tendo em vista isso, o zoneamento agrícola indicado à viticultura, com isotérmicas de 12 a 22 °C durante o ciclo vegetativo da vinha, tende a se deslocar no sentido latitudinal em direção aos polos sendo previstos um deslocamento de 150 a 300 km até 2050 e até 2100 mais 125 a 250 km na mesma direção, descartando várias regiões atualmente vitivinícolas ou mudando o tipo de vinho produzido, respeitando o tipo de maturação proveniente do tipo do clima que se tem (Jones, 2013).

Na simulação feita por Rocha *et al.* (2018), utilizando modelo climático regional de alta resolução Weather Research and Forecasting (WRF), tem-se no passado recente (1986-2005) temperatura média no ciclo vegetativo de 18,3 °C e num futuro médio (2046-2065) estima-se 18,9 °C e 21,4 °C em futuro a longo prazo (2081-2100), como pode ser mais bem observado na Figura 2.

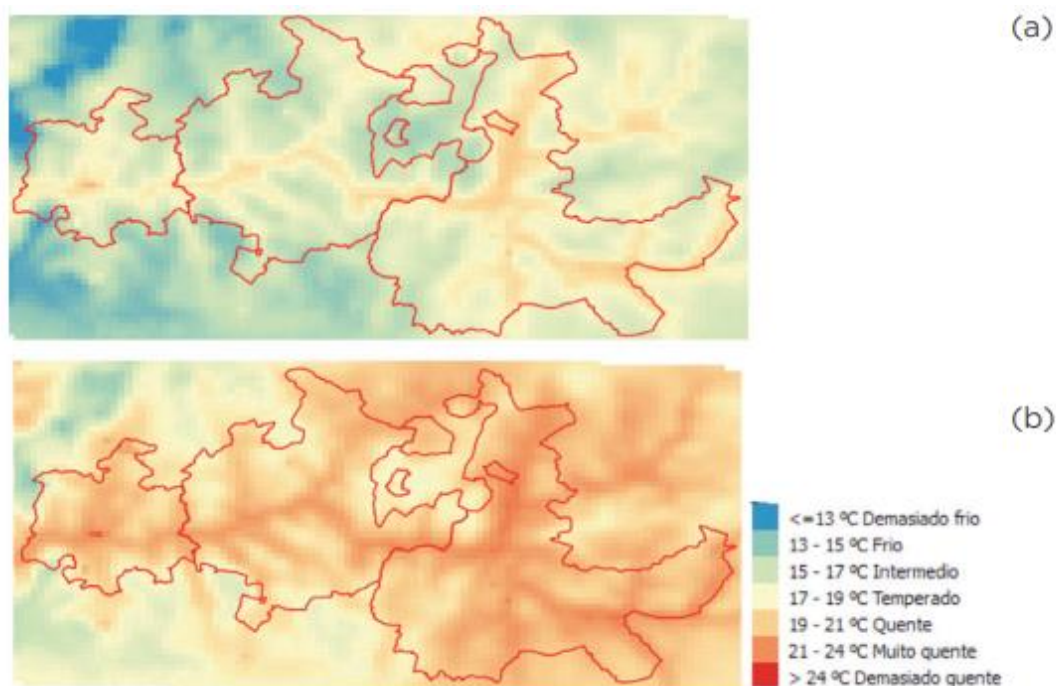


Figura 2 - Temperatura média do período vegetativo da videira para o passado-recente (a) e futuro a longo prazo (b) (Rocha *et al.*, 2018)

Também se tem observado a diminuição na duração do ciclo das castas, podendo atingir precocidade de 6 a 25 dias, antecipando a vindima (Jones *et al.*, 2005). Sobre isto, Lebon (2002) observou que o início do amadurecimento da casta Syrah no sul da França, com um aquecimento de 2 °C, passou da segunda semana de agosto para a terceira semana de julho e, com um aquecimento de 4 °C, para a primeira semana de julho. Ao mesmo tempo, este estudo concluiu que um aquecimento significativo durante a maturação e especialmente à noite teria um efeito negativo no desenvolvimento de aromas e cor, acabando por afetar a tipicidade do vinho (Fraga *et al.*, 2016; Van Leeuwen & Darriet, 2016).

A evolução destes cenários exigirá tomada de decisões quanto a localização de vinhas, escolha do material vegetativo, técnicas/manejos a seguir e definição do estilo de vinho a produzir, tendo em vista a vulnerabilidade da RDD diante as mudanças no clima (Neethling *et al.*, 2016; Van Leeuwen & Darriet, 2016). A situação influenciará questões de ordem econômica, tais como aumentos no preço do vinho, redução no número de viticultores e a necessidade de implementar estratégias de adaptação onerosas e ainda não estudadas (Carter, 2006; Neethling *et al.*, 2016).

As alterações climáticas são inevitáveis, contudo, teremos que nos adaptar a elas tendo cuidado quanto aos riscos e buscando oportunidades (Neethling *et al.*, 2016).

Buscando mitigar os efeitos adversos é que se busca estratégias de adaptação as alterações climáticas, como o uso da rega, cultivares melhores adaptadas, diferentes sistemas de condução, intervenções em verde, uso de caulino, implantação de coberto vegetal, dentre outras práticas que assegurem as condições propícias ou próximas dessa ao desenvolvimento e produtividade em quantidade e qualidade das vinhas (Carlos & Gonçalves, 2020).

2.4. Estratégias de adaptação as alterações climáticas

Visto que as alterações climáticas vêm acentuando o déficit hídrico em simultâneo com o excesso de radiação luminosa e térmica, limitando cada vez mais regiões vitícolas onde estes estresses ambientais já são frequentes é que se deve pensar em estratégias para mitigar os efeitos causados pelas mudanças climáticas (Bernardo *et al.*, 2018; Resco *et al.*, 2016).

As estratégias de adaptação podem ser de curto, médio ou longo prazo no diz respeito ao período de implementação (Figura 3).

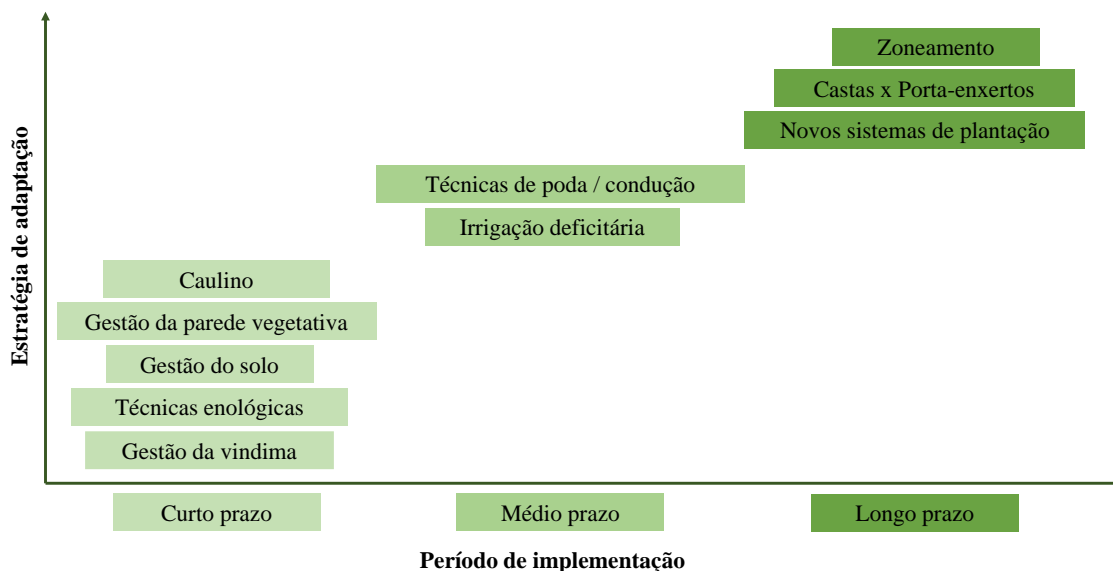


Figura 3 - Representação gráfica de medidas de adaptação às alterações climáticas e período de implementação (Adaptado de Carlos & Gonçalves, 2020).

Dentre as estratégias a curto prazo temos a gestão da vindima, que pode ser gerida de acordo com o momento da poda de inverno, pois ao tardar essa prática o abrolhamento ocorrerá mais tarde, fugindo de temperaturas mais baixas que comprometam o desenvolvimento dos pâmpanos (Neethling *et al.*, 2016). Há também a gestão do solo, em

que é essencial que se conheça suas propriedades físicas e químicas a fim de melhor geri-lo, podendo haver o emprego de plantas de cobertura para o incremento de matéria orgânica e melhor estruturação do mesmo, condicionando-o a melhor exploração radicular e reserva de água e nutrientes (Figueiredo, 2015). A gestão da parede vegetativa é também uma estratégia a curto prazo que auxilia na melhor utilização da água pela planta, além de alterar o microclima a nível dos cachos evitando principalmente o superaquecimento e o escaldão dos mesmos (Palliotti *et al.*, 2014). Ademais, o uso do caulino como estratégia a curto prazo também demonstra-se interessante, visto os benefícios que este silicato de alumínio traz consigo ao refletir a radiação solar, auxiliando na diminuição dos prejuízos causados pelo escaldão (Moutinho-Pereira *et al.*, 2016).

Outrossim, o emprego da rega deficitária, segundo os autores Carlos & Gonçalves (2020), é uma estratégia de médio prazo que pode ser utilizada, todavia o fator limitante é a quantidade de água disponível para tal finalidade. Logo, nessa classificação tem-se as técnicas de poda e condução, que irão interferir na gestão de água na planta, exposição dos cachos, distribuição de fotoassimilados, ou seja, em vários aspectos fisiológicos da cultura.

A longo prazo temos estratégias como zoneamento, castas, porta-enxertos e novos sistemas de plantação, sendo essas possíveis de serem empregadas em novas áreas ou na renovação da vinha. Ao levar em consideração essas estratégias pode-se buscar melhores combinações de casta e porta-enxerto que melhor tolerem as condições em que serão inseridas, do mesmo modo, a exposição dos bardos irá ditar a maior ou menor recepção solar de acordo com o tipo de produto final que se deseja (Sacchelli *et al.*, 2016).

Portanto, a adoção das estratégias em conjunto faz com que as plantas se desenvolvam aproveitando melhor os recursos disponíveis na vinha, o que tende a traduzir em maior e melhor produção (Neethling *et al.*, 2016; Resco *et al.*, 2016). Algumas destas estratégias serão mais bem descritas a seguir, para melhor embasar o objetivo do trabalho.

2.4.1. Gestão da rega deficiente

Mesmo a vinha sendo bem adaptada ao clima mediterrânico, a rega vem a auxiliar na gestão do estresse hídrico durante as secas sazonais que ocorrem durante parte do ciclo

vegetativo da videira interferindo no desenvolvimento vegetativo reprodutivo das vinhas (Ribeiro, 2015).

A videira responde bem aos diferentes regimes hídricos disponibilizados nas diferentes etapas do seu ciclo vegetativo (Gouveia *et al.*, 2011). Assim, a rega excessiva acaba por induzir um aumento de vigor e densidade foliar na videira provocando maior competição por fotoassimilados entre estruturas vegetativas e reprodutivas, contribui para formação de microclima favorável ao aparecimento de doenças como o oídio, míldio e *Botrytis*, além de trazer consequências na maturação e composição final das uvas, sendo verificado, principalmente, a redução do teor em açúcares, na intensidade da cor (antocianinas) e no teor em compostos fenólicos, além do aumento da acidez, características essas indesejáveis aos vinhos tintos (Conceição, 2021; Ribeiro, 2015).

Por outro lado, o déficit de água no solo acarreta quebra da produção, atraso no desenvolvimento do bago e na maturação, devido à diminuição da taxa fotossintética e da senescência foliar precoce. Tendo em vista ambas situações, percebe-se a importância do fornecimento otimizado para cada casta de acordo com a exigência de cada estágio fenológico e situação edafoclimática a fim de assegurar rendimento aos viticultores (Bernardo *et al.*, 2018; Chaves, 2009; Ribeiro, 2015).

Entretanto, as regas deficitárias implicam no uso de quantidade de água inferior àquela perdida pela planta através da evapotranspiração, ou seja, pretende-se fornecer a quantidade de água essencialmente necessária para que o metabolismo da planta não sofra um estresse intenso (Chaves, 2009; Neethling *et al.*, 2016), de modo a preservar a qualidade da produção e ao mesmo tempo contribuir para uma viticultura mais sustentável.

Atualmente, a rega na agricultura tem a imagem associada à ineficiência ao uso da água, devido ao uso demasiado em resposta à baixa quantidade de biomassa produzida. A fim de reverter esse cenário, investigadores e agricultores têm buscado formas de aumentar a eficiência em relação ao uso da água através do melhoramento de variedades e porta-enxertos e na utilização de técnicas culturais, mantendo ou mesmo aumentando o rendimento e a qualidade da produção (Chaves, 2009; Costa, 2018). O uso de cobertos vegetais na entrelinha é uma prática interessante visto que contribui na biologia, nutrição e retenção de água no solo. Porém, devido às condições de déficit hídrico durante o ciclo da cultura, essas plantas podem competir por água com as plantas de interesse, havendo

necessidade de interromper o ciclo destas no momento em que passam a competir por água com as plantas de interesse (Figueiredo, 2015).

Todavia, ainda mais interessante e sustentável é otimizar o uso da água recorrendo à viticultura de precisão, em que é necessário saber quais as necessidades hídricas em cada fase de desenvolvimento da planta, com auxílio de sensores e equipamentos capazes de transmitir informações em nível de solo, planta e atmosfera, com intuito de regar no momento certo e na quantia certa (Ojeda, 2007).

Entretanto, o estado hídrico das videiras não depende somente das variáveis meteorológicas, mas também da capacidade que o solo tem em reter água (Bernardo *et al.*, 2018). Tendo em vista isso, as práticas de conservação do solo atreladas ao uso de coberto vegetal, de modo que não haja competição hídrica com a cultura, a fim de condicionar o solo a reter mais água em profundidade, o que acaba por satisfazer as vinhas em período de estresse hídrico crítico, podendo até tardar a necessidade da rega.

2.4.2. Sistema de poda e condução

O sistema de condução engloba algumas práticas aplicadas na vinha, como a densidade de plantio, compasso, disposição das plantas, orientação das espaldeiras e as demais práticas de manutenção da vinha, até à disposição da vinha em determinado espaço, com determinada altura do tronco, número de braços, tipo de poda, carga por planta, disposição dos frutos e orientação dada à vegetação durante o crescimento (Magalhães, 2015). Cada um desses fatores interfere na fisiologia das plantas e na qualidade e quantidade da produção, devendo ser geridos de acordo com o ambiente, casta e produto final almejado (Magalhães, 2015).

Inicialmente, houve distinção entre formas de grande e de pequena expansão vegetativa, compreendida pela Viticultura Etrusca e Grega respectivamente. A Viticultura Etrusca consiste no cultivo da vinha na bordadura das áreas onde cultiva-se espécies anuais. Estas áreas são bastante férteis e recebem pluviosidade elevada, o que confere elevado vigor às vinhas, sendo necessário intervenções em verde mais frequentes. Esse modo de exploração é bastante produtivo, originando uvas com características favoráveis à fabricação de vinhos verdes, que se caracterizam por baixo teor alcoólico e elevada acidez (Carbonneau, 2009; Magalhães, 2015; Panceri *et al.*, 2018).

Por outro lado, a Viticultura Grega refere-se à adaptação das vinhas a condições mais quentes e secas, caracterizando-se pela condução em forma baixa, principalmente em “Gobelet”, em torno de 30-50 cm de altura, com carga reduzida, poda curta e maior densidade de plantio. Nesse sistema de cultivo a produção por planta é pouca, o que eleva o teor de açúcar nos bagos, favorecendo o elevado teor alcoólico e acidez reduzida (Carbonneau, 2009; Magalhães, 2015).

Mundialmente, há várias formas de condução das vinhas, subdivididas em pequena, média e grande expressão vegetativa, cujas estão em constante modificação para melhor atender diversos fatores de cunho biológico, edafoclimático, socioeconômico e tecnológico (Magalhães, 2015). Ou seja, o sistema de condução interfere no controle do crescimento da copa e na exposição das folhas e cachos à radiação e ao vento.

Em Portugal, as formas de condução predominantes têm expressão vegetativa baixa sendo mais difundido o Cordão Royat (Figura 4A) e o Guyot (Figura 4B), respectivamente (Castro *et al.*, 2015). O Cordão Royat possui um tronco com um ou dois braços contendo vários talões, de 2 a 3 gomos distanciados de 15 a 18 cm, aplicado em castas com maior fertilidade dos gomos basais. Este sistema tem por vantagem possibilitar a mecanização da maioria das práticas culturais, porém, expõe muito os cachos o que aumenta as chances de ocorrer um escaldão (CVRVV, 2022).



Figura 4 - Sistema de poda em Cordão Royat unilateral (A) e Guyot simples (B).

Já o Guyot pode ser simples ou duplo, demandando de poda mista em que se tem vara de vinho que assegura a produção e o talão que originará a vara de vinho do ano seguinte. Esse tipo de poda está voltado à castas que possuem os gomos mais férteis a partir do segundo ou terceiro gomo, sendo os dois primeiros pouco férteis (CVRVV,

2022). Além do mais a poda em Guyot reduz o número de feridas de poda, consequentemente a probabilidade de infecções.

Ademais, na definição de formas de condução, visam-se vários objetivos, como um tronco mais alto podendo favorecer a redução da temperatura do ar na zona dos cachos, porém, em solos mais secos, pode dificultar a condução da água das raízes até às folhas, reduzindo a eficiência do uso de água e a produção de fotoassimilados (Bernardo *et al.*, 2018). Fachinello (2008) cita alguns fundamentos, baseados na hidráulica, da fisiologia dos vegetais, onde em um deles afirma que a circulação da seiva é mais intensa em ramos mais verticais.

Tendo em vista um cenário cada vez mais agravado do estresse estival é que busca-se sistemas de condução com área foliar reduzida, baixa demanda hídrica e forneça luz difusa aos cachos, preservando um teor satisfatório de açúcar nos frutos (Duchêne *et al.*, 2014).

2.4.3. Gestão da parede vegetativa

A parede vegetal, é a parte vegetativa acima do solo, podendo ser contínua ou descontínua, o que depende do espaçamento entre as plantas e da gestão dele. Quando contínuas, as paredes vegetativas podem ser mais densas, o que leva ao maior sombreamento foliar pela maior quantidade de folhas internas (Smart & Robinson, 1991). No contexto das alterações climáticas é de grande valia observar se a diminuição da área foliar através da poda ou outras intervenções reduzam o consumo de água da videira, visto que o estado hídrico da videira é muito dependente da área foliar (Abad *et al.*, 2019).

O manejo da parede vegetativa tem sido um desafio eficiente tanto para o progresso em ecofisiologia quanto para técnicas de cultivo (Carbonneau, 2009). Dentre estas técnicas, tem-se as intervenções em verde que consistem no desladrçamento, despampano, desfolha, desponte e orientação dos pâmpanos. Isso tudo vem a contribuir na gestão do microclima, melhoria na qualidade e rendimento de frutos devido ao equilíbrio na distribuição dos fotoassimilados entre a parte vegetativa e reprodutiva, além de diminuição de problemas fitossanitários e facilidade na mecanização (Magalhães, 2015; Smart & Robinson, 1991).

As folhas, quando expostas à temperaturas altas tendem a transpirar como forma de resfriamento (Malheiro *et al.*, 2011). A transpiração é um processo pela qual a água é

vaporizada dentro da superfície da folha e escapa através do estômato (poros) na parte inferior da folha, o que exige um gasto energético para passar a água da forma líquida para gasosa. Esse processo gera um acúmulo de humidade no interior das copas, mais acentuada em copas densas. Quanto mais aberta estiver a parede vegetativa, ocorre maior ventilação o que reduz a humidade no interior e essa redução acaba por ser benéfica evitando doenças fúngicas como o oídio (*Uncinula necator*) e podridão dos cachos (*Botrytis cinerea*) (Parker *et al.*, 2016; Poni *et al.*, 2016; Smart & Robinson, 1991).

A taxa de transpiração é diretamente ligada ao clima, sendo mais elevada sob sol, calor, vento e baixa humidade. Quando a videira está em estresse hídrico, não fornecendo água suficiente a demanda transpiracional, os estômatos se fecham parcial ou totalmente, o que acontece frequentemente no início da tarde, porém, ao anoitecer, pela diminuição na intensidade luminosa abrem-se e permanecem abertos durante a noite (García-Tejero & Durán Zuazo, 2018; Smart & Robinson, 1991).

As folhas externas da parede vegetativa sofrem mais estresse do que as interiores por estarem mais expostas a radiação solar, ventos e assim transpiram mais. Consequentemente, quando se tem uma parede vegetativa mais adensada, a perda de água por transpiração é menor do que quando se tem uma parede mais espaçada (Costa *et al.*, 2018; Smart & Robinson, 1991).

Além do mais, quando se têm dosséis adensados tem-se a diminuição dos níveis de açúcar, antocianinas e fenóis em vinhos tintos, diminuição do ácido tartárico, de monoterpenos, aumento do ácido málico e da incidência de podridão do cacho, além do aumento do potássio e pH do mosto e vinho, tendendo ao envelhecimento precoce (Cham, 2015; Parker *et al.*, 2016). Muitas vezes, dosséis adensados estão associados ao vigor, porém, isso pode ser alterado com os sistemas de condução.

A diminuição da parede vegetativa através do desponete pode atrasar o amadurecimento devido a mudanças na relação fonte-dreno, pois, diminui-se a fonte (folhas) mas os drenos (cachos) ainda estão presentes, havendo necessidade de mais tempo para produção de fotoassimilados para então completar as fases fenológicas que antecedem a vindima (Parker *et al.*, 2016). A prática do desponete, remove a dominância apical, que é um forte dreno, assim redistribui os fotoassimilados para outras partes das plantas em desenvolvimento (Coombe, 1995).

Ademais o vigor excessivo está ligado a fatores genéticos, desequilíbrios nutricionais e manejo. Logo, quando se tem um solo fértil e úmido atrelado a carga pequena de gomos deixados por planta no momento da poda, ou faz-se intervenções em verde muito severas, contribui para o vigor das plantas (Gouveia *et al.*, 2011). Sendo assim, para controlar o vigor da parte aérea pode-se empregar o uso de podas leves, técnicas de irrigação deficitária, manejo competitivo do coberto vegetal e adoção de porta-enxertos de baixo-médio vigor (Clingeffer, 2010).

No entanto, existem muitas vinhas que são cultivadas em condições de vigor e/ou sistema de condução inadequado o que normalmente reflete em rendimentos e qualidade muito inferiores ao seu potencial e isso pode ser simultaneamente melhorado quando tem-se conhecimento do solo, planta e ambiente em que se deseja implantar a vinha (Panceri *et al.*, 2018; Smart & Robinson, 1991). Portanto, é cada vez mais válido o conhecimento do ambiente de cultivo e da fisiologia das vinhas visto que, num futuro próximo, as alterações climáticas vêm a afetar o desenvolvimento da planta, sendo necessário buscar alternativas de manejo e condução de plantas que gerem menos estresse as mesmas (Carlos & Gonçalves, 2020).

2.4.4. Porta enxerto e castas

Atualmente, a escolha de castas para determinada região não depende só em atender as necessidades térmicas, mas também em racionalizar o uso de recursos naturais, principalmente a água (Neethling *et al.*, 2016). Desse modo é que se faz necessário o estudo a respeito do comportamento das castas em diferentes situações de estresses estivais, avaliando o desempenho sob regimes térmicos elevados e baixa pluviosidade (Palliotti *et al.*, 2014).

Logo, o grau de sensibilidade a seca e às altas temperaturas é medido pela sensibilidade estomática, algo que é controlado geneticamente. A espécie *Vitis vinifera* L. possui castas classificadas como anisohídricas ou “otimistas” que fazem o uso dos recursos hídricos, sem restrições, com controle estomático mais flexível. Porém, há também castas classificadas como isohídricas ou “pessimistas” que se adaptam de forma a utilizar os recursos moderadamente, mantendo o potencial hídrico foliar quase constante ao meio-dia, independentemente da disponibilidade hídrica do solo, através de adaptações morfológicas, como a densidade e comprimento de tricomas nas folhas que auxiliam na

diminuição da perda de água, folhas com coloração mais clara auxilia na reflexão da radiação o que mantem as temperaturas mais baixas além do aumento da espessura da cutícula e densidade estomática. (Palliotti *et al.*, 2014; Teixeira *et al.*, 2018). A densidade estomática influencia na gestão hídrica das plantas e quando em alta densidade condicionam ao maior controle das trocas gasosas foliares para evitar excessivas perdas de água e contribuem para maiores condutâncias estomáticas (Costa *et al.*, 2016).

Em contrapartida, castas mais vigorosas, com estrutura vegetativa mais abundante, tendem a exigir mais recursos hídricos uma vez que o seu metabolismo e transpiração são maiores. Por outro lado, castas com vigor moderado e paredes vegetativas menos desenvolvidas, possuem folhas mais grossas e orientadas de modo a diminuir a interceptação solar, com tricomas e estomas menores, em menor quantidade por área e com maior capacidade de acumular ácido abscísico (ABA), além de manter potenciais hídricos mais baixos e assim suportam períodos de seca prolongados (Dinis *et al.*, 2022; Fregoni, 2013; Gaudillère *et al.*, 2002).

A videira possui sistema radicular profundo e eficiente de modo a compensar as perdas por transpiração. Visto isso, a escolha do porta-enxerto é indispensável na contribuição dos atributos desejados à vinha, em que, nessa situação, porta-enxertos de médio e alto vigor, tais quais 110 Richter, 140 Ruggeri e 1103 Paulsen, induzem ao aumento de vigor das videiras o que condiciona amadurecimento prolongado dos frutos (Pauletto *et al.*, 2001). Portanto, além da qualidade de fruto, outros aspectos a serem observados antes de escolher o porta-enxerto são a capacidade de expansão radicular e tolerância a atributos químicos, como pH, calcário ativo, níveis de macro e micronutrientes no solo; físicos como a composição mineral, textura, capacidade de armazenar água, profundidade; e ainda deve-se atentar a microbiologia dos solos, principalmente na detecção de patógenos (Figueiredo, 2015; Magalhães, 2015).

Ao adaptar os vinhedos às condições de estresse hídrico por meio da adoção de porta-enxertos mais tolerantes à seca, tem-se uma prática ecologicamente correta sem aumento nos custos de produção (Neethling *et al.*, 2016).

2.4.4.1. Casta Touriga Franca

A casta Touriga Franca é autóctone portuguesa e possui grande expressão em nível nacional, ocupando área de 15.407 ha o que corresponde a 8% da área vitivinícola total

de Portugal (IVV, 2022b). É uma casta com aproximadamente 40 anos de origem e é originária de um suposto cruzamento natural de Marufo x Touriga Nacional (Faustino, 2011).

Esta casta é bastante predominante na RDD, devido sua produção ser regular e apresentar um bom potencial qualitativo, passando a ser expandida para o sul nas regiões da Bairrada, Ribatejo, Setúbal e Estremadura (Antunes *et al.*, 2011; Magalhães, 2015). Devido à característica considerada “preciosa” que é o baixo teor de sólidos solúveis no momento da vindima o que confere um vinho que menor teor alcóolico, esta casta tem sido cada vez mais implantada em Portugal.

Morfologicamente, ela possui folha adulta média, orbicular, trilobada, de coloração verde-escuro, rugosa, com dentes curtos e convexos e seio peciolar fechado, em “V”, seios laterais abertos em “V”. Os cachos são médio/grandes, compactos, cônico-alado com pedúnculo curto e resistentes ao calor. Os bagos são arredondados, médios, de cor negro-azul, película de espessura mediana e polpa incolor medianamente rija e pouco succulenta (Antunes *et al.*, 2011; Faustino, 2011; Magalhães, 2015). Estas características poderão ser observadas na Figura 5.



Figura 5 - Morfologia da casta Touriga Franca.

A duração do ciclo vegetativo é considerada média, com vigor médio/elevado, porte semi-ereto, entrenós médios, com índice de fertilidade baixo-médio com 1,5 a 1,7 inflorescências por gomo abrolhado, com menor sensibilidade ao desavinho e bagoinha. Apresenta relativamente baixa fertilidade nos gomos basais da vara. A produtividade se mostra uniforme, elevada e regular, podendo variar de 8 à 16 ton/ha, porém com produtividade acima de 10 ton/ha compromete-se a qualidade dos vinhos (Antunes *et al.*, 2011; Magalhães, 2015).

Em relação a doenças, é considerada casta robusta com certa sensibilidade à podridão cinzenta. Adapta-se bem aos sistemas de condução com produtividade satisfatória. Os solos muito férteis, profundos e úmidos devem ser evitados pois comprometem o grau alcoólico (Antunes *et al.*, 2011).

Do ponto de vista da enologia, os vinhos produzidos com esta variedade, são retintos, encorpados, com teor alcoólico médio e medianamente ácidos, com taninos e fruta bem equilibrados, de aroma intenso e toque floral evidente a rosas (Faustino, 2011). Considera-se esta casta como sendo uma das melhores para produção de vinho do Porto e do Douro, sendo para vinho porto integrada a lotes com Tinta Roriz e Touriga Nacional (Antunes *et al.*, 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização do ensaio

O ensaio ocorreu no ano de 2022 em vinha comercial, Quinta do Romeu em Mirandela, localizada na RDD (41°31'N; 7°5'W; 326m). O solo da área é franco-arenoso e o clima é seco com grandes amplitudes térmicas diárias e anuais. A vinha foi implantada em 2011, constituída pela casta Touriga Franca (TF) (*Vitis vinifera* L.), enxertada sobre o porta-enxerto 1103 Paulsen (1103P), tutorada em espaldeira. O compasso da vinha é de 2,20 metros entre linhas e 1,0 metro entre plantas, totalizando 4.545 plantas/ha.

O ensaio foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 3 repetições, totalizando 12 unidades experimentais, sendo que cada unidade experimental tem 5 plantas. Os tratamentos são dois diferentes tipos de poda, Guyot simples (G) e Cordão Royat unilateral (C) e duas alturas de parede vegetativa, sendo alto (A) com 1,10 m de altura (em média 13 nos) e baixo (B) com 0,80 m (em média 9 nos) (Figura 6). Para cada tipo de poda há 3 repetições para parede vegetativa alta e 3 para baixa, como representado no croqui a seguir (Figura 7).

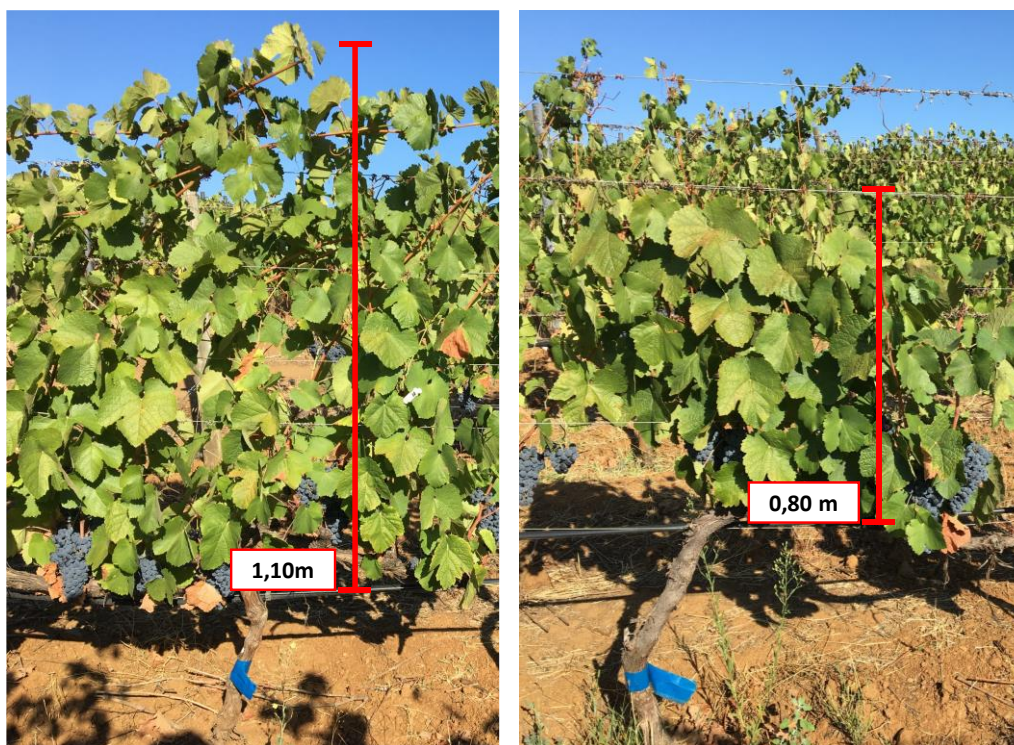


Figura 6 - Diferentes alturas de parede vegetativa.

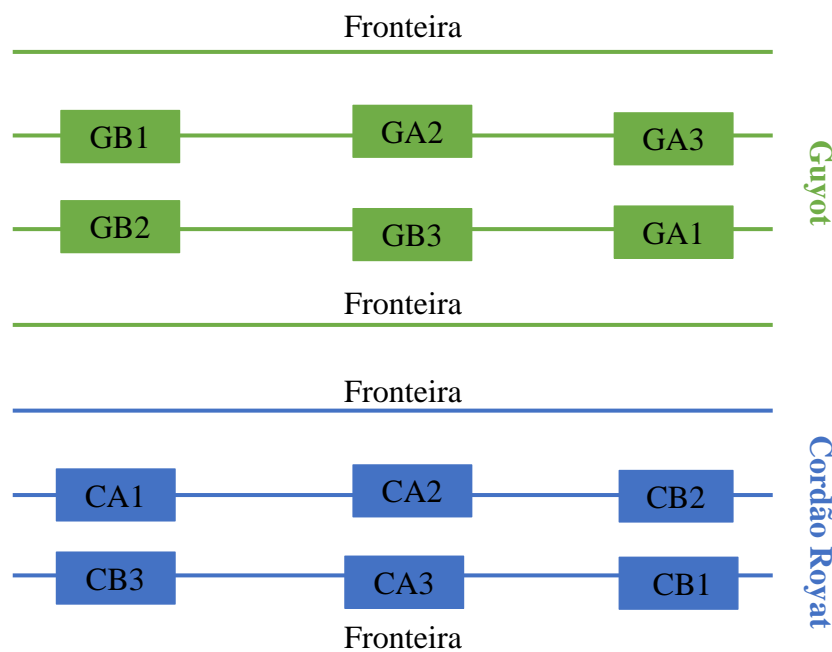


Figura 7 - Esquema representativo dos diferentes tratamentos em campo.

No momento da poda de inverno foi adequada a carga de 8 gomos por planta e durante o período vegetativo, com as intervenções em verde, buscou manter 8 pâmpanos por planta. Além do mais, foi feito desladrçamento e a orientação dos pâmpanos no bardo sempre que necessário. O desponte foi realizado em 24 de junho, 5 semanas após o início do florescimento, cujo estágio fenológico era de bagos de ervilha.

3.2. Índices bioclimáticos

Os índices bioclimáticos foram calculados através dos dados meteorológicos registrados na estação meteorológica presente na parcela de ensaio, tais como, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, velocidade e direção do vento e precipitação. Os dados estão sendo coletados desde 2015, e a partir destes foi possível calcular alguns índices bioclimáticos, tais quais:

Índice de Huglin (IH):

$$IH = \sum_{01/04}^{30/09} \left(\frac{(T - 10) + (T_{max} - 10)}{2} \right) \times d$$

Índice de Winkler (GDD):

$$\text{GDD} = \sum_{01/04}^{30/09} (T - 10)$$

Temperatura média no período vegetativo (GST):

$$\text{GST} = \sum_{01/04}^{30/09} \left(\frac{(T_{\text{max}} + T_{\text{min}})}{2} \right) \div n$$

Em que:

- T = Temperatura média diária;
- T_{max} = Temperatura máxima diária;
- T_{min} = Temperatura mínima diária;
- d = Coeficiente relacionado com o comprimento do dia (valor considerado de 1,02)
- n = quantia de dias que compreende entre 01/04 e 30/09

Estes índices são definidos para o período vegetativo da videira, que nas regiões temperadas do hemisfério norte é considerado de 1 de abril a 30 de setembro, utilizando 10 °C como temperatura base referente ao desenvolvimento da videira.

Além dos índices bioclimáticos, foi possível também calcular a evapotranspiração de referência (ET_o) seguindo a equação de FAO-Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998).

3.3. Fenologia

Nesse trabalho optou-se pela escala BBCH de Eichhorn e Lorenz, adaptada por Coombe (1995) para o registo da fenologia da videira, a qual é dividida em desenvolvimento do pânpano e da inflorescência, floração, desenvolvimento do bago, maturação e senescência. Para observar o comportamento fenológico, três plantas foram marcadas por unidade experimental, sendo estas avaliadas semanalmente até o fim da queda das folhas.

3.4. Rega

O sistema de rega presente é gota a gota com gotejadores autocompensantes de caudal de 2,7 L/h cuja era ligada em torno de 2 vezes por semana durante 4 ou 7 horas.

3.5. Medições fisiológicas

3.5.1. Potencial hídrico (Ψ_{pd})

O potencial hídrico de base foi medido antes do nascer do sol com o auxílio da câmara de pressão ou bomba de Scholander (modelo 1000, PMS, Instrument Company, Albany, USA). Para isso, foram destacadas 5 folhas integras por tratamento e então colocadas uma a uma na câmara pressurizada com gás nitrogênio comprimido até que a água saísse pela superfície destacada. Quando se observa a seiva na superfície do corte, cessa a pressurização e toma nota da pressão marcada no manômetro, cujo valor corresponde ao potencial hídrico do órgão. O potencial hídrico foi mensurado três vezes durante o ciclo da cultura.

3.5.2. Trocas gasosas

Foram mensuradas através do analisador de gases por infravermelho, designado IRGA (Infrared Gas Analyzer) (modelo LCA-4, Analytical Development Co., Hoddesdon, England), que possibilitou medir a condutância estomática ao vapor de água, a fotossíntese e a taxa de transpiração e com isso avaliar o estado fisiológico das plantas. Para isso utilizou-se 6 folhas adultas, inteiras, em bom estado sanitário e expostas à radiação por tratamento para realizar as medições de trocas gasosas. Esse mesmo processo foi realizado duas vezes durante o ciclo da cultura.

3.5.3. Índice SPAD

O índice SPAD é uma medida de conteúdo de clorofila e foi obtido por um analisador portátil (Model, SPAD-502 plus, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan). Esse índice foi mensurado duas vezes, no pintor e uma semana antes da vindima, onde foram feitas 6 leituras por tratamento, em folhas distintas, sempre optando por folhas adultas e integras.

3.5.4. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Este índice foi medido com o equipamento Fieldscout Cm 1000®NDVI, (Spectrum Technologies, Plainfield, Illinois, USA), uma única vez, na semana que antecede a vindima, sendo mensurado em 5 folhas por tratamento.

3.6. Parâmetros agronômicos

3.6.1. Caracterização da parede vegetativa

A caracterização da parede vegetativa é feita pela avaliação da porosidade do coberto, ou seja, pelo método Point Quadrat. Para execução desse método foi utilizada uma vareta metálica de 1 m de comprimento inserida perpendicularmente na zona de frutificação, de 20 em 20 cm num espaço de 2,20 m, anotando o que entrou em contato com a vareta, folhas e/ou cachos, além dos espaços vazios. A partir das anotações é possível saber a porosidade do coberto (PB), o número de camadas de folhas (NC), a porcentagem de folhas internas (PFI) e a porcentagem de cachos internos (PCI), possibilitando assim saber o estado de vigor das videiras, a capacidade fotossintética potencial da folhagem e da situação de iluminação dos cachos (Magalhães, 2015).

A partir dos dados obtidos foi possível determinar:

$$\text{Porosidade do coberto (PB, em \%)} = \left(\frac{\text{n}^\circ \text{ total de buracos}}{\text{n}^\circ \text{ total de inserções}} \right) \times 100$$

$$\text{N}^\circ \text{ de camadas de folhas (NC)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de folhas tocadas pela vara}}{\text{n}^\circ \text{ de inserções}}$$

$$\% \text{ Folhas interiores (PFI)} = \left(\frac{\text{n}^\circ \text{ total de folhas interiores}}{\text{n}^\circ \text{ contactos com folhas}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Cachos interiores (PCI)} = \left(\frac{\text{n}^\circ \text{ total de cachos interiores}}{\text{n}^\circ \text{ contactos com cachos}} \right) \times 100$$

3.6.2. Dimensões da parede vegetativa

Foram realizadas medições de altura e espessura da parede vegetativa em todos os blocos demarcados, sendo feitas 3 medições por bloco. As dimensões foram obtidas com o auxílio de uma fita métrica, e para cada medida de altura eram feitas 3 medições de

espessura, na parte inferior, média e superior da parede vegetativa, isso para parede vegetativa alta. Para blocos com parede vegetativa baixa, eram feitas 2 medições de espessura, inferior e média.

A partir dos dados coletados foi possível obter a Superfície Foliar Exposta (SFE), cuja mede a parte vegetativa exposta a radiação solar. As folhas presentes na superfície são as que mais contribuem para a fotossíntese, possuindo influência direta nos atributos de qualidade das uvas e qualidade dos vinhos. Esta componente foi obtida através da fórmula proposta por Smart e Robinson (1991):

$$SFE \left(\frac{m^2}{ha} \right) = (2 \times \text{altura da parede} + \text{largura média da parede}) \times \left(\frac{10000}{E} \right)$$

- E: espaçamento entre linha multiplicado pelo espaçamento entre plantas.

A fim de avaliar a área foliar exposta com a produção, calculou-se essa relação através da seguinte equação:

$$\frac{SFE}{\text{produção}} \left(\frac{m^2}{kg} \right) = SFE * \text{produção}$$

3.6.3. Componentes de produção

A vindima ocorreu em 10 de setembro de 2022, quando foram contabilizados o número de cachos por planta e mensurado o peso dos mesmos em cada tratamento. Após isso, foram retiradas amostras para análises físico-químicas em laboratório. A partir desses dados foi possível calcular os indicadores de produção.

Na poda de inverno, 23 de janeiro de 2023, foram contabilizados os sarmentos por planta e mensurada a peso da lenha de poda. Sabendo a produção por videira e o peso da lenha da poda foi possível saber o índice de Ravaz que é utilizado para verificar se há um equilíbrio entre vigor e produção, podendo assim auxiliar no planejamento da próxima poda (Smart & Robinson, 1991). Este índice é obtido pela seguinte razão:

$$\text{Índice de Ravaz} = \frac{\text{Produção (kg)}}{\text{Peso da lenha da poda (kg)}}$$

3.7. Avaliação da qualidade dos bagos e mostos

3.7.1. Características biométricas

As avaliações iniciaram no início do pintor e se estenderam semanalmente até a vindima, quando foi obtido o peso, com auxílio de uma balança analítica de precisão 0,0001 g (Model RADWAG, AS 220.R2, Poland) e o diâmetro longitudinal, com o paquímetro digital (Powerfix® Electronic Digital Caliper, Model: Z22855, Paget Trading Ltd, London, UK) de 10 bagos por repetição, o que totaliza 30 bagos por tratamento. Os bagos foram colhidos aleatoriamente nas plantas dentro dos blocos e armazenados em saco térmico até o laboratório.

3.7.2. Análises dos mostos

Os mostos foram analisados a partir do pintor, sendo coletados 10 bagos por repetição, e nestes foram mensurados o diâmetro, peso e sólidos solúveis (SST). A partir de 17 de agosto, passou-se a coletar 100 bagos por repetição pois outras determinações além das análises físicas e dos SST passaram a ser feitas como o pH, acidez titulável (AT) e diferentes parâmetros através da medição da absorbância, sendo essas análises repetidas semanalmente até a vindima.

Para determinação dos SST foi utilizado um refratômetro digital (HI 96,811 Digital Brix Refractometer, HannaInstruments®, Woonsocket, RI, USA), para pH o pHmetro (HANNA Edge HI2020-02; HANNA, Woonsocket, RI, USA) e a acidez titulável através de titulação com hidróxido de sódio (0,1N) e indicador azul de bromotimol. O azul de bromotimol é um ácido orgânico fraco que em meio ácido (abaixo de 6,0) apresenta cor amarela e em meio básico (acima de 7,6) a cor é azul, cujo intervalo de viragem é entre 6,0 e 7,6.

Sequencialmente, as medições de absorbância foram feitas com o espectrofotômetro (Model UV-3100PC, VWR, Darmstadt, Germany), em amostras centrifugadas a 5000 rpm por 5 minutos, sendo estas lidas em comprimento de onda 420, 520, 620 e 280 nm para determinação de parâmetros relacionados a cor. Para determinação da IC, T e IPT utilizou-se as seguintes equações:

$$IC = A_{420} + A_{520} + A_{620}$$

$$T = A420 + A520$$

$$IPT = (A280 * 6) * 100$$

Em que:

- A é absorvância;
- 100 é o fator de diluição.

3.8. Análise estatística

Para análise estatística dos dados foi utilizado o programa estatístico R CORE TEAM. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro Wilk, ao teste de homogeneidade de Bartlett. Atendido os pressupostos os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). As diferenças foram analisadas pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade de erro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Fenologia

A fenologia permite conhecer a interação entre a planta e as condições climáticas da região, fornecendo ao viticultor o estágio fenológico em que a maioria das vinhas se encontram o que possibilitará as tomadas de decisão quanto aos tratamentos fitossanitários, intervenções em verde e vindima (Pedro *et al.*, 1993). Esta variação da fenologia é decorrente da resposta do genótipo às condições do ambiente e do solo de cada região. Entretanto, a duração de um estágio fenológico é dependente principalmente do acúmulo térmico (Leão & Silva, 2004).

O registro da fenologia aconteceu semanalmente, do abrolhamento a vindima. Na Tabela 1, datas em que houve medições fisiológicas e/ou agronômicas e as principais fases fenológicas indicadas da escala utilizada, além da duração dos subperíodos e a duração do ciclo vegetativo da cultura no ano de 2022.

Tabela 1 - Fenologia da casta Touriga Franca no ano de 2022, seguindo a escala fenológica de Eichhorn e Lorenz (1984).

Data	Código	Subperíodos	Duração dos subperíodos (dias)
06/04/2022	3	Abrolhamento	-
28/04/2022	12	5 folhas separadas	22
19/05/2022	19	Início da floração	21
25/05/2022	23	Plena floração	6
01/06/2022	27	Frutificação	7
15/06/2022	31	Bago de ervilha	14
30/06/2022	32	Início do fecho dos cachos	15
19/07/2022	34	Início da maturação	19
03/08/2022	35	Pintor	15
17/08/2022	36	Brix intermédio	14
24/08/2022	37	Bagos não completamente maduros	7
30/08/2022	37	Bagos não completamente maduros	6
10/09/2022	38	Vindima	11

As alterações climáticas têm elevado a média das temperaturas durante o período vegetativo da cultura, fazendo com que a soma térmica seja maior o que acaba por encurtar as fases fenológicas, antecipando cada vez mais a data da vindima (Neethling *et al.*, 2016; Van Leeuwen *et al.*, 2019). O encurtamento das subfases faz com que a vindima coincida com temperaturas superiores, afetando a qualidade do mosto.

Ao analisar o boletim do ano vitícola de 2022 elaborado pela ADVID (2022) em relação a fenologia (média) das castas Touriga Francesa, Touriga Nacional e Tinta Roriz, observa-se que o abrolhamento ocorreu na terceira semana de março, a floração entre 12 e 26 de maio, o pintor entre 10 e 28 de julho e a vindima entre 22 de agosto e 29 de setembro. No trabalho de Silva (2018) com a casta Touriga Franca na RDD, a floração ocorreu dia 22 de maio, bago de ervilha em 16 de junho, pintor em 26 de julho e vindima em 04 de setembro. Barboza (2021), também com a casta Touriga Franca na RDD, observou abrolhamento em 10 de março, plena floração em 12 de maio e vindima em 02 de setembro. Contudo, as datas verificadas na evolução da fenologia no ensaio são próximas àquelas observadas nos trabalhos citados, com exceção ao abrolhamento referido em Barboza (2021), que ocorreu quase um mês antes mesmo o GST sendo de 21,96 °C.

4.2. Condições meteorológicas

O acompanhamento das condições meteorológicas por vários anos permite caracterizar o clima de dada sub-região, adequando o manejo a ser realizado nas vinhas, de modo a minimizar estresses abióticos severos. Desde 2015 são coletados dados na estação meteorológica presente no ensaio, sendo possível observar o comportamento, de vários componentes climáticos, tais quais, temperatura do ar, humidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação e radiação solar.

Ao analisar a Figura 8, pode-se perceber a evolução das temperaturas médias anuais e precipitação anual entre 2015 e 2022.

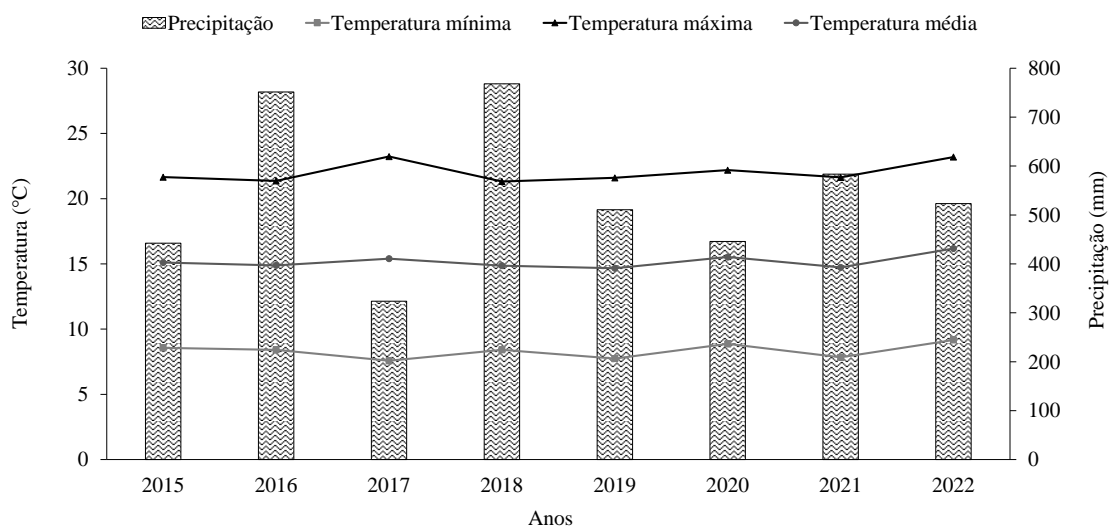


Figura 8 – Temperatura mínima, média e máxima anual e precipitação no período de 2015 a 2022 registada no campo experimental (Quinta do Romeu, Mirandela).

Percebe-se irregularidade da precipitação entre os anos, verificando que no ano de 2017 a precipitação foi bem inferior aos outros anos, em torno dos 350 mm, o que compreende quase a metade da média esperada para o Douro Superior, que seria de 600 mm, segundo Jones (2013), sendo o ano com maior amplitude térmica. Ainda, segundo (IVDP, 2022) a temperatura média da região é de 16,5 °C, o que se aproxima às médias obtidas no ensaio. Em 2017, também pode-se observar maior média na temperatura máxima, sendo um ano bem crítico às culturas. Entretanto, os anos de 2016 e 2018 se destacam pela maior precipitação. O ano de 2019 teve precipitações semelhantes à 2022, porém a temperatura média foi superior em 2022. Detalhes das variáveis meteorológicas ocorridas em 2022 são apresentadas na Figura 9.

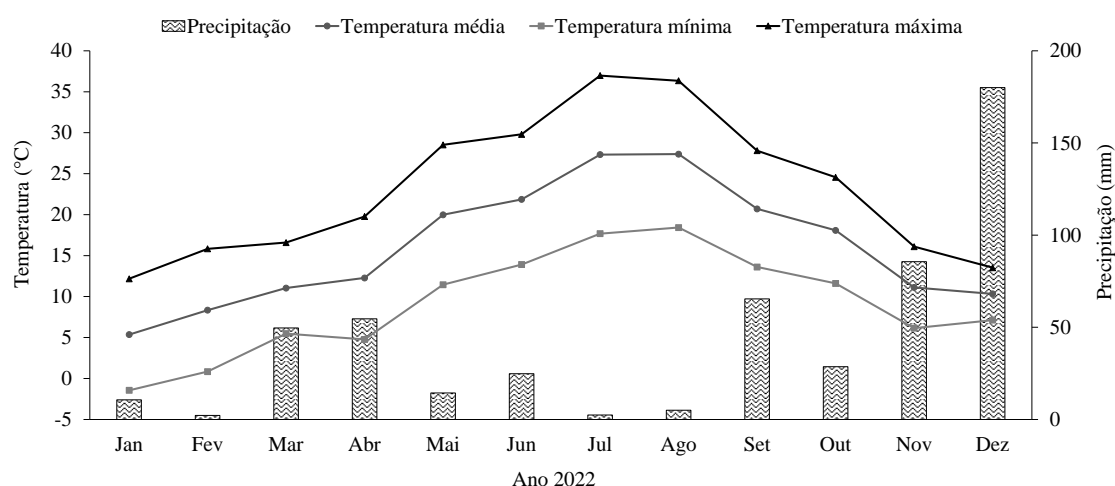


Figura 9 - Temperatura mínima, média e máxima mensal e precipitação mensal registrada no campo experimental (Quinta do Romeu, Mirandela).

O ano vitícola de 2021/2022 na RDD apresentou inverno com médias de temperaturas mais altas e baixa precipitação, além de primavera e verão anormalmente quente e secos (ADVID, 2022). Nas condições do ensaio, no ano de 2022, a precipitação total foi de 532 mm, mais concentrados em novembro e dezembro. O mês de janeiro apresentou temperaturas mínimas médias de $-1,4^{\circ}\text{C}$, enquanto os meses de julho e agosto foram os mais quentes apresentando temperaturas máximas médias de $37,0^{\circ}\text{C}$ e $36,3^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Damasceno (2020) observou maiores precipitações nos meses de abril e outubro e médias de temperaturas máximas mais elevadas em julho, próximo à 35°C .

Nas últimas décadas, a variabilidade climática vem sendo uma preocupação para agricultura, sendo verificada cada vez médias de temperaturas mais altas o que influencia fortemente na viticultura, em relação ao ciclo e características organolépticas dos vinhos, tornando-se um problema quanto ao rendimento e qualidade (Damasceno, 2020; A. Ribeiro, 2015).

4.2.1. Índices bioclimáticos

Os índices bioclimáticos auxiliam na caracterização térmica e hídrica das regiões a fim de auxiliar na escolha das castas mais adaptadas à região e ao tipo de vinho a ser produzido (IPMA, 2022). Alguns destes índices foram mensurados no ensaio, como o GDD que quantifica a duração térmica do período vegetativo (Neethling *et al.*, 2016). De acordo com a classificação de Amerine e Winkler (1944), as condições do ensaio se encaixam na Região III com 2114,31 $^{\circ}\text{C}$ unidades de GDD, sendo “favorável para alta

produção de vinhos de mesa padrão e de boa qualidade”. O IH refere-se à capacidade de maturação da região, cujo valor encontrado foi de 2936,37 o que classifica a região como sendo demasiadamente quente (Huglin & Schneider, 1998; Neethling *et al.*, 2016). Por fim, o GST cujo foi de 21,67 °C, podendo ser classificada como uma região muito quente (21 a 24 °C) (Hijmans *et al.*, 2005).

Segundo o modelo de simulação utilizado por Rocha *et al.* (2018), os índices IH, GDD e GST do ensaio, respectivamente, 2886, 2433 °C e 21,40 °C, já superam os índices projetados para longo prazo (2081-2100), exceto GDD. Isso é bastante preocupante visto que estamos há aproximadamente 60 anos desse futuro a longo prazo.

4.2.2. Evapotranspiração

As vinhas são bastante favorecidas, nos estádios fenológicos iniciais, com as reservas hídricas no solo formadas durante o inverno, sendo que nas condições do ensaio, o inverno foi bastante seco, com precipitação acumulada de apenas 88 mm. Durante o ciclo da cultura (06/04 a 10/09) a evapotranspiração cultural foi de 445 mm. A precipitação acumulada desde abril até a vindima foi de 108 mm, o que supre apenas 24,27% da ETc, sendo necessária a rega deficitária.

A RDD possui muita restrição hídrica, devendo esse recurso ser utilizado de forma moderada, através da rega deficitária que visa suprir parte da demanda hídrica da planta, objetivando equilibrar estruturas vegetativas e reprodutivas, otimizando o rendimento e qualidade. Para além da quantidade de água, deve-se atentar também ao momento em que deve ser aplicada, pois pode vir a contribuir numa melhor sanidade, controle do vigor, diminuição de gastos energéticos, consumo de água, riscos de contaminação ambiental e perdas de fertilizantes (Ribeiro, 2015; Ribeiro & Andrade, 2011).

Neste caso, a rega foi iniciada uma semana antes do início da floração e estendeu-se até 15 dias após o pintor, totalizando 146 mm. O fornecimento hídrico foi mantido em volume frequência durante o período regado. Sabendo a dotação e a evapotranspiração cultural semanal foi possível saber o quanto (%) a dotação compensou a evapotranspiração da cultura. Para melhor compreensão, agrupou-se os valores dessa relação em períodos entre a primeira rega até o pleno florescimento, do pleno florescimento até bago de ervilha e deste até a última rega o que resultou, respectivamente, na reposição de 68%, 53% e 41% da ETc. Entretanto, ao somar o

volume de água fornecido na rega com a precipitação nos respectivos períodos, a reposição da ETc foi de 108%, 77% e 44%.

A precipitação no inverno e início da primavera foi muito baixa, o que justificou o início prematura da rega. No primeiro período de rega a soma da rega e a precipitação supriu 108% da ETc. Do pleno florescimento até o bago de ervilha e deste até a última rega, percebe-se diminuição da compensação da ETc pela dotação e também pela soma da rega e precipitação pois houve um aumento da ETc e diminuição da precipitação. Isso deve-se principalmente aos aumentos de temperatura nesses intervalos.

Damasceno (2020) com o uso da rega objetivou compensar 0%, 25%, 50% e 75% da ETc e observou que o rendimento é significativamente menor em tratamentos não irrigados e com parede vegetativa maior em plantas de Touriga Nacional. Barboza (2021) testou os mesmos valores de ETc que Damasceno (2020), porém observou-se maior produtividade significativa com o tratamento de 75% da ETc e em sistema de poda Guyot. Shellie (2014) testou compensar, com a rega de 30, 70 e 90% da ETc em videiras Merlot, observando que a produção não diferiu significativamente em 70 e 90% da ETc e sim no tratamento 30%, o que evidencia o aumento da produtividade com o abastecimento hídrico até certo momento.

4.3. Medições fisiológicas

4.3.1. Potencial hídrico de base (Ψ_b)

As medições de potencial hídrico de base foram feitas em três campanhas que coincidem com início do fecho do cacho, pintor e na semana que antecede a vindima (Figura 10).

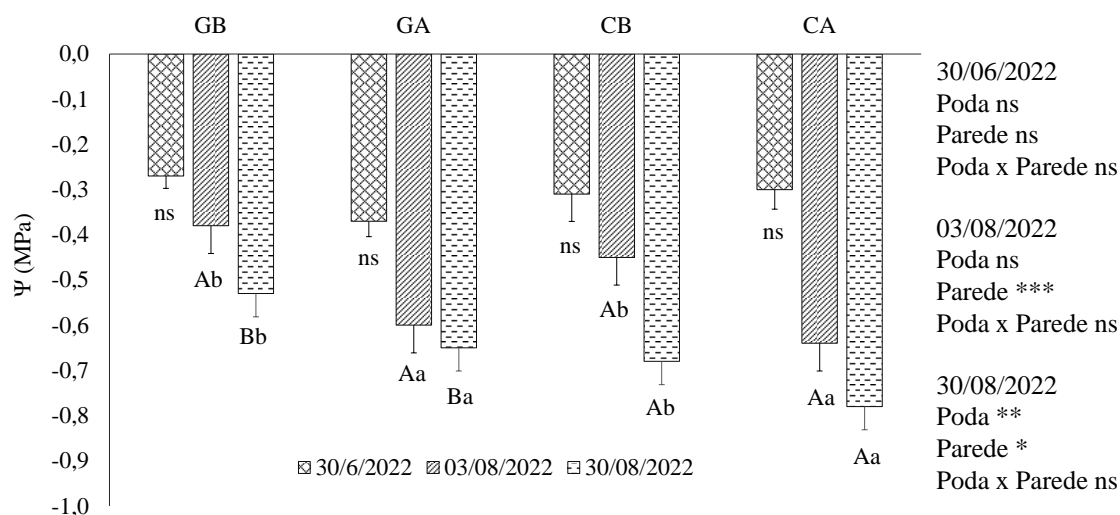


Figura 10 - Potencial hídrico de base sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa. Letra maiúscula na coluna representa a poda e a minúscula a parede. Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

Vários fatores interferem no potencial hídrico, como a incidência da radiação solar, temperatura, humidade relativa, vento, concentração de CO₂ na atmosfera e outros que envolvem o clima da região e as condições do solo em reter água (Roby & Matthews, 2008). Por sua vez, a abertura estomática e as trocas gasosas são dependentes da disponibilidade hídrica no solo, o que se faz necessário o acompanhamento e fornecimento, quando possível, de água para que não venha interferir na diminuição da taxa respiratória e fotossintética (Dinis *et al.*, 2022).

A fim de auxiliar na explicação temos a Figura 11 (Ojeda, 2007) que mostra o intervalo de potencial hídrico mais adequado para cada período fenológico da vinha.

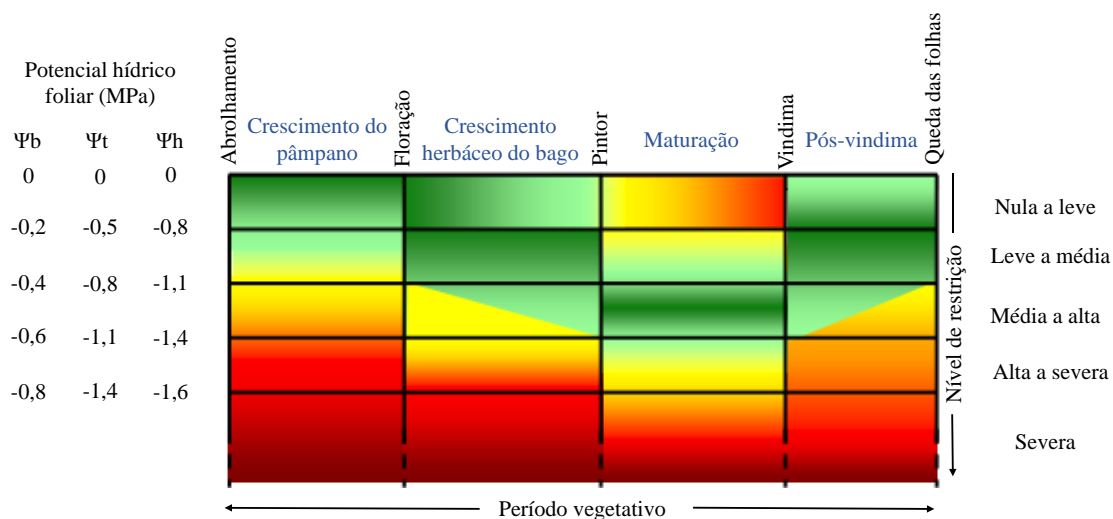


Figura 11 - Intervalos de potencial hídrico para alguns estagios fenológicos. Estado ótimo (zona verde), desfavorável (zona amarela) e crítico (zona vermelha) em relação ao crescimento vegetativo. Ψ_b : Potencial hídrico de base; Ψ_t : Potencial hídrico do ramo ao meio-dia; Ψ_h : Potencial hídrico da folha ao meio-dia solar (Adaptado de Ojeda (2007)).

A primeira medição coincide com o início do fecho dos cachos, sendo essa não significativa entre os tratamentos. Ao comparar a Figura 10 com a Figura 11, percebe-se que as plantas, nessa fase, estão na zona verde, ou seja, estão em conforto hídrico.

As diferenças de potencial hídrico entre tratamentos obtidas em 03/08 foram significativas para altura de parede, quando os tratamentos com parede vegetativa alta em ambas as podas, tiveram médias mais negativas. Essa data coincide com o pintor, sendo que para esse estágio considera-se confortável o potencial hídrico até -0,6 MPa (Ojeda, 2007). No entanto, percebe-se que o tratamento CA apresentou potencial hídrico próximo a -0,7 Mpa, enquanto plantas em GA apresentaram médias mais próximas ao conforto hídrico. Por outro lado, plantas com parede vegetativa baixa, em ambos os tipos de poda, mostraram-se em pleno conforto hídrico visto as exigências para o estágio.

No dia 30/08, semana que antecede a vindima, as diferenças entre os tipos de poda e alturas de parede vegetativa diferiram significativamente, porém não apresentaram interação significativa. Plantas em Cordão com parede vegetativa alta atingiram um potencial hídrico próximo de -0,9 MPa, o que é considerável crítico, pois a zona de conforto hídrico para esse estágio é em torno dos -0,6 MPa. Já plantas em Guyot com parede vegetativa alta tiveram o potencial hídrico mais próximo ao que se considera confortável. Barboza (2021) obteve resultados semelhantes com plantas podadas em Guyot em relação ao Cordão com Touriga Franca.

Contudo, nas três medições percebe-se que os tratamentos com parede vegetativa mais baixa estavam em melhor conforto hídrico nas respectivas fases fenológicas, isso pode ser visto também no trabalho de Damasceno (2020) com a casta Touriga Nacional. Isso pode ser explicado devido a menor área foliar a ser mantida com a mesma disponibilidade hídrica que plantas com parede vegetativa alta, ou seja, com maior área foliar (superfície transpirante) e consequente maior consumo de água.

Outrossim, Abad *et al.* (2019) observou na casta Tempranillo que o desponte severo condicionou a melhoria no estado hídrico das plantas em condições de temperatura mais elevadas e baixa disponibilidade hídrica relacionando isso aos diferentes mecanismos que compensam o uso da água. Ademais, a diminuição do potencial hídrico na planta devido ao stress hídrico é acentuada quando a condutância hidráulica limita o transporte da água do solo às folhas (Neves, 2020). Sendo assim, não basta oferecer a quantidade de água adequada para cada fase fenológica, é preciso fazer com que essa água chegue aos órgãos da planta.

4.3.2. Trocas gasosas

A mensuração das trocas gasosas indica o comportamento fisiológico das plantas diante às condições dos ambientes em que são expostas. Objetivando acompanhar a fisiologia das vinhas, realizou-se duas medições com o IRGA em 03/08 e 30/08, medindo a condutância estomática, fotossíntese, transpiração e eficiência do uso da água. Logo na Figura 12, pode-se observar a condutância estomática, cujas diferenças entre os diferentes tipos de poda e alturas de parede foram significativas, porém não houve interação significativa.

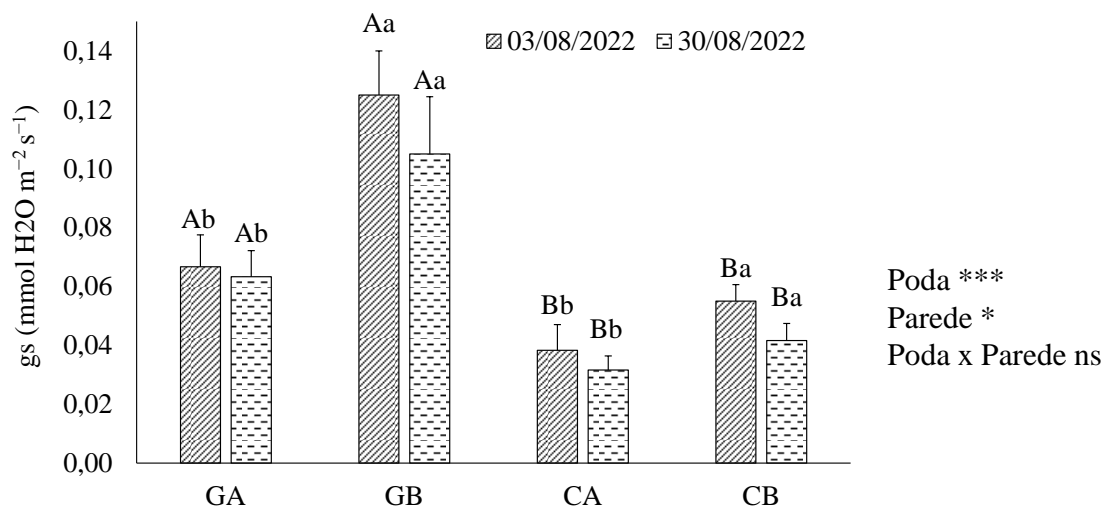


Figura 12 - Condutância estomática (g_s) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa. Letra maiúscula na coluna representa a poda e a minúscula a parede. Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

Em ambas as datas pode-se observar os mesmos comportamentos, cujas plantas em Guyot tiveram médias superiores ao Cordão e plantas com parede vegetativa baixa apresentaram médias superiores àquelas com parede alta. Moutinho-Pereira (2000) observou, em videiras da casta Touriga Nacional, maior condutância estomática, fotossíntese, transpiração, além de potencial hídrico de base menos negativo em plantas com parede vegetativa baixa. Isso pode ter relação com o fato das plantas em GB estarem melhor conforto hídrico, o que possibilitou maior condutância estomática. Em condições semiáridas, as vinhas podem sofrer estresse hídrico e térmico severo, o que pode diminuir as trocas gasosas devido às limitações estomáticas, principalmente em horas mais quentes, interferindo diretamente na atividade fotossintética. Além disso, o excesso de radiação dificulta a dissipação térmica o que acaba por aumentar a temperatura foliar dificultando também a assimilação de CO₂ (Dinis *et al.*, 2022). Segundo Flexas *et al.* (2002), o intervalo em que deve ser mantido a condutância estomática é $0,15 > g_s > 0,05$ mol H₂O.m⁻².s⁻¹ que corresponde a um estresse hídrico moderado ou médio, sendo justificável a rega quando os valores de g_s forem inferiores ao limite mínimo deste intervalo.

Consequentemente, Abad *et al.* (2019) afirmam que em desponte severo, as folhas remanescentes podem compensar a diminuição da área foliar pois tendem a aumentar as trocas gasosas. Esse aumento da eficiência foliar em folhas remanescentes refere-se a maior eficiência do uso da água e tolerância a fotoinibição devido ao aumento do teor de clorofila e ao retardo da senescência foliar (Palliotti *et al.*, 2014; Poni *et al.*, 2006).

Contudo, podemos observar comportamento semelhante da condução estomática com a fotossíntese (Figura 13) em ambas as campanhas, em que os diferentes tipos de poda apresentaram diferenças significativas, sendo que o Guyot se sobressaiu ao Cordão Royat. Nesse parâmetro não houve diferença significativa em relação à altura da parede vegetativa.

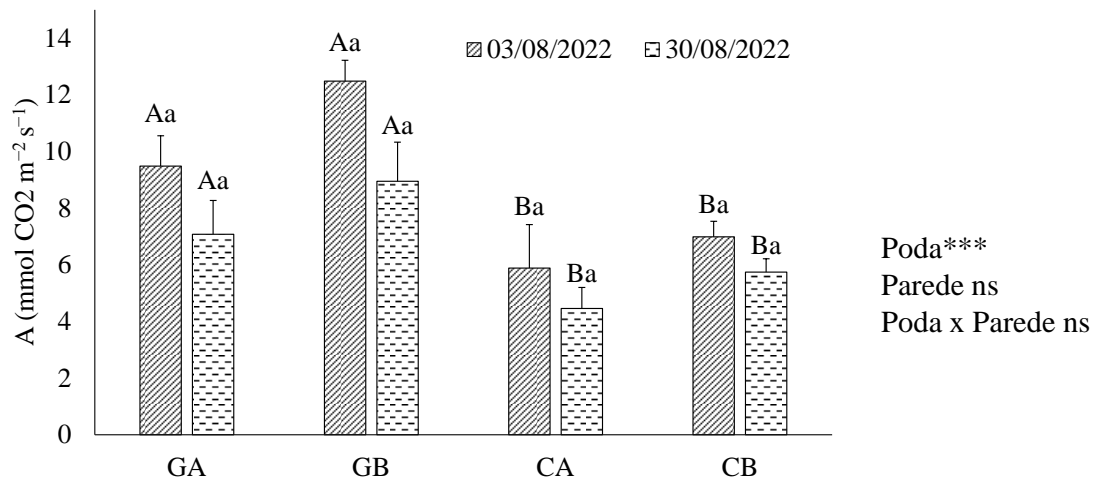


Figura 13 - Fotossíntese (A) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa. Letra maiúscula na coluna representa a poda e a minúscula a parede. Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

As maiores taxas fotossintéticas, ou seja, as maiores assimilações de CO₂ são observadas em plantas podadas em Guyot por estarem em melhor conforto hídrico (Figura 9). Isso pode ser devido a hidráulica que esse sistema condiciona, ou seja, o sistema em Guyot, devido à menor altura do tronco, apresenta menores impedimentos físicos na condução da água até as folhas, quando comparado com Cordão Royat (Magalhães, 2015). O Cordão Royat apresenta pontos onde há perdas de energia em relação a condutividade hidráulica, como os braços, podendo haver maior ou menor perda de acordo com o ângulo em que o mesmo é conduzido, além disso, nas podas anuais, ao

selecionar os ramos que servirão como talões para o próximo ciclo vegetativo, acabam por criar áreas de cicatrização, o que também auxilia na diminuição da condutividade.

Percebe-se ao analisar a Figura 14 que plantas podadas em Guyot e àquelas com parede vegetativa baixa apresentaram médias superiores para a transpiração, em que ambas variáveis foram significativas, porém não interagiram entre si nas duas campanhas.

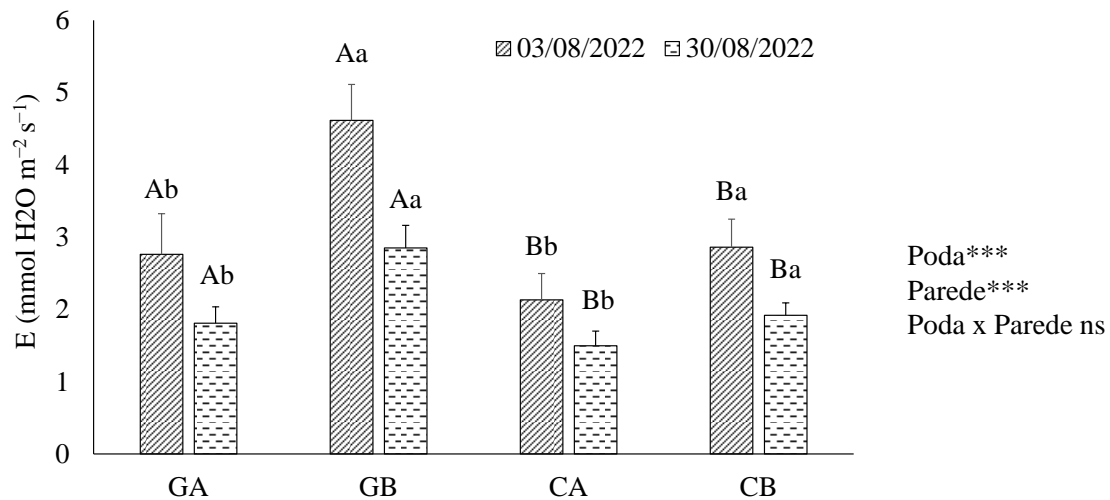


Figura 14 - Transpiração (E) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa. Letra maiúscula na coluna representa a poda e a minúscula a parede. Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

A transpiração permite a regulação da temperatura da planta e do teor de água nos tecidos (Neves, 2020). Os estomas são fundamentais para a regulação da transpiração das plantas, influenciando no transporte de água e nutrientes na planta e a perda de água para a atmosfera (Costa *et al.*, 2016, 2018). Essa regulação quando eficiente, auxilia na redução da perda excessiva de água e evita a cavitação (Neves, 2020).

No entanto, ao relacionar a fotossíntese com a transpiração (A/E), na Figura 15, obtemos a eficiência do uso da água.

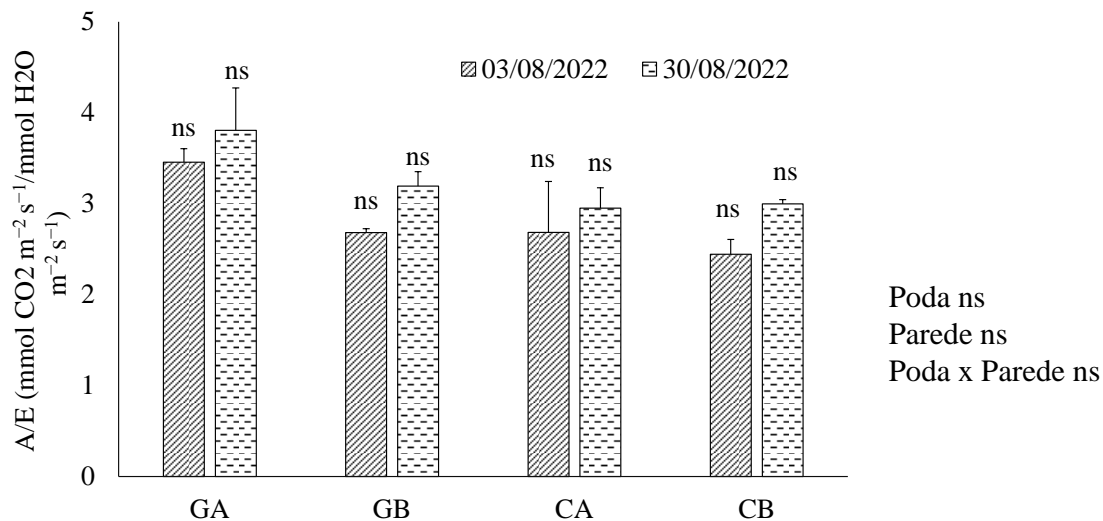


Figura 15 - Eficiência do uso da água (A/E) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa. Letra maiúscula na coluna representa a poda e a minúscula a parede. Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor < 0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p < 0,05).

Nesse caso, percebe-se maiores médias em GA e GB, porém não se distinguem significativamente de CA e CB em relação a eficiência do uso da água. Segundo Tatagiba *et al.* (2007), a eficiência do uso da água muda quando as condições para difusão de CO₂ ou da água são modificadas. Ou seja, quando os estômatos estão completamente abertos, a absorção de CO₂ é mais limitada pela resistência de transferência do que a perda de água por transpiração, sendo então a melhor relação entre absorção de CO₂ e perda de água quando os estômatos estão parcialmente fechados. Essa situação coincide com o início da deficiência hídrica, quando os dois processos de difusão são reduzidos e a relação A/E atinge valores maiores (Tatagiba *et al.*, 2007).

4.3.3. Índice SPAD

As clorofilas são os pigmentos responsáveis pela fotossíntese, ou seja, convertem energia luminosa em energia química. A quantidade de clorofila nas folhas está diretamente ligada à estresses da planta e a deficiências nutricionais, interferindo no rendimento e qualidade das uvas (Tecchio *et al.*, 2011). Para mensurar a concentração das clorofilas, de modo não destrutivo, utiliza-se o aparelho SPAD.

Foram feitas duas medições de SPAD e em ambas, os tratamentos não foram significativos e não interagiram significativamente, ou seja, a média de concentração de clorofilas foi semelhante em ambos os tratamentos, podendo ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Índice SPAD sob diferentes tipos de poda e alturas de parede vegetativa.

Data	Poda			Parede			Poda x Parede
	Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
03/08/2022	37,80	36,55	ns	37,87	36,48	ns	ns
30/08/2022	37,71	37,23	ns	38,01	36,93	ns	ns

Análise de variância (valor de p indicado). Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor <0,01, ***: p valor <0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

Abad *et al.* (2019) afirma que plantas que sofreram desponte severo, as folhas remanescentes têm maior concentração de clorofila, porém isso não foi observado no ensaio, podendo ser devido a altura em que o desponte foi feito. No trabalho de Barboza (2021), o Índice SPAD apresentou maiores médias em plantas podadas em Cordão quando comparadas com aquelas em Guyot. Porém, no trabalho de Damasceno (2020), a média de concentração de clorofilas entre os diferentes tratamentos não foram significativas, embora plantas com parede vegetativa baixa apresentarem médias superiores a aquelas com parede alta.

4.3.4. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

O NDVI é obtido por detecção remota através da combinação da luz absorvida na faixa do vermelho visível (R= 0,630 a 0,680 nm) e refletida na faixa do infravermelho próximo (NIR=0,845 a 0,865 nm) através da seguinte equação: $NIR-R/NIR+R$. Os valores de NDVI encontram-se entre -1 e 1, sendo que valores mais próximos a 1 representam maior expressão vegetativa (Carlson & Ripley, 1997). O valor obtido pela diferença permite avaliar o vigor vegetativo e a sanidade das plantas, através da refletividade das folhas (Pithan *et al.*, 2015). Espera-se que os valores de NDVI diminuam com a senescência foliar, porém como foi realizada apenas uma medição (Tabela 3) não é possível verificar tal comportamento, além do mais os as médias dos tratamentos não distinguem significativamente entre si.

Tabela 3 - NDVI sob diferentes tipos de poda e alturas de parede vegetativa.

Data	Poda			Parede			Poda x Parede
	Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
30/08/2022	0,79	0,78	ns	0,79	0,77	ns	ns

Análise de variância (valor de p indicado). Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

Atualmente, o NDVI é uma ferramenta muito utilizada na viticultura de precisão pois indica o verde da vegetação, podendo ser relacionado com indicadores de vigor e sanidade das plantas (Magarreiro *et al.*, 2019). Neste sentido, Neves (2020) encontrou valores para Touriga Franca de 0,320 na região do Alentejo em Portugal. Pinto (2015) em seu trabalho com Touriga Nacional no Alentejo, obteve dois valores de NDVI sendo 0,395 e 0,556. Barboza (2021) em estudo com Touriga Franca na RDD, obteve valores de 0,84 para plantas podadas em Cordão e 0,85 para aquelas em Guyot. Damasceno (2020), obteve valores que variam entre 0,80 e 0,85 para casta Touriga Nacional na RDD. A partir destes dados, percebe-se a distinção de valores entre as regiões. Contudo, os trabalhos referenciados da RDD apresentam valores mais próximos a 1 o que remete a plantas saudáveis visto as condições de clima mediterrânico que se encontram.

4.4. Parâmetros agronômicos

4.4.1. Estrutura da parede vegetativa

A técnica do Point Quadrat é usada para caracterizar a parede vegetativa de modo a acompanhar o desenvolvimento e comportamento vegetativo, pois uma parede vegetativa muito sombreada tende a diminuir a fertilidade dos gomos, retardar o crescimento e amadurecimento dos bagos, reduzir o desenvolvimento da cor e contribuir ao aparecimento de doenças fúngicas (Smart & Robinson, 1991). O Point Quadrat foi medido em três datas, sendo então possível obter os seguintes indicadores representados na Tabela 4. Esse método foi desenvolvido por Smart & Robinson (1991), de modo a relacionar o grau de porosidade com as condições microclimáticas que condicionam o equilíbrio entre superfície foliar exposta e volume de produção, de modo a adequá-la à uma boa maturação dos frutos (Abad *et al.*, 2019; Magalhães, 2015; Parker *et al.*, 2016).

Tabela 4 - Caracterização da parede vegetativa (Point Quadrat) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa, a partir dos indicadores: número de camadas de folhas (NCF), percentagem de folhas internas (PFI), percentagem de cachos internos (PCI) e percentagem de buracos (PB).

Data		Poda			Parede			Poda x Parede
		Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
07/07/2022	NCF	1,10	1,20	ns	1,18	1,11	ns	ns
	PFI (%)	11,54	15,08	ns	12,77	13,85	ns	ns
	PCI (%)	22,22	26,52	ns	21,11	26,67	ns	ns
	PB (%)	31,95	29,17	ns	27,28	28,34	ns	ns
27/07/2022	NCF	1,06	1,27	ns	1,25	1,07	ns	ns
	PFI (%)	20,83	23,11	ns	22,24	21,71	ns	ns
	PCI (%)	29,17	31,95	ns	27,78	33,34	ns	ns
	PB (%)	31,95	26,39	ns	29,17	29,17	ns	ns
30/08/2022	NCF	0,70	0,86	ns	0,83	0,72	ns	ns
	PFI (%)	14,34	14,46	ns	15,48	13,32	ns	ns
	PCI (%)	28,33	30,78	ns	24,44	30,67	ns	ns
	PB (%)	33,34	33,34	ns	33,34	33,34	ns	ns

Análise de variância (valor de p indicado). Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

Para todas as variáveis analisadas no Point Quadrat, nenhuma foi significativa. De acordo com o terceiro manual elaborado por Australian Wine Research Institute (2001), os valores ótimos para esses parâmetros são de 1 a 1,5 para NCF, entre 20 e 40 % para PB, menor que 10% para PFI e menor que 40% para PCI.

Ao analisar NCF e PFI percebe-se que as médias foram maiores em plantas em Guyot e com parede vegetativa alta. Acredita-se que as netas não tenham desenvolvido em plantas com desponte mais severo devido a altura em que aconteceu a intervenção, ou seja, após a floração quando o crescimento vegetativo já é mais limitado. Em Damasceno (2020), plantas com parede vegetativa baixa apresentaram médias superiores em NFC quando comparado às plantas com parede vegetativa alta.

Contudo, em todos os tratamentos, percebe-se que as plantas se mantiveram dentro do limite ótimo estabelecido pelo manual para NFC até na segunda medição, sendo

que na medição de 30/08 essa média cai, e na mesma proporção a PB aumenta o que se deve ao escaudo e a senescência das folhas. Pode-se ainda observar um maior PB em plantas Cordão. Nas duas últimas medições o PCI foi maior em plantas podadas em Guyot, embora não significativas, o que é de se esperar pois nesse sistema de poda os cachos tendem a estar mais presentes no interior da parede, mais protegidos da radiação solar.

Entretanto, há várias técnicas de manejo que podem ser usadas para melhorar a densidade da parede vegetativa, incluindo sistemas de poda, intervenções em verde, porta-enxertos e a rega (Smart & Robinson, 1991). Nas condições de estresse estival, o cacho tende a se beneficiar da cobertura foliar no verão para prevenir ou minimizar as queimaduras solares, de modo a proteger os pigmentos de castas tintas e diminuir a degradação do ácido málico em castas brancas. Ou seja, condicionar um microclima contendo principalmente luz difusa, o que pode ser alcançado com podas mínimas (Palliotti *et al.*, 2014; Poni *et al.*, 2016).

4.4.2. Componentes de produção

Os componentes de produção, são influenciados pelo manejo da parede vegetativa. Na Tabela 5 estão representados alguns componentes de produção.

As médias para cachos/videira e produção/videira foram significativamente maiores no tratamento Guyot e parede vegetativa alta, o que se traduziu em um acréscimo de 28,74% e 32,92%, respectivamente, na produtividade por hectare quando comparado a plantas em Cordão e parede vegetativa baixa. A maior produção e o número de cacho por videira em GA foram suportados pelo melhor desenvolvimento do lenho o que resultou em maior peso de poda.

Caccavello *et al.*, 2017, ao testar dois diferentes despontes na casta Aglianico, observaram maior produção/ha e superfície foliar exposta/produção no tratamento com desponte acima do 15° nó, quando comparado com plantas despontadas no 7° nó. Domingos (2022) estimou uma produção/ha de 10,4 ton em plantas podadas em Guyot e 9,35 ton em Cordão Royat para casta Trincadeira-Preta. Kyraleou *et al.* (2015) obtiveram resultados contrários, em que o sistema de poda em Cordão resultou em maior produtividade/ha que o Guyot para casta Xinomavro.

Como observado, o peso dos bagos não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, porém o volume do bago foi significativo, apresentando bagos maiores no tratamento CA. No trabalho de Domingos (2022) o sistema de poda Guyot apresentou maior peso de bago (2,146g) que o Cordão Royat (1,845g).

Tabela 5 - Componentes de produção: número de cachos por videira, produção, produtividade, peso do bago, dimensões do bago, número de varas por videira, peso da lenha da poda, superfície foliar exposta (SFE) e superfície foliar exposta por produtividade (SFE/P).

Data	Poda			Parede			Poda x Parede
	Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
Nº cachos por videira	6,06 b	7,87 a	**	7,87 a	6,16 b	*	ns
Produção (kg/videira)	1,34 b	1,72 a	*	1,75 a	1,38 b	*	ns
Produtividade (ton/ha)	6,08 b	7,83 a	*	7,96 a	5,90 b	*	ns
Peso do bago (g)	1,54	1,54	ns	1,52	1,56	ns	ns
Dimensão do bago (mm ³)	1.465 a	1.221 b	***	1435 a	1.251 b	**	***
Nº varas por videira	7,86 a	7,00 b	*	7,60	7,27	ns	*
Peso lenha da poda (kg)	0,31 b	0,64 a	***	0,51 a	0,31 b	*	ns
SFE (m ² /ha)	12.606 a	12.031 b	***	14.419 a	10.219 b	***	ns
SFE/P (m ² /kg)	2,13	1,63	ns	1,94	1,83	ns	ns

Análise de variância (valor de p indicado). Dados da variável “Volume do bago (mm)” foram submetidos a transformação matemática de Box-Cox. Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

A maior superfície foliar exposta foi em CA, porém não se refletiu em maior condutância estomática, transpiração e fotossíntese, este fator pode ser observado nas figuras 12, 13 e 14 e não influenciou nos indicadores de produção. Kyraleou *et al.*, (2015) também observaram maior área foliar em Cordão Royat do que em Guyot. Mendonça *et al.* (2016) obtiveram maior vigor vegetativo, fertilidade dos gomos, número de cachos e produtividade/videira no sistema Cordão Royat em relação ao sistema Guyot.

Para a variável SFE/P não foi observado diferenças significativas, portanto pode-se observar que plantas em Cordão tiveram maior valor em relação ao Guyot, porém não se refletiu em maior produção por planta. Para Smart & Robinson (1991), essa relação deverá ser de 0,7-1,0 m²/kg. Além disso, Bombín (2010) estima que para produzir 1 kg de uva é necessário 1 m² área foliar. Ou seja, nas condições do ensaio a área foliar para produzir 1 kg de uva é superior ao estimado pelos autores referenciados nesse paragrafo e isso pode ser devido ao estresse abiótico severo em que as vinhas da RDD são expostas. Esse estresse, entre outros efeitos, leva à diminuição da condutância estomática e degradação das clorofilas, diminuindo assim absorção líquida de CO₂ e a eficiência fotossintética da área foliar exposta, sendo então necessária maior área para compensar a demanda por assimilados que o período reprodutivo necessita.

No que concerne ao índice de Ravaz (Figura 16), o qual é uma razão entre peso de cachos e peso de poda e segundo Smart&Robinson (1991) esse valor deve manter-se entre 5 e 10, cujos valores abaixo de 5 indicam baixa produção e excesso de vigor e índices acima de 10 traduzem em plantas pouco vigorosas e com muita produção, necessitando menos gemas na próxima produção. O peso do lenho da poda e produção por área foi maior em plantas em GA, porém as plantas podadas em Guyot apresentaram um índice inferior ao intervalo considerado “equilíbrio”, ou seja, a carga de poda deixada poderá ser maior para o ano seguinte. Enquanto as plantas em Cordão estão equilibradas em relação a produção e vigor.

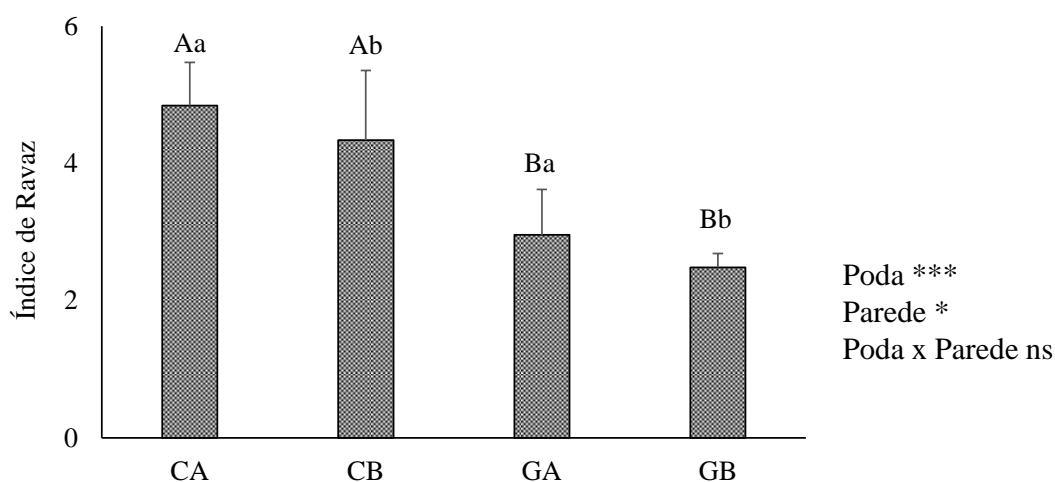


Figura 16 - Índice de Ravaz sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa. Letra maiúscula na coluna representa a poda e a minúscula a parede. Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

4.5. Acompanhamento da maturação

O acompanhamento da maturação é uma prática importante a fim de auxiliar na determinação da data da vindima. Geralmente, esse acompanhamento inicia-se no pintor e é feito semanalmente até a vindima, de modo a observar a evolução dos parâmetros físico-químicos dos bagos (Magalhães, 2015).

4.5.1. Características biométricas dos bagos

A biometria dos bagos consiste em mensurar indicadores físicos como o peso e diâmetro dos bagos. Os bagos ao se desenvolverem, aumentam de tamanho e peso devido principalmente ao acúmulo de água, sendo assim, o acompanhamento semanal possibilita relacionar a disponibilidade hídrica com o desenvolvimento dos mesmos.

Na Figura 17 e 18 pode-se acompanhar, respectivamente, a evolução do diâmetro equatorial e peso dos bagos, do pintor a vindima, onde percebe-se a mesma tendência de desenvolvimento entre os tratamentos não apresentando distinção significativa, corroborando com o estudo de Damasceno (2020).

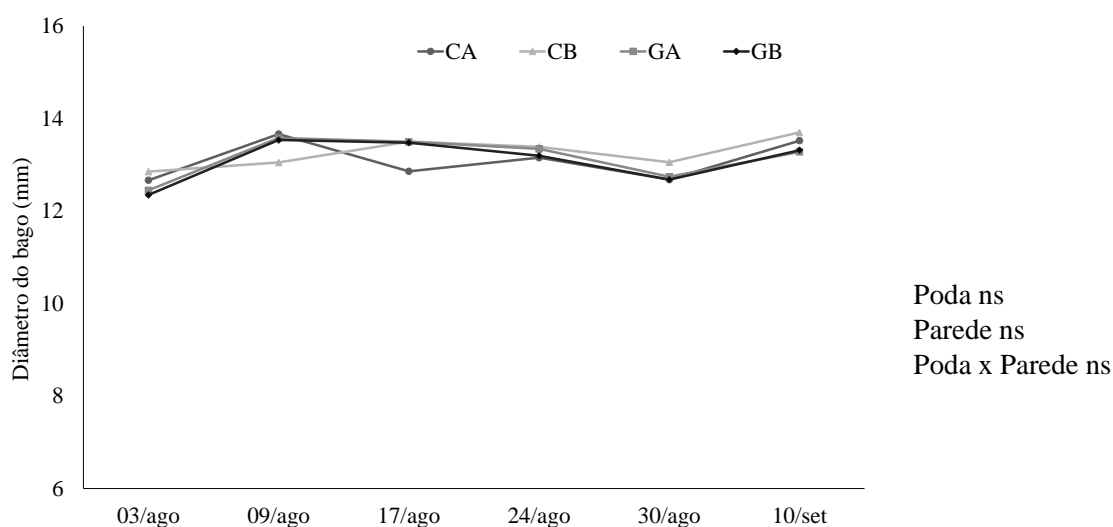


Figura 17 - Evolução do diâmetro equatorial dos bagos sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa. ns não significativo pela análise de variância ($p < 0,05$).

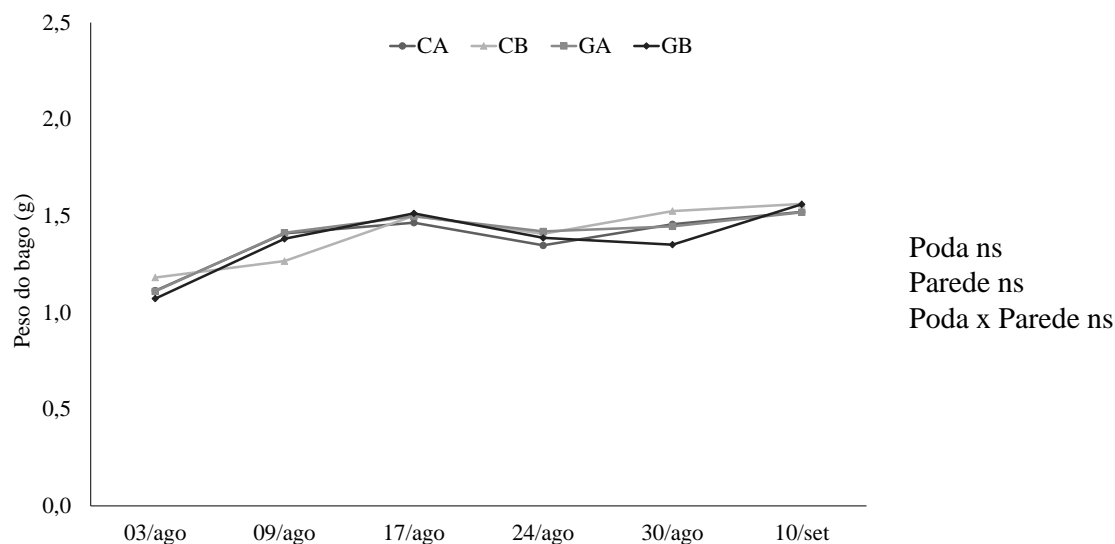


Figura 18 - Evolução do peso dos bagos sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa. ns não significativo pela análise de variância ($p < 0,05$).

A partir do pintor a videira diminui o crescimento vegetativo e então o bago começa a pintar. Nessa fase o bago cessa o crescimento por multiplicação celular e aumenta de volume devido a dilatação das células através do acúmulo de água e solutos, perdendo o aspecto herbáceo, tornando-se “elástica” (Magalhães, 2015).

4.5.2. Composição dos mostos

A composição do mosto se altera ao longo da maturação e geralmente há redução da acidez e aumento sólidos solúveis. Os sólidos solúveis medidos em °Brix traduzem-se no teor alcoólico do vinho, devido a transformação dos açúcares em etanol durante a fermentação alcoólica (Magalhães, 2015). Marques (2020) observou maior SST e consequentemente teor de álcool provável em plantas podadas em Cordão para casta Antão Vaz.

Na Tabela 6, é possível acompanhar o acúmulo de açúcares no bago, em que se percebe que apenas os sistemas de poda diferiram significativamente, sendo o Cordão apresentando médias superiores. Além disso, em 09/08, 24/08, 30/08 e 10/09 os tratamentos apresentaram interação significativa, embora as alturas de parede não sejam significativas.

Tabela 6 - Evolução do acúmulo de Sólidos Solúveis Totais (SST - °Brix) no mosto sob o efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.

Data	Poda			Parede		Poda x Parede	
	Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
03/08/2022	14,97 a	14,36 b	*	14,80	14,53	ns	ns
09/08/2022	15,65 a	15,25 b	*	15,45	15,35	ns	**
17/08/2022	16,15 a	15,72 b	**	16,08	15,79	ns	ns
24/08/2022	18,10 a	17,4 b	*	17,80	17,70	ns	*
30/08/2022	18,40 a	17,75 b	***	18,05	18,10	ns	***
10/09/2022	18,45 a	17,90 b	***	18,10	18,25	ns	***

Análise de variância (valor de p indicado). Todos os dados foram submetidos a transformação de Box-Cox. Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

O maior acúmulo de SST em plantas podadas em Cordão pode estar relacionado com o menor número de cachos por planta como pode ser visto na Tabela 5, o que favorece um maior acúmulo dos fotoassimilados entre eles os açúcares. Gil e Pszczólkowski (2007) afirmam esse fenômeno em seu trabalho, cujos frutos quando em maior quantidade, competem entre si, afetando na redução no crescimento dos mesmos e retardando a maturação, podendo até inibir a diferenciação floral para o próximo ano. Entretanto, Panceri *et al.* (2018) não observaram diferenças significativas em SST em plantas da casta Chardonnay podadas em Cordão e em Guyot. Bubola *et al.* (2022) observaram que plantas com parede vegetativa reduzida retardou o amadurecimento dos bagos, retardando o acúmulo sólidos solúveis.

Portanto, o aumento do teor alcoólico nos vinhos vem sendo um problema em consequência das alterações climáticas, cujas as altas temperaturas induzem maturação mais intensa e com maior concentração de açúcares (Santos, 2018). Na Austrália, segundo Godden e Muhlack (2010) entre 1984 e 2000 o teor alcoólico aumentou de 12,4% para 14,7% em tintos e de 12,4% para 13,2% em brancos. Escudier (2009) observou aumento de 11,2% para 12,9% entre 1984 e 2006 na França. Visto isso, vem se adotando práticas vitícolas como aquelas mencionadas na Figura 4, como a utilização de estirpes de leveduras com menor eficiência na produção de álcool, além de outras práticas

enológicas. Contudo, a partir do pintor há diminuição dos ácidos, o que pode ser observado na Tabela 7, em simultâneo há o acúmulo de açúcares.

Tabela 7 - Evolução da Acidez Total (g/L Ác. Tartárico) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.

Data	Poda			Parede			Poda x Parede
	Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
17/08/2022	3,28	3,04	ns	3,19	3,13	ns	ns
24/08/2022	2,95	2,92	ns	2,85	3,02	ns	ns
30/08/2022	3,39	3,14	ns	3,31	3,23	ns	ns
10/09/2022	2,90	2,87	ns	2,89	2,88	ns	ns

Análise de variância (valor de p indicado). Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

Em todas as datas em que foi quantificada a acidez não se verificou diferenças significativas entre os tratamentos, embora perceba-se uma maior média em plantas podadas em Cordão e com parede vegetativa alta. Barboza (2021) observou também maiores média no sistema de poda em Cordão também não diferindo significativamente do Guyot. Marques (2020) em seu estudo observou maior acidez em uvas produzidas em poda em Guyot em relação a poda em Cordão para casta Touriga Nacional na região de Reguengos de Monsarez.

No decorrer da maturação, conforme a acidez diminui, o pH aumenta podendo ser verificado isso na Tabela 8.

Tabela 8 - Evolução do pH sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.

Data	Poda			Parede			Poda x Parede
	Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
17/08/2022	3,89	3,84	ns	3,88	3,85	ns	ns
24/08/2022	3,95 a	3,86 b	*	3,92	3,88	ns	ns
30/08/2022	3,92	3,87	ns	3,90	3,89	ns	ns
10/09/2022	4,05 a	3,90 b	***	4,00 a	3,95 b	*	ns

Análise de variância (valor de p indicado). Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

No dia 24/08 apenas os sistemas de poda apresentaram diferenças significativas quando o Cordão apresentou maiores valores de pH. Logo em 10/09, na vindima, as plantas em Cordão e com parede vegetativa alta se sobressaíram aos demais tratamentos. O mesmo pode ser observado no trabalho de Barboza (2021) com a casta Touriga Franca em sistema de poda em Cordão. Parker *et al.* (2016) observaram aumento no pH e acidez titulável e diminuição de sólidos solúveis em plantas de Pinot Noir com parede vegetativa a 30 cm e 60 cm quando comparado com a testemunha (parede vegetativa de 1 m), enquanto Caccavello *et al.* (2017) não observaram diferenças significativas entre diferentes alturas de desponete para casta Aglianico.

O valor de pH do mosto influencia diretamente na estabilidade das antocianinas e na cor (Heredia *et al.*, 1998), além disso interfere nos processos de vinificação, tais como na fermentação, clarificação, estabilização e engarrafamento além da estabilidade microbiológica e dos componentes físico-químicos do mosto, que indica quais os tratamentos enológicos a serem realizados de tal modo a aumentar a conservação dos vinhos (Lima *et al.*, 2014; Tomaz, 2013).

Outrossim os compostos fenólicos também conhecidos como polifenóis são sintetizados pelas partes herbáceas ao longo do ciclo da cultura e estocados principalmente nos bagos. Na Tabela 9 pode-se acompanhar a evolução do índice de polifenóis totais (IPT). Somente as medições feitas dia 24/08 e 10/09 apresentaram diferenças significativas, sendo os tratamentos Cordão e parede vegetativa alta se sobressaíram aos demais. Em 24/08 observou-se interação significativa entre os tratamentos.

Tabela 9 - Evolução do IPT sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.

Data	Poda			Parede		Poda x Parede	
	Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
17/08/2022	44,53	45,30	ns	46,01	43,80	ns	ns
24/08/2022	55,45 a	49,85 b	**	52,75 a	52,55 b	*	*
30/08/2022	53,20	53,00	ns	54,80	51,40	ns	ns
10/09/2022	61,40 a	50,85 b	***	60,45 a	51,80 b	***	ns

Análise de variância (valor de p indicado). Todos os dados foram submetidos a transformação de Box-Cox. Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

Segundo Ribéreau-Gayon *et al.* (2006), a concentração fenólica pode variar entre 6 e 120. Os polifenóis remetem às antocianinas, taninos e flavanóis que influenciam na cor, adstringência e nos aromas que o vinho terá (Guerra, 2012). Acerca disto, Panceri *et al.* (2018) observaram maiores médias no sistema de poda em Guyot em relação a concentração de polifenóis totais quando comparado com Cordão para casta Chardonnay. No trabalho de Marques (2020), o IPT não foi significativo para casta Touriga Nacional nos diferentes tipos de poda (poda Guyot e Cordão), porém foi significativa para casta Antão Vaz podada em Cordão. Kyraleou *et al.* (2015) também não observaram diferenças significativas para essa variável ao comparar os sistemas de poda Lira (44), Royat (45) e Guyot (40).

Logo, a evolução da intensidade corante pode ser vista na Tabela 10. Observa o acúmulo de matéria corante no decorrer das semanas, havendo diferenças significativas entre os diferentes tipos de poda e altura de parede em 24/08 e 10/09, cujo tratamento CA apresenta médias superiores aos demais. Em 24/08 observa-se ainda interação entre os tratamentos. Ao contrário do que se observa aqui, Damasceno (2020) obteve maior intensidade corante em plantas com parede vegetativa baixa e Kyraleou *et al.* (2015) obtiveram maior intensidade corante no sistema de poda Lira (4,77), seguido de Royat (4,26) e Guyot (4,02).

Tabela 10 - Evolução Intensidade Corante (IC) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.

Data	Poda			Parede		Poda x Parede	
	Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
17/08/2022	4,13	4,12	ns	4,23	4,02	ns	ns
24/08/2022	4,40 a	3,87 b	*	4,19 a	4,09 b	*	***
30/08/2022	4,41	4,03	ns	4,50	3,94	ns	ns
10/09/2022	4,45 a	3,35 b	***	4,15 a	3,65 b	**	*

Análise de variância (valor de p indicado). Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

Conforme a intensidade corante aumenta, a tonalidade tende a diminuir quanto maior o tempo de maceração, o que pode ser observado na Tabela 11. Os tratamentos não diferiram quanto a tonalidade. Barboza (2021) observou maiores médias em tonalidade no sistema de poda em Guyot (2,165) em relação ao Cordão (1,456).

Tabela 11 - Evolução da Tonalidade (T) sob efeito de diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa.

Data	Poda			Parede		Poda x Parede	
	Cordão	Guyot	p	Alta	Baixa	p	
17/08/2022	1,82	1,81	ns	1,82	1,81	ns	ns
24/08/2022	1,66	1,64	ns	1,66	1,64	ns	ns
30/08/2022	1,61	1,59	ns	1,61	1,59	ns	ns
10/09/2022	1,51	1,48	ns	1,51	1,48	ns	ns

Análise de variância (valor de p indicado). Letras iguais nas colunas não indicam diferença significativa das médias de acordo com o teste de Tukey, onde: *: p valor <0,05; **: p valor < 0,01, ***: p valor < 0,001. ns não significativo pela análise de variância (p<0,05).

A composição fenólica está muito relacionada com a exposição dos cachos ao sol. Cachos que recebem luz difusa no interior da parede vegetativa concentram mais flavonóis nas películas (Yu *et al.*, 2022). No momento em que tem-se estresse térmico e hídrico os flavanoides nas películas começam a degradar-se (Martínez-Lüscher *et al.*, 2017). Porém, não é o que se observa nas condições do ensaio, pois plantas em Cordão tiveram seus cachos mais expostos a radiação solar, e apresentaram maior concentração de IPT, conseqüentemente maior IC e T.

5. CONCLUSÕES

Ainda que os resultados do presente estudo sejam só de um ano, observou-se que os diferentes tipos de poda e altura de parede vegetativa influenciaram no comportamento fisiológico e agronômico da casta Touriga Franca na RDD. Assim, a parede vegetativa baixa apresentou níveis menos negativos de potencial hídrico de base na altura da maturação para os dois tipos de poda. A respeito das trocas gasosas, o tratamento de poda Guyot e parede baixa apresentou melhores valores para a maioria dos parâmetros analisados, como a transpiração e a taxa fotossintética.

Em geral, o tratamento de poda em Guyot foi 28,7% mais produtivo que o tratamento com poda em Cordão. Enquanto a parede vegetativa alta se mostrou 34,9% mais produtiva que a baixa. Sendo que dentro da parede vegetativa não se observou diferenças significativas entre os tratamentos relacionadas com a disposição dos cachos e sua proteção contra o escaldão.

Logo, na caracterização biométrica dos bagos, não se observou diferenças significativas entre os tratamentos, havendo um crescimento semelhante entre os mesmos. Quanto a composição dos mostos para AT e T os tratamentos não foram significativos. Para SST, plantas em Cordão dispuseram de maiores médias, enquanto para pH, IPT e IC as plantas em Cordão e com parede vegetativa alta apresentaram maiores médias que os demais.

Contudo, a fim de indicar um melhor tratamento, plantas podadas em Guyot foram mais produtivas e mantiveram-se em melhor conforto hídrico durante o ciclo vegetativo, porém não foi melhor que o Cordão em alguns parâmetros de qualidade. Quanto a altura de parede vegetativa, a que apresentou melhores resultados foi a parede vegetativa alta em quase todos os parâmetros, exceto em parâmetros fisiológicos cujas plantas com parede vegetativa baixa mostraram-se em melhor conforto hídrico. Porém, os tratamentos não distinguiram quanto a eficiência do uso da água. Sendo assim, esses resultados podem embasar estudos futuros a fim de adequar a vitivinicultura da RDD para que a mesma se mantenha em produtividade e qualidade perante as alterações climáticas cada vez mais severas.

6. REFERÊNCIAS

- Abad, F. J., Marín, D., Loidi, M., Miranda, C., Royo, J. B., Urrestarazu, J., & Santesteban, L. G. (2019). Evaluation of the incidence of severe trimming on grapevine (*Vitis vinifera* L.) water consumption. *Agricultural Water Management*, 213, 646–653. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.015>
- ADVID. (2022). *Boletim ano vitícola 2022*. Cluster da Vinha e do Vinho.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (Orgs.). (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Almeida, C. A. B. (2006). *História do Douro e do Vinho do Porto*. (Vol. 1). Porto: Afrontamento. https://sigarra.up.pt/fpceup/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=11563
- Amerine, M. A., & Winkler, A. J. (1944). Composition and Quality of Musts and Wines of California Grapes. *Hilgardia*, 15(6), 493–675. <https://doi.org/10.3733/hilg.v15n06p493>
- Antunes, M. T. A., Lehmann, J., Dias, & Böhm, J. (2011). *Atlas das Castas da Península Ibérica*. Dinalivro.
- Australian Wine Research Institute. (2001). Viticare of Farm Trials. *Vine Health*, 3.3, 32. <https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2014/09/on-farm-trials-manual-3-3.pdf>
- Barboza, R. A. L. (2021). *Influência do sistema de poda e da rega deficitária no comportamento da casta Touriga Franca (Vitis vinifera L.) na Região Demarcada do Douro* [Dissertação]. Instituto Politécnico de Bragança.
- Bateira, C., Martins, L., Santos, M., & Pereira, S. (2011). *Cartografia da Suscetibilidade a Movimentos de Vertente na Região Demarcada do Douro*.

- Bernardo, S., Dinis, L.-T., Machado, N., & Moutinho-Pereira, J. (2018). Grapevine abiotic stress assessment and search for sustainable adaptation strategies in Mediterranean-like climates. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(6), 66. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0544-0>
- Bombín, J. Y. (2010). *Viticultura y enología en la D.O. Ribera del Duero*. Consejo Regulador de la Denominación de Origen Ribera del Duero.
- Bubola, M., Persic, M., Rossi, S., Bestulić, E., Zdunić, G., Plavša, T., & Radeka, S. (2022). Severe Shoot Trimming and Crop Size as Tools to Modulate Cv. Merlot Berry Composition. *Plants*, 11(24), 3571. <https://doi.org/10.3390/plants11243571>
- Caccavello, G., Giaccone, M., Scognamiglio, P., Forlani, M., & Basile, B. (2017). Influence of intensity of post-veraison defoliation or shoot trimming on vine physiology, yield components, berry and wine composition in Aglianico grapevines: Aglianico response to post-veraison summer pruning. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23(2), 226–239. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12263>
- Cameron, W., Petrie, P. R., Barlow, E. W. R., Howell, K., Jarvis, C., & Fuentes, S. (2021). A comparison of the effect of temperature on grapevine phenology between vineyards. *OENO One*, 55(2), 301–320. <https://doi.org/10.20870/oenone.2021.55.2.4599>
- Carbonneau, A. (2009). Recent developments in grapevine canopy management. *Vine balance: What is it and how does it change over the season?*, 27–42. <https://iv.ucdavis.edu/files/82248.pdf>
- Carlos, C., & Gonçalves, I. (2020). *Boas práticas a implementar na viticultura do Alto Douro Vinhateiro em contexto de alterações climáticas*. <https://www.advid.pt/uploads/DOCUMENTOS/Subcategorias/Comunicacao/Boas%20pra%CC%81ticas%20a%20implementar%20na%20viticultura%20do%20Alto%20Douro%20Vinhateiro%20em%20contexto%20de%20alterac%CC%A7o%CC%83es%20clima%CC%81ticas%20.pdf>

- Carlson, T. N., & Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3), 241–252. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1)
- Carter, S. (2006). *The Projected Influence of Climate Change on the South African Wine Industry* (p. 29) [Interim Report IR-06-043]. International Institute for Applied Systems Analysis Schlossplatz. <https://core.ac.uk/download/pdf/33899523.pdf>
- Castro, M., Martin-Vide, J., & Alonso, S. (2005). The climate of Spain: Past, present and scenarios for the 21st century. *A Preliminary General Assessment of the Impacts in Spain Due to the Effects of Climate Change*, 1–62.
- Castro, R., Cruz, A., & Botelho, M. (2015). *Manual de sistemas de condução da vinha* (Vol. 1). Bayer.
- Cham, J. F. L. de C. (2015). *Poda Guyot duplo e quádruplo da cv. Moscato Giallo na região de Piratini-RS e sua influência na qualidade do mosto e do vinho*. Universidade Federal do Pampa.
- Chaves, M. (2009). *Rega deficitária em viticultura*. https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/24037/1/13%20chaves%20et%20al%202009%20Enovitis_Rega%20deficit%C3%A1ria%20em%20viticultura.pdf
- Clingeffer, P. R. (2010). Plant management research: Status and what it can offer to address challenges and limitations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 25–32. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00075.x>
- Conceição, M. A. F. (2021). Irrigação inadequada afeta a produtividade, a qualidade dos frutos e impacta o meio ambiente. *Embrapa*, 14, 33–37. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1133039>
- Coombe, B. G. (1995). Growth Stages of the Grapevine: Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 104–110. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>

- Costa, F. S. (2018). *Uva Industrial: Mercado Internacional*. Companhia Nacional de Abastecimento. file:///C:/Users/Desktop/Downloads/UvaZ-ZAnaliseZMensalZ-ZFevereiro-ZMarcoZ2019.pdf
- Costa, J. M., Egipto, R., Silvestre, J., Lopes, C. M., & Chaves, M. M. (2018). Water and Heat Fluxes in Mediterranean Vineyards. Em *Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment* (p. 219–245). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813164-0.00010-7>
- Costa, J. M., Vaz, M., Escalona, J., Egipto, R., Lopes, C., Medrano, H., & Chaves, M. M. (2016). Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management*, 164, 5–18. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.021>
- CVRVV, (Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes. (2022). *PODA*. <https://viticultura.vinhoverde.pt/pt/cultura-intervencao-videira-poda>
- Damasceno, A. F. B. (2020). *Influence of deficit irrigation and canopy structure on water stress management of Touriga Nacional (Vitis vinifera L.) in Douro Demarcated Region* [Dissertação]. Instituto Politécnico de Bragança.
- Dinis, L.-T., Bernardo, S., Yang, C., Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., & Santos, J. A. (2022). Mediterranean viticulture in the context of climate change. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 37(2), 139–158. <https://doi.org/10.1051/ctv/ctv20223702139>
- Domingos, A. A. C. (2022). *Efeito dos diferentes tipos de poda no rendimento da casta Trincadeira-Preta e sua influência na qualidade final da uva* [Dissertação, Instituto Politécnico de Santarém]. https://repositorio.ipsantarem.pt/bitstream/10400.15/4178/1/Tese_VitisT_MEA_2022_AD.pdf
- Duchêne, E., Huard, F., & Pieri, P. (2014). Grapevine and climate change: What adaptations of plant material and training systems should we anticipate? *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 59–67.

- Eichhorn, K. W., & Lorenz, D. H. (1984). Phaenologische Entwicklungsstadien der Rebe. *European and Mediterranean Plant Protection Organization*, 14(2), 295–298.
- Escudier, J. L. (2009, dezembro). *VDQA - Vins de qualité à teneur réduite en alcool*. Proceedings Congrès Euroviti, Montpellier.
- Fachinello, J. C. (2008). Mirtilo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(2). <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000200001>
- Faustino, R. (Org.). (2011). *Catálogo das Castas para Vinho Cultivadas em Portugal – Volume 1*. Instituto da Vinha e do Vinho, I.P.
- Figueiredo, T. de. (2015). *Proteção do Solo em Viticultura de Montanha: Manual Técnico para a Região do Douro*.
- Flexas, J., Bota, J., Escalona, J. M., Sampol, B., & Medrano, H. (2002). Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: An evaluation of stomatal and mesophyll limitations. *Functional Plant Biology*, 29(4), 461. <https://doi.org/10.1071/PP01119>
- Fraga, H., García de Cortázar Atauri, I., Malheiro, A. C., & Santos, J. A. (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global Change Biology*, 22(11), 3774–3788. <https://doi.org/10.1111/gcb.13382>
- Fregoni, M. (2013). *Viticultura di qualità: Trattato dell'eccellenza da terroir* (3ª ed.). Tecniche nuove.
- Galmés, J., Cifre, J., Medrano, H., & Flexas, J. (2005). Modulation of relative growth rate and its components by water stress in Mediterranean species with different growth forms. *Oecologia*, 145(1), 21–31. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0106-4>
- Gambetta, G. A., & Kurtural, S. K. (2021). Global warming and wine quality: Are we close to the tipping point? *OENO One*, 55(3), 353–361. <https://doi.org/10.20870/oenone.2021.55.3.4774>

- García-Tejero, I. F., & Durán Zuazo, V. H. (Orgs.). (2018). *Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment: Tools, strategies and challenges for woody crops*. Elsevier/Academic Press, an imprint of Elsevier.
- Gaudillère, J., Van Leeuwen, C., & Ollat, N. (2002). Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an integrated indicator of vineyard water status. *Journal of Experimental Botany*, 53(369), 757–763. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.369.757>
- Gil, G. F., & Pszczółkowski, P. (2007). Viticultura, Fundamentos para Optimizar Producción y Calidad. *Ciencia e Investigación Agraria*, 34(3). <https://doi.org/10.4067/S0718-16202007000300009>
- Godden, P., & Muhlack, R. (2010). Trends in the composition of Australian wine, 1984–2008. *Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker*, 47–61.
- Gouveia, J. P., Pedroso, V., Rodrigues, P., Martins, S., Alves, I., & Lopes, C. M. (2011). *Effects of irrigation on the vigour, yield and berry composition of the red variety Touriga Nacional at the Dão winegrowing region, Portugal*.
- Guerra, C. C. (2012). Polifenóis da uva e do vinho. *Rev. Bras. Vitic. Enol.*, 4, 90–100.
- Heredia, F. J., Francia-Aricha, E. M., Rivas-Gonzalo, J. C., Vicario, I. M., & Santos-Buelga, C. (1998). Chromatic characterization of anthocyanins from red grapes—I. pH effect. *Food Chemistry*, 63(4), 491–498. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00051-X)
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Huglin, P., & Schneider, C. (1998). *Biologie et écologie de la vigne* (2^o, éd. revue et augmentée ed). Tec & doc.

- INE, & Pordata. (2022a, agosto 4). *Produção de vinho por cor*. Pordata - Estatísticas sobre Portugal e Europa. <https://www.pordata.pt/portugal/producao+de+vinho+por+cor-3364>
- INE, & Pordata. (2022b, agosto 4). *Superfície das principais culturas agrícolas*. Pordata - Estatísticas sobre Portugal e Europa. <https://www.pordata.pt/portugal/superficie+das+principais+culturas+agricolas-3352>
- INE, & Pordata. (2022c, dezembro 28). *PIB na ótica da produção*. Pordata - Estatísticas sobre Portugal e Europa. [https://www.pordata.pt/portugal/pib+na+otica+da+producao+\(base+2016\)-2280](https://www.pordata.pt/portugal/pib+na+otica+da+producao+(base+2016)-2280)
- Infovini. (2022). *História da Vinha em Portugal*. <http://www.infovini.com/pagina.php?codNode=18094#tab0>
- IVDP. (2022). *Região Demarcada do Douro*. <https://www.ivdp.pt/pt/vinha/regiao/regiao-caracteristicas/>
- IVV. (2022a). *A Vinha e o Vinho em Portugal*. <https://www.ivv.gov.pt/np4/47/>
- IVV. (2022b). *Castas portuguesas têm futuro promissor*. <https://www.ivv.gov.pt/np4/5872.html>
- IVV. (2022c). *Evolução da Produção Nacional de Vinho por Região Vitivinícola*. <https://www.ivv.gov.pt/np4/36/>
- Jones, G. (2006). Climate and terroir: Impacts of climate variability and change on wine. *Geoscience Canada Reprint Series*.
- Jones, G. (2012). Climate, Grapes, and Wine: Structure and Suitability in a Variable and Changing Climate. Em *The Geography of Wine: Regions, Terroir and Techniques* (p. 109–133). https://doi.org/10.1007/978-94-007-0464-0_7

- Jones, G. (2013). *Uma Avaliação do Clima para a Região Demarcada do Douro: Uma análise das condições climáticas do passado, presente e futuro para a produção de vinho*. ADVID - Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense.
- Jones, G., & Goodrich, G. (2008). Influence of climate variability on wine regions in the western USA and on wine quality in the Napa Valley. *Climate Research*, 35, 241–254. <https://doi.org/10.3354/cr00708>
- Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R., & Storchmann, K. (2005). Climate Change and Global Wine Quality. *Climatic Change*, 73(3), 319–343. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-4704-2>
- Kyraleou, M., Kallithraka, S., Koundouras, S., Chira, K., Haroutounian, S., Spinthiropoulou, H., & Kotseridis, Y. (2015). *Effect of vine training system on the phenolic composition of red grapes (Vitis vinifera L. cv. Xinomavro)*. 49(1), 71. <https://doi.org/10.20870/oenone.2015.49.2.92>
- Leão, P. C. de S., & Silva, E. E. G. da S. (2004). *Fenologia e fertilidade de gemas de variedades de uvas sem sementes no Vale do São Francisco*.
- Lima, M. dos S., Silani, I. de S. V., Toaldo, I. M., Corrêa, L. C., Biasoto, A. C. T., Pereira, G. E., Bordignon-Luiz, M. T., & Ninow, J. L. (2014). Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. *Food Chemistry*, 161, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.109>
- Magalhães, N. (2015). *Tratado de Viticultura* (2º ed). Esfera Poética.
- Magarreiro, C., Gouveia, C., Barroso, C., & Trigo, I. (2019). Modelling of Wine Production Using Land Surface Temperature and FAPAR—The Case of the Douro Wine Region. *Remote Sensing*, 11(6), 604. <https://doi.org/10.3390/rs11060604>
- Malheiro, A. C., Gonçalves, I. N., Fernandes-Silva, A. A., Silvestre, J. C., Conceição, N. S., Paço, T. A., & Ferreira, M. I. (2011). Relationships between relative

transpiration of grapevines and plant and soil water status in Portugal's Douro wine region. *Acta Horticulturae*, 922, 261–267.

Martínez-Lüscher, J., Chen, C. C. L., Brillante, L., & Kurtural, S. K. (2017). Partial Solar Radiation Exclusion with Color Shade Nets Reduces the Degradation of Organic Acids and Flavonoids of Grape Berry (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(49), 10693–10702. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04163>

Martins, C. A. (1990). A filoxera na viticultura nacional. *Seminário de História Económica de Portugal*, XXVI, 653–688.

Mendonça, T. dos R., Mota, R. V. da, Souza, C. R. de, Dias, F. A. N., Pimentel, R. M. de A., & Regina, M. de A. (2016). Pruning management of Chardonnay grapevines at high altitude in Brazilian southeast. *Bragantia*, 75(1), 57–62. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.243>

Miranda, A. I., Ascenso, A., Silveira, C., & Gama, C. (2019). Avaliação da exposição da vinha duriense ao ozono em clima presente e futuro. *CAPTAR*, 8, 12.

Moutinho-Pereira, J. M. (2000). *Caracterização fisiológica e agronómica de diferentes estratégias culturais para minimiza o stress estival em Vitis Vinifera L. na Região Demarcada do Douro* [Doutoramento]. Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro.

Moutinho-Pereira, J. M., Correia, C. M., Gonçalves, B. M., Bacelar, E. A., & Torres-Pereira, J. M. (2004). Leaf Gas Exchange and Water Relations of Grapevines Grown in Three Different Conditions. *Photosynthetica*, 42(1), 81–86. <https://doi.org/10.1023/B:PHOT.0000040573.09614.1d>

Moutinho-Pereira, J. M., Fraga, H., L-T, D., & Ferreira, H. F. (2016). *AG17—Viticultura—Potencialidades do caulino como protetor solar das folhas e cachos no período estival na Região Demarcada do Douro*.

- Neethling, E., Barbeau, G., Tissot, C., Mathias, R., Le Coq, C., Le Roux, R., & Quénoel, H. (2016). *Adapting viticulture to climate change*. <https://www.adviclim.eu/project-2/action-b/action-b1/>
- Neves, M. M. da S. R. (2020). *Uso de dados térmicos para melhor compreensão das respostas da videira ao stress e apoio à decisão* [Dissertação]. Universidade de Lisboa.
- Ojeda, H. (2007). Rega qualitativa de precisão da vinha. *Enoforum*, 11.
- Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., & Poni, S. (2014). Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. *Scientia Horticulturae*, 178, 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.039>
- Panceri, C. P., Fagherazzi, M. M., Canossa, A. T., Machado, B. D., Bringheti, A. F., & Brighenti, E. (2018). Cordão esporonado x guyot: Influência da intensidade de poda sobre os aspectos produtivos e qualitativos da uva Chardonnay em região de altitude de Santa Catarina. *Congrega Urcamp*, 15(15).
- Parker, A. K., Raw, V., Martin, D., Haycock, S., Sherman, E., & Trought, M. C. T. (2016). Reduced grapevine canopy size post-flowering via mechanical trimming alters ripening and yield of “Pinot noir”. *VITIS - Journal of Grapevine Research*, 1-9 Pages. <https://doi.org/10.5073/VITIS.2016.55.1-9>
- Pauletto, D., Mourão Filho, F. de A. A., Kluge, R. A., & Scarpate Filho, J. A. (2001). Efeito do porta-enxerto na qualidade do cacho da videira “Niágara Rosada”. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(7), 935–939. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000700002>
- Pedro Jr., M. J., Sentelhas, P. C., Pommer, C. V., Martins, F. P., Gallo, P. B., Santos, R. R. D., Bovi, V., & Sabino, J. C. (1993). Caracterização fenológica da videira “Niagara Rosada” em diferentes regiões paulistas. *Bragantia*, 52(2), 153–160. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051993000200007>

- Pithan, P. A., Junges, P. A. P. 1, 4 Amanda Heemann, Farias, A. R., Anzanello, R., & Hoff, R. (2015, abril 25). *Monitoramento do ciclo de videiras pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada obtido de imagens Landsat 8 no município de Veranópolis – RS, Brasil*. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB.
- Poni, S., Casalini, L., Bernizzoni, F., Civardi, S., & Intriери, C. (2006). Effects of Early Defoliation on Shoot Photosynthesis, Yield Components, and Grape Composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(4), 397–407. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.4.397>
- Poni, S., Tombesi, S., Palliotti, A., Ughini, V., & Gatti, M. (2016). Mechanical winter pruning of grapevine: Physiological bases and applications. *Scientia Horticulturae*, 204, 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.046>
- Resco, P., Iglesias, A., Bardají, I., & Sotés, V. (2016). Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. *Regional Environmental Change*, 16(4), 979–993. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0811-4>
- Ribeiro, A. (2015). *Gestão do stress hídrico da videira para optimização da qualidade da uva e do vinho*. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/16779/3/Resumo%20Encontro%20Verde%202015.pdf>
- Ribeiro, A. C., & Andrade, J. V. (2011). *Estratégias de rega deficitária na vinha em regiões de clima Mediterrânico*. In Workshop Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Bragança: Escola Superior Agrária. p 75-88. ISBN 978-972-745-116-6
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., & Donèche, B. (2006). *Handbook of enology* (2^o ed). John Wiley.
- Roby, G., & Matthews, M. A. (2008). Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well

- irrigated or under water deficit. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10(1), 74–82. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00009.x>
- Rocha, A., Viceto, C., & Blanco-Ward, D. (2018). *Dourozone—Risco de Exposição ao Ozono para a Vinha Duriense em Clima Atual e Futuro*. UA Editora – Universidade de Aveiro.
- Sacchelli, S., Fabbrizzi, S., & Menghini, S. (2016). Climate change effects and adaptation strategies in the wine sector: A quantitative literature review. *Wine Economics and Policy*, 5(2), 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2016.08.001>
- Santos, P. J. F. C. dos. (2018). *O aumento do teor alcoólico dos vinhos a nível mundial: Quais as causas?* *Enologia*. <https://www.vidarural.pt/wp-content/uploads/sites/5/2017/05/que-partilhamos-em-pdf.pdf>
- Schultz, H. (2000). Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(1), 2–12. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00156.x>
- Schultz, H. R., & Stoll, M. (2010). Some critical issues in environmental physiology of grapevines: Future challenges and current limitations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 4–24. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00074.x>
- Sereno, P., & Lopes, C. M. (2009). *Utilização da deteção remota para o estudo da variabilidade espacial de uma vinha. Resultados preliminares com a casta Touriga Franca*. 11–17. <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/23495/1/13.%20Sereno%20%26%20Lopes%202009%20Unbottled.pdf>
- Shellie, K. C. (2014). Water Productivity, Yield, and Berry Composition in Sustained versus Regulated Deficit Irrigation of Merlot Grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 65(2), 197–205. <https://doi.org/10.5344/ajev.2014.13112>

- Silva, E. F. B. da. (2018). *Influência de diferentes dotações de rega sobre o rendimento e qualidade na casta Touriga Franca na região do Douro* [Dissertação]. Universidade do Porto.
- Smart, R., & Robinson, M. (1991). *Sunlight into wine: A handbook for winegrape canopy management*. Winetitles.
- Stigliani, W., & Salomons, W. (1995, janeiro). *Pollutants and some not impossible environmental problems caused by climate change*.
- Tatagiba, S. D., Pezzopane, J. E. M., Reis, E. F. dos, Dardengo, M. C. J. D., & Effgen, T. A. M. (2007). Comportamento fisiológico de dois clones de eucalyptus na época seca e chuvosa. *CERNE*, *13*, 149–159. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74413204>
- Tecchio, M. A., Moura, M. F., Paioli-Pires, E. J., Terra, M. M., Teixeira, L. A. J., & Smarsi, R. C. (2011). Teores foliares de nutrientes, índice relativo de clorofila e teores de nitrato e de potássio na seiva do pecíolo na videira “Niagara Rosada”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *33*(2), 649–659. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000058>
- Teixeira, G., Monteiro, A., Santos, C., & Lopes, C. M. (2018). Leaf morphoanatomy traits in white grapevine cultivars with distinct geographical origin. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, *33*(1), 90–101. <https://doi.org/10.1051/ctv/20183301090>
- Tomaz, F. de O. N. (2013). *Estudo da Evolução dos Compostos da Uva ao Longo da Maturação em Clima Semi-Árido* [Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Viticultura e Enologia]. Universidade Técnica de Lisboa.
- Van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality. *Journal of Wine Economics*, *11*(1), 150–167. <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>
- Van Leeuwen, Destrac-Irvine, Dubernet, Duchêne, Gowdy, Marguerit, Pieri, Parker, de Rességuier, & Ollat. (2019). An Update on the Impact of Climate Change in

Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy*, 9(9), 514.
<https://doi.org/10.3390/agronomy9090514>

Winkler, A. J. (1974). *General viticulture* (Rev. and enl. ed). University of California Press.

Yu, R., Torres, N., Tanner, J. D., Kacur, S. M., Marigliano, L. E., Zumkeller, M., Gilmer, J. C., Gambetta, G. A., & Kurtural, S. K. (2022). Adapting wine grape production to climate change through canopy architecture manipulation and irrigation in warm climates. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1015574.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1015574>