



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior Agrária



# **Influência do sistema de poda e da rega deficitária no comportamento da casta Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.) na Região Demarcada do Douro**

**Renan Augusto Lack Barboza**

*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. Moeses Andrigo Denner**

**Eng. Mcs. David Santos Barreales**

**Bragança  
2021**



## **Dedicatória**

A Deus, Família e Amigos.



Este trabalho foi financiado no âmbito do PDR 2020- 1.0.1- Grupos operacionais, com participação de Portugal e do Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural.



## **Agradecimentos**

Agradeço ao Instituto Politécnico de Bragança e Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela possibilidade de realizar a dupla-diplomação. Agradeço em especial ao IPB pela estrutura para que o ensaio da dissertação pudesse ser realizado, além da logística para conduzi-lo.

Agradeço ao Professor João Verdial por ter me direcionado aos grupo de pesquisa o qual integrei durante o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao meu orientador António Castro Ribeiro por ter me aceito em seu grupo de pesquisa, repassar conhecimentos e ser compreensível com toda a situação pela qual passamos no ano de 2020. Agradeço ao co-orientador David Santos Barreales pela perfeita orientação durante a trajetória deste trabalho, conhecimentos compartilhados, visão de mundo e por sua amizade. Agradeço às minhas colegas de trabalho Ângela Monteiro e Susana Capitão por toda a ajuda no ensaio e pelas trocas culturais descontraídas nos intervalos de almoço, e, como não poderia deixar de mencionar, os cafés matinais, que deram a energia necessária para a labuta diária.

Agradeço a minha família por todo suporte emocional e financeiro que tornaram esta dupla-diplomação possível de ser realizada. Agradeço a minha irmã, Bertiene, por ser minha confidente e partilhar do desafio de realizar o mestrado. Agradeço também a minha namorada Bianca e aos Amigos Derizan e Yuri por terem se disposto a ajudar nas avaliações.

## ÍNDICE GERAL

<b>1. Introdução .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Revisão bibliográfica .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Impactos das alterações climáticas na viticultura .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Região Demarcada do Douro (RDD) .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Touriga Franca .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>2.4 Estratégias de mitigação dos efeitos das alterações climáticas na viticultura .....</b>	<b>19</b>
2.4.1 Controlo da maturação, incidência solar e microclima. ....	19
2.4.2 Manejo do solo como estratégia de mitigação das alterações climáticas. ....	20
2.4.3 Gestão hídrica .....	20
2.4.4 Seleção de castas e porta-enxertos .....	22
2.4.5 Sistemas de condução .....	23
<b>3. Material e métodos .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Localização e características do ensaio .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Delineamento experimental .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 Cálculo das dotações de rega .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4 Fenologia .....</b>	<b>28</b>
<b>3.5 Medições fisiológicas .....</b>	<b>29</b>
3.5.1 Potencial hídrico de base ( $\Psi_{pd}$ ) .....	29
3.5.2 Conteúdo de água nas folhas.....	29
3.5.3 Trocas gasosas.....	29
3.5.4 Índice SPAD .....	30
3.5.5 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	30
<b>3.6 Parâmetros agronómicos .....</b>	<b>30</b>
3.6.1 Caracterização da parede vegetativa .....	30
3.6.2 Dimensões da sebe .....	31
3.6.3 Produtividade, rendimento e índice de Ravaz.....	32
<b>3.7 Avaliação da qualidade dos bagos e mostos.....</b>	<b>32</b>
3.7.1 Características biométricas .....	32
3.7.2 Análises dos mostos na vindima .....	33
<b>3.8 Análise estatística .....</b>	<b>33</b>
<b>4. Resultados e discussão.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Condições meteorológicas durante o período de ensaio .....</b>	<b>34</b>

<b>4.2</b>	<b>Fenologia</b> .....	<b>36</b>
<b>4.3</b>	<b>Medições fisiológicas</b> .....	<b>38</b>
4.3.1	Potencial hídrico de base ( $\Psi_{pd}$ ) .....	38
4.3.2	Conteúdo de água nas folhas .....	39
4.3.3	Trocas gasosas .....	40
4.3.4	Índice SPAD .....	42
4.3.5	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) .....	43
<b>4.4</b>	<b>Parâmetros agronômicos</b> .....	<b>44</b>
4.4.1	Estrutura da parede vegetativa .....	44
4.4.2	Componentes de produção .....	46
<b>4.5</b>	<b>Parâmetros de qualidade ao decorrer da maturação</b> .....	<b>49</b>
4.5.1	Características dos bagos .....	49
4.5.2	Características dos mostos .....	52
<b>5.</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>58</b>
<b>6.</b>	<b>Referências</b> .....	<b>59</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da Região Demarcada do Douro e suas 3 sub-regiões. ....	16
Figura 2 - Modelo para o seguimento e controlo do estado hídrico da videira.....	22
Figura 3 - Parcela experimental com representação do tipo de poda e quantidade de rega.....	27
Figura 4 - Hidrograma referente ao ano de 2020 elaborado com os dados da estação meteorológica instalada no experimento. ....	34
Figura 5 - Humidade relativa (%) e DPV (kPa) ao decorrer do ano de 2020. ....	35

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Áreas e altitudes das sub-regiões da Região Demarcada do Douro. ....	17
Tabela 2 – Características da casta Touriga Franca. ....	18
Tabela 3 - Diferentes tratamentos e os seus códigos utilizados no experimento. ....	28
Tabela 4 – Índices bioclimáticos aplicados no ensaio. ....	35
Tabela 5 – Dados fenológicos do ensaio. ....	37
Tabela 6 – Potencial hídrico (mPa) de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente. ....	38
Tabela 7 – Conteúdo relativo de água, massa foliar por área, densidade foliar, déficit de saturação em água e conteúdo de água em saturação de videiras sob quatro dotações de rega e dois sistemas de poda, avaliados em conjunto. ....	39
Tabela 8 – Suculência e taxa de transpiração cuticular de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente. ....	40
Tabela 9– Taxa de transpiração e condutância estomática de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente. ....	41
Tabela 10 – Índice SPAD dos diferentes tratamentos do ensaio medidos em duas datas distintas. ....	42
Tabela 11 – NDVI de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente. ....	43
Tabela 12 – Camadas de folhas, folhas interiores, cachos interiores e porosidade do coberto obtidos através de point-quadrat de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente. ....	44
Tabela 13 – Camadas de folhas (CF), folhas interiores (PFI) e cachos interiores (PCI) de videiras sob quatro dotações de rega e dois sistemas de poda, avaliados em conjunto. ....	45
Tabela 14 – Porosidade do coberto para diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente. ....	46
Tabela 15 – Superfície foliar exposta, produção por videira e produção por hectare de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente. ....	47
Tabela 16 – Nº de cachos por planta, SFE/produção e índice de Ravaz de videiras sob quatro dotações de rega e dois sistemas de poda, avaliados em conjunto. ....	48
Tabela 17 – Peso médio, raio médio, área superficial, volume e relação/área volume dos bagos de acordo com diferentes níveis de rega e poda sem interação significativa, em diferentes datas. ....	50
Tabela 18 – Área, volume e relação área/volume dos bagos sob o efeito de diferentes tratamentos de rega e poda com interação significativa. ....	51

Tabela 19 – ° Brix, acidez total, intensidade e índice de polifenóis dos mostos de acordo com diferentes níveis de rega e poda, sem interação significativa, em diferentes datas. ....	52
Tabela 20 – Sólidos Solúveis Totais (°Brix), acidez total e tonalidade dos mostos sob o efeito de diferentes tratamentos de rega e poda com interação significativa. ....	54
Tabela 21 – pH dos mostos ao decorrer da maturação sob quatro dotações de rega e dois sistemas de poda, com interação significativa. ....	56

## LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

ETc – Evapotranspiração da cultura  
ETo – Evapotranspiração de referência  
RDD – Região Demarcada do Douro  
DPV – Déficit de Pressão Vapor  
 $\Psi_{pd}$  – Potencial hídrico de base  
CC – Conteúdo de Clorofila  
SPAD – Soil Plant Analysis Development  
NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada  
E – Taxa de transpiração foliar  
 $g_s$  – Condutância estomática  
CRA – Conteúdo Relativo de Água na folha  
AF – Área Foliar  
PQ – Point-Quadrat  
NC – Número de Camadas de Folhas  
PFI – Percentagem de Folhas Interiores  
PCI – Percentagem de Cachos Interiores  
PB – Porosidade do Coberto  
SFE – Superfície Foliar Exposta  
I – Intensidade  
T – Tonalidade  
IPT – Índice de Polifenóis Totais

## Resumo

A viticultura na Região Demarcada do Douro é extremamente importante para a economia local, além de estar vinculada a tradições culturais. As mudanças climáticas são um desafio para esta cultura, assim diversas estratégias vêm sendo testadas a fim de minimizar seus efeitos. Diferentes sistemas de condução e a rega deficitária são duas destas estratégias. Desta forma o objetivo desta dissertação é avaliar o efeito da poda em Guyot e Cordão Royat, além de diferentes regimes hídricos no comportamento da casta Touriga. O ensaio experimental está situado em Santa Comba de Vilarça (subregião Douro Superior) e o delineamento experimental foi em blocos casualizados. O comportamento fisiológico foi avaliado através de potencial hídrico, índice SPAD, NDVI, transpiração foliar, condutância estomática, conteúdo relativo de água e área foliar. Os parâmetros agronômicos foram observados através do método point-quadrat, medições referentes a estrutura do coberto e componentes de produção. A qualidade da maturação foi monitorada através da biometria dos bagos e análise dos mostos. Em relação ao comportamento fisiológico, pode-se observar menores valores de potencial hídrico e índice SPAD em maiores restrições hídricas, maior transpiração foliar e condutância estomática nos tratamentos com maior oferta de água, além de maior conteúdo relativo de água. Em relação aos parâmetros agronômicos, de forma geral houve maior vigor vegetativo com o aumento da disponibilidade hídrica, sendo que os componentes produção apresentaram aumento não significativo com maior oferta de água. A análise dos mostos apresentou no início da maturação uma relação direta do teor em Sólidos Solúveis Totais com a disponibilidade de água, sendo que à vindima o tratamento TG75 (Guyot com rega de 75% da Etc) teve a maior média, houve relação inversa para o pH e a disponibilidade de água.

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L., rega deficitária, sistemas de poda, fisiologia vegetal.

## Abstract

Viticulture in the Douro Wine Region is extremely important to the local economy, in addition to being linked to cultural traditions. Climate change is a challenge for this crop, so several strategies have been tested in order to minimize its effects. Different driving systems and poor irrigation are two of these strategies. Thus, the objective of this dissertation is to evaluate the effect of pruning in Guyot and Cordão Royat, in addition to different water regimes on the behavior of the Touriga variety. The experimental trial is located in Santa Comba de Vilariça (Douro Superior subregion) and the experimental design was in randomized blocks. Physiological behavior was evaluated through water potential, SPAD index, NDVI, leaf transpiration, stomatal conductance, relative water content and leaf area. The agronomic parameters were observed through the point-quadrat method, measurements referring to the cover structure and production components. The quality of maturation was monitored through biometrics of the berries and analysis of musts. Regarding the physiological behavior, lower values of water potential and SPAD index can be observed in greater water restrictions, greater leaf transpiration and stomatal conductance in treatments with greater water supply, in addition to higher relative water content. Regarding the agronomic parameters, in general there was greater vegetative vigor with the increase in water availability, and the production components showed a non-significant increase with greater water supply. The must analysis showed at the beginning of maturation a direct relationship of the Total Soluble Solids content with the availability of water, and the TG75 treatment (Guyot with 75% irrigation of Etc) had the highest average in the harvest, there was an inverse relationship for the pH and availability of water.

Keywords: *Vitis vinifera* L., deficit irrigation, pruning systems, plant physiology.

## 1. Introdução

Nos últimos anos as alterações climáticas têm afetado de forma negativa grande parte das regiões vitícolas a nível mundial, o que resulta no desafio de continuar a produzir preservando o *terroir* das regiões, mantendo a viabilidade econômica desta atividade, muito importante em muitos países (Schultz e Jones 2010). A Região Demarcada do Douro (RDD) é conhecida mundialmente pelos vinhos de alta qualidade, com um *terroir* único, possível exclusivamente por suas características geoclimáticas e que se encontra ameaçado pelas mudanças no clima observadas nas últimas décadas. O aumento da temperatura do ar e a redução das precipitações durante o ciclo vegetativo já são uma realidade nesta região (Jones et al., 2005).

As condições meteorológicas determinam tanto a adaptação de diferentes castas em geolocalizações distintas, assim como o seu crescimento e desenvolvimento ao longo do ciclo vegetativo, compreendido através da fenologia da videira (White et al., 2009). As condições meteorológicas são evidenciadas pela temperatura do ar, a disponibilidade de água e a radiação solar, que ao decorrer dos estádios fenológicos da videira afetam diretamente a um grande número de atributos da composição das uvas e, conseqüentemente, do vinho (Fraga et al., 2015).

A temperatura do ar é o regulador mais importante de grande parte dos processos fisiológicos que acontecem na videira e determina em parte a composição do bago (Smart, 1987; Due et al., 1993). No outono, o encurtamento gradual das horas de luz solar dos dias, aliado a queda das temperaturas induz a máxima translocação de minerais, ácidos orgânicos, aminoácidos e carboidratos para o tronco e raízes, então a planta entra em estado de dormência, após acumular as primeiras horas de frio (Field et al., 2009). O inverso ocorre na primavera, o aumento da temperatura média faz com que a videira acumule horas de calor para quebrar a dormência dos gomos, iniciando assim seu ciclo vegetativo (Amerine e Winkler 1944). O período de abrolhamento é uma fase delicada, pois o estresse térmico causado por eventos de frio tardios reduzem o desenvolvimento de gomos, folhas e inflorescências, com queda significativa na fotossíntese. Por outro lado, ondas de calor reduzem a acumulação de açúcares, síntese de antocianinas e compostos voláteis de grande interesse para os vinhos (Robinson et al., 2014; Gutiérrez-Gamboa et al., 2019).

A água, um dos objetos de estudo deste trabalho, é essencial para o desenvolvimento da videira e atua diretamente no metabolismo primário. Devido à sua importância, o controle do estado hídrico da planta é, atualmente, informação obrigatória em todos os estádios de desenvolvimento

vegetativo, pois a quantidade necessária é variável em cada estágio dependendo das características físico-químicas de interesse na produção (Austin e Bondari 1988; Savoi et al. 2016; Vilanova et al. 2018).

Os efeitos da radiação solar afetam a videira durante seu ciclo vegetativo na síntese e acúmulo de açúcares, compostos fenólicos e aromáticos (Archer e Strauss 1990). A fotossíntese e a condutância estomática também são intrínsecas a esta componente climática, de forma que exposição solar das folhas e bagos é amplamente trabalhada na viticultura. Por exemplo, em lugares com baixa exposição solar são observados menores teores de açúcares e antocianinas, além da infertilidade dos gomos (Morgan et al., 1985). Em contrapartida, quando há elevada exposição à radiação solar ocorre foto inibição seguida de clorose e necrose, comumente chamado “escaldão”, gerando queda na produção e rendimento ( Moutinho-Pereira et al. 2004).

Como estratégia de efeito direto na planta, nos últimos anos, tem-se estudado os sistemas de condução das videiras, além de tipos de poda que favoreçam a proteção contra os efeitos extremos das alterações climáticas. O sistema de condução pode manipular a radiação incidente nas folhas e cachos, controlar o microclima da videira e gerar consequências fisiológicas favoráveis, exploradas neste trabalho.

O controle da água disponível para a videira durante o seu ciclo vegetativo está sendo muito utilizado como estratégia de mitigação das alterações climáticas. A relação da quantidade de água disponível com a produção na viticultura é amplamente conhecida, com efeitos nas características físico-químicas dos bagos e, conseqüentemente, do vinho (Ferreira et al., 2012). A rega deficitária, em sincronia com o estágio fenológico é um fator chave para se obter vinhos com alta qualidade, além de maximizar a eficiência do uso da água (Sauer et al., 2010).

Apresentada a interdependência da viticultura com as componentes climáticas mencionadas anteriormente e considerando as previsões de mudança climática futuras, neste trabalho são estudadas estratégias para reduzir os efeitos negativos destas alterações nas videiras, de forma a manter e melhorar a produtividade e a qualidade das uvas.

## 1.1 Objetivos

A partir da problemática exposta anteriormente foi implementado um ensaio em campo da casta Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.) localizado na RDD. O delineamento experimental do ensaio constava de dois sistemas de poda, Guyot e Cordão Royat que se combinavam com três regímenes de rega deficitária controlada (25% da ETc, 50% da ETc e 75% da ETc) e um tratamento controle, sem rega.

Assim, os principais objetivos foi avaliar os efeitos dos sistemas de poda em Cordão Royat e Guyot e de diferentes regimes hídricos no comportamento fisiológico, agrônômico e nas características dos bagos e composição dos mostos.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1 Impactos das alterações climáticas na viticultura**

O monitoramento climático realizado desde a metade do século XX em vários locais ao redor do mundo trouxe à tona uma grande ameaça, as alterações climáticas, que afetam três atributos inerentes à vida na Terra, o balanço de radiação solar, o ciclo hidrológico e a dinâmica atmosférica (Houghton et al., 2001). Essa mudança, com seu início marcado no período pré-industrial, traz um grande conjunto de efeitos na biosfera, sendo o aumento da temperatura média na superfície o mais notável, denominado pela comunidade científica como o “aquecimento global”.

Segundo o último relatório do IPCC (2019) a temperatura média global durante a década de 2006 a 2015 foi 0,87°C maior do que a média do período de 1850 a 1900. Para além disso, tem-se observado um aumento superior a esta média global em muitas regiões e estações, sendo até três vezes maior em algumas localidades. Este mesmo relatório expõe que o aquecimento causado por emissões antrópicas desde o período pré-industrial persistirá por séculos e milênios, com grandes mudanças no sistema climático, na dinâmica oceânica e atmosférica. Existem múltiplos estudos que têm avaliado as previsões para o aquecimento global no futuro, assim o IPCC (2019) apresentou resultados que chegam à aumentos na temperatura média global na superfície de 1,5°C em 2030 a 2052.

Sob a perspectiva agronômica, no âmbito da viticultura e produção de vinhos, as alterações climáticas têm efeitos complexos, inclusive com pontos positivos para algumas regiões. Por exemplo, Schultz & Jones, (2010) afirmaram que novas regiões poderão se tornar adequadas para a viticultura e em contraponto novos desafios serão impostos para regiões vitivinícolas que precisam manter suas próprias características específicas. Atualmente, as principais adversidades oriundas das alterações climáticas na viticultura estão relacionadas a dois pontos chave: a variabilidade interanual e os eventos extremos. Estes são especialmente importantes para as culturas perenes de clima temperado, em virtude do período vegetativo estar restrito às estações de primavera, verão e parte do outono (Jones & Davis, 2000).

As alterações fisiológicas nas vinhas, derivadas das altas temperaturas durante a estação de crescimento vegetativo, além da forte pressão causada pelo estresse hídrico, serão o pretexto para profundas mudanças na elaboração de vinhos de alta qualidade, especialmente por ter impacto no

metabolismo secundário aonde são produzidos compostos de elevado interesse, como são as antocianinas e os flavonoides (Fraga et al., 2018). Os sabores essenciais para vinhos de renome estarão prejudicados pelo aumento da taxa respiratória da videira no período noturno, que tem como consequência um maior consumo dos açúcares, alguns dos quais são responsáveis por originar os sabores característicos (Fraga et al., 2016).

Alterações espaço-temporais nas temperaturas médias e precipitações irão incapacitar regiões com tradições seculares na produção de vinho, impedindo que os *terroirs* vitícolas se mantenham intatos (Fraga et al., 2016). Partes ao sul da Europa se tornarão inapropriadas para o cultivo da videira, ou no mínimo enfrentarão grandes obstáculos, especialmente relacionados ao aumento da temperatura e escassez de água, a *secura* do ambiente irá requerer irrigação constante (Fraga et al., 2018). Nos quesitos enológicos, estes obstáculos resultam em baixa qualidade organoléptica por: elevados teores alcoólicos, degradação dos ácidos orgânicos e inibição na síntese das antocianinas, entre outras adversidades (Duchêne et al., 2010).

A respeito da fenologia, Fraga et al. (2016) concluíram, a partir de simulações de mudanças climáticas, que os estados de abrolhamento, floração, pintor e maturação serão mais precoces, com uma antecedência maior a duas semanas. Este facto aliado ao forte estresse hídrico pode gerar um desenvolvimento vegetativo deficiente. A fase de maturação também pode estar comprometida devido às altas temperaturas mínimas, com grandes impactos na vinificação.

A dinâmica fisiológica das videiras sofrerá grandes mudanças, especialmente no metabolismo primário, nos processos de fotossíntese e respiração, que possuem dependência direta das concentrações de CO<sub>2</sub> e radiação solar. Os modelos de previsão das alterações climáticas demonstram um aumento no CO<sub>2</sub> atmosférico, no entanto muitos estudos demonstram que esta alteração será benéfica para a viticultura, com aumentos nos atributos produtivos e redução na transpiração (Bindi et al., 1996). As alterações na camada de ozônio prospectam maiores incidências de raios UV-B nas vinhas, componente que afeta diretamente as características do bago e sua composição, afetando aos metabólitos secundários como são os flavonoides e carotenoides (Schultz, 2000). Para além de que o principal obstáculo do aumento da incidência dos raios UV-B está na soma deste fator com as temperaturas elevadas e o estresse hídrico, que podem dar origem a escaldões, danos irreversíveis nas folhas e nos bagos visualizados como queimaduras (Dinis et al., 2018).

Em geral, a produção será prejudicada pelas alterações climáticas. Assim regiões vinícolas do sul da Europa já apresentaram reduções de produtividade devido às temperaturas elevadas no verão, escassez de precipitações e frequentes eventos extremos em forma de ondas de calor (Fraga et al., 2016a).

## **2.2 Região Demarcada do Douro (RDD)**

Portugal situa-se entre os 10 maiores produtores mundiais de vinho, com aproximadamente 2000 anos de extensa tradição e qualidade vinícola (FAO, 2009). Em seu território possui 31 regiões com Denominações de Origem Protegida, o que significa ao menos 31 *terroirs* diferentes numa área de aproximadamente 92 mil quilômetros quadrados, reforçando a importância da viticultura para este país, que além de movimentar a sua economia tem atrelada a sua cultura a produção de vinhos.

No nordeste de Portugal, pelas margens do rio Douro até sua Foz, encontra-se umas das mais importantes destas 31 regiões, a Região Demarcada do Douro (RDD) (Figura 1). Conhecida mundialmente pelo vinho do Porto e outros de elevada qualidade. Esta região possui grande amplitude em suas características geoclimáticas como altitude, temperatura média, tipos de solo e pluviosidade, favorecendo a formação de microclimas específicos (Jones, 2013). A região divide-se em 3 três sub-regiões: Baixo Corgo, Cima Corgo e Douro Superior, com áreas totais aproximadas em 45 mil, 95 mil e 110 mil hectares respectivamente (IVDP, 2019).

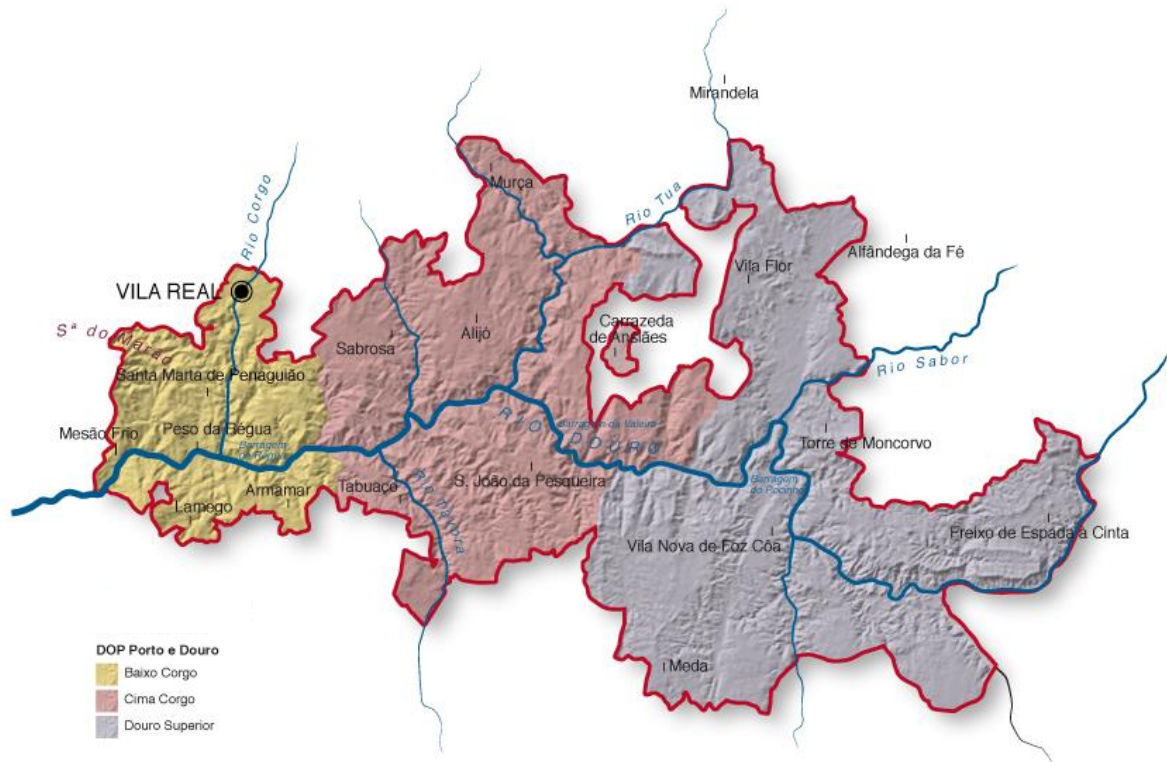


Figura 1 - Localização geográfica da Região Demarcada do Douro e suas 3 sub-regiões.

Fonte: <https://www.clubevinhosportugueses.pt/turismo/alto-douro-vinhateiro-caracterizacao-da-regiao-demarcada-do-douro/>

Condições climáticas difíceis para o cultivo da videira foram impostas desde o início da história da RDD, inclusive eventos extremos, no entanto estas características estão sendo agravadas através das mudanças climáticas (Schultz, 2000). Devido a presença da Serra do Marão e Montemuro, na sub-região do Baixo Corgo, as precipitações e ventos húmidos provenientes do oceano Atlântico ficam retidos nas cadeias de montanhas, em compensação os vales profundos que cortam toda a região até o extremo do Douro Superior, fazem com que as características do clima Mediterrânico, com invernos frios e verões muito quentes e secos tornem a região do Douro um ambiente único para a viticultura (IVDP, 2019). Pode-se observar através da Tabela 1 as variações de altitude nas 3 sub-regiões.

Tabela 1 - Áreas e altitudes das sub-regiões da Região Demarcada do Douro.

Sub-região	Área (ha)	Altitude (m)				
		Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Diferença
Baixo-Corgo	39.624	412	203,6	1.408	42	1.366
Cima-Corgo	92.109	482	176,1	964	51	913
Douro-Superior	120.165	423	158,3	887	102	785
Total	251.898	443	175,2	1.408	42	1.366

Fonte: (Jones, 2013).

Na região as precipitações são irregulares ao decorrer do ano, concentradas no inverno, nos meses de dezembro e janeiro. A RDD possui valores elevados de insolação total durante o verão, tornando-o seco e quente, resultando em evapotranspirações extremamente altas e tornando o déficit hídrico uma realidade onipresente, que limita a produção e a qualidade das vindimas (Jones, 2013).

A respeito das mudanças climáticas na RDD, modelos matemáticos de previsão apontam para um aumento nas temperaturas máximas, especialmente durante o verão, com valores variando de 2°C até 2065 e de 4°C até 2100. Segundo estes mesmos modelos, a precipitação sofrerá reduções de até 20%, nos meses de verão, sendo previstos aumentos insignificantes da pluviosidade nos meses de inverno (Miranda et al., 2018). Jones (2013) apresentou em seu trabalho sobre as alterações climáticas na RDD dados que corroboram com a literatura no tocante ao aumento das temperaturas máximas, maior frequência de eventos extremos, especialmente durante o verão e menores precipitações anuais, com destaque para reduções de precipitações na primavera a partir da segunda metade do século XXI. Estes dados foram coletados a partir de projeções futuras segundo os modelos aplicados (Jones, 2013).

### 2.3 Touriga Franca

A Touriga Franca é a segunda casta mais produzida em Portugal, além de ser autóctone deste país. Esta variedade é resultado de cruzamentos entre a casta Touriga Nacional e Marufo (Magalhães, 2008).

Esta variedade apresenta como pontos principais a sua regularidade de produção frente às condições adversas além de possuir boa qualidade para vinificação, desta forma tem-se observado seu cultivo em diversas regiões de denominação protegida portuguesas (Magalhães, 2008).

As principais características desta casta estão expostas na tabela a seguir, segundo Bohm, 2010.

Tabela 2 – Características da casta Touriga Franca.

<b>Atributo</b>	<b>Classificação</b>
Extremidade do ramo jovem	Aberta
Pigmentação antociânica	Média
Densidade de pelos prostados	Alta
Flor	Hermafrodita
Forma da folha adulta	Pentagonal, trilobada, seio peciolar fechado, base em V
Pâmpano	Estriado vermelho
Gomos	Avermelhados
Cachos	Médio, cônico-alado, compacto, pedúnculo curto
Bagos	Arredondados, cor negro-azul, película espessa e polpa mole

Fonte: (Bohm, 2010).

A Touriga Franca é precoce, especialmente os estádios de abolhamento, floração e pintor, o tempo de maturação dos bagos desta casta é médio, tendo potencial de produção de 8 a 16 toneladas por hectare. Nos atributos fitossanitários ressalta-se ser sensível ao míldio e oídio (Sousa et al, 2007), quanto às pragas, possui forte susceptibilidade à traça da uva mas é resistente à ataques de cigarrinha verde (Magalhães, 2003). Além destas características podemos citar sua fácil adaptação a diferentes sistemas de condução, evitando solos profundos e húmidos. É importante citar a resistência desta casta à radiação solar, tanto nas folhas como nos bagos, de forma a sofrer menos com o escaldão (Magalhães, 2008).

Em relação às suas características vitivinícolas, suas uvas produzem mostos de graus alcoólicos prováveis entre 12 a 14% e uma acidez mediana, estes não possuem grandes quantidades de açúcares mas têm altos teores de polifénóis, dando ao vinho cores intensas e aromas complexos (Magalhães, 2003).

## **2.4 Estratégias de mitigação dos efeitos das alterações climáticas na viticultura**

Existem muitas opções para mitigar os efeitos das alterações climáticas na viticultura e produção de vinhos, podendo-se abordar estratégias de uma perspectiva temporal e assim trabalhar com o ambiente de forma integrada com fatores abióticos e por fim aplicar opções diretas na planta, com impactos significados nos processos fisiológicos e consequentemente, na produtividade e na qualidade do vinho (Leeuwen et al., 2013).

Sob a perspectiva temporal existem medidas de curto e longo prazo, assim quando se têm ações diretas ao decorrer de um estado fenológico até o fim do ciclo vegetativo, com estratégias realizadas a fim de controlar distúrbios pontuais, estas podem ser consideradas medidas de curto prazo (Santos et al., 2020). As videiras são plantas perenes que podem viver por centenas de anos, assim medidas de longo prazo aplicadas durante a instalação de uma vinha são extremamente necessárias para, no mínimo, mitigar os efeitos mais notáveis das alterações climáticas, considerando que muitas mudanças significativas devem ocorrer nos próximos anos (Hannah et al., 2013).

### **2.4.1 Controlo da maturação, incidência solar e microclima.**

Leeuwen & Darriet (2016) apresentaram em seu trabalho sobre o impacto das alterações climáticas na qualidade do vinho, técnicas que estão sendo utilizadas para postergar a maturação e assim realizar a vindima em momentos mais tardios, afim de evitar temperaturas altas e reduzir a oxidação pós colheita, para isso demonstraram técnicas envolvendo a forma do dossel, a redução da assimilação pelas folhas acima dos cachos, removendo-as e por fim reduzir o tamanho do dossel para evitar o consumo elevado de água e nutrientes. Alguns autores também sugerem a remoção de parte das folhas próximas aos cachos o que pode se tornar contraditório em razão das maiores incidências de raios solares UV-B previstas, podendo aumentar a quantidade de lesões por queimaduras (Santos et al., 2020).

Como estratégia de mitigação contra a forte incidência de raios UV-B e os consequentes problemas associados, alguns autores sugerem o uso de substâncias refletoras, como o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), para aumentar a reflexão da luz solar, assim reduzindo a assimilação de carbono e consumo de água (Moutinho-Pereira et al., 2015).

#### 2.4.2 Manejo do solo como estratégia de mitigação das alterações climáticas.

A conservação do solo não é somente uma medida de mitigação dos efeitos das alterações climáticas na viticultura, como também uma necessidade de preservação de recursos naturais. Sob a perspectiva das alterações climáticas, o solo é o maior reservatório de carbono da biosfera, assim torna-se a ferramenta de gestão mais poderosa contra o efeito estufa (Lal, 2010).

A mobilização do solo realizada na viticultura traz uma série de problemas de caráter físico, químico e biológico. A estrutura do solo é pulverizada nestes processos, que são realizados com diversos implementos agrícolas, o que o torna exposto a processos erosivos com facilidade, levando consigo nutrientes e reduzindo a fertilidade. Os atributos biológicos do solo, vistos através da macro e micro fauna principalmente, são prejudicados e a matéria orgânica é mineralizada (Gómez et al., 2009).

A literatura científica tem inúmeros trabalhos a respeito da conservação do solo pela não mobilização, pregando a utilização produtos químicos no controle de plantas daninhas e a cobertura do solo, além da utilização de compostos orgânicos como fertilizantes. XI et al., (2010) afirmaram que o solo das vinhas deve ser coberto por vegetais, espontâneos ou cultivados, especialmente nas estações de chuva para proteger o solo da erosão, controlar pragas e doenças e até mesmo moderar a temperatura do solo.

As coberturas vegetais utilizadas nas vinhas devem ser escolhidas levando em consideração as características pedoclimáticas, como o tipo de solo e clima predominante. Leguminosas podem ser interessantes por fixar nitrogênio atmosférico, aumentando assim a fertilidade do solo, no entanto recomenda-se trabalhar com misturas forrageiras de diversas espécies, levando em consideração a possível competição por água e nutrientes (Fraga et al., 2018).

#### 2.4.3 Gestão hídrica

A água é essencial para a vida das plantas, obrigatória no processo de fotossíntese e muitos outros. Com esta premissa a humanidade geriu a oferta de água desde muito cedo na agricultura, incluindo a produção de uva e vinho. Se atendo ao objetivo deste trabalho, a rega na vinha é objeto de controlo de qualidade e produtividade especialmente pela relação direta entre a disponibilidade

hídrica e a concentração de açúcares e compostos de interesse, que conseqüentemente dão origem a diversos tipos de vinhos (Deloire et al., 2004).

A deficiência hídrica na videira, realizada de forma controlada, favorece o acúmulo de açúcares e compostos fenólicos, essenciais para vinhos de qualidade, ao mesmo tempo em que ocorre uma redução de produtividade devido a diminuição no tamanho dos bagos (Carbonneau, 2007). As videiras naturalmente estão sujeitas a grandes déficits hídricos durante seu período vegetativo, no entanto em climas como o mediterrânico esta situação pode sair do controle, principalmente nas vinhas onde a irrigação não está presente. Neste clima, com verões tradicionalmente quentes e secos, o estresse hídrico pode ultrapassar os limites do interesse e ocasionar danos irreversíveis. Assim a rega se torna uma poderosa ferramenta na mitigação dos efeitos das alterações climáticas (Blanco-Ward et al., 2019).

Antes de definir a quantidade de água a ser utilizada na irrigação é preciso ter conhecimento do estado hídrico da planta, sobretudo nas vinhas em que temos limitação de água disponível para a rega e desejamos obter uvas de qualidade. O controle do estado hídrico pode ser realizado de forma direta, com medições fisiológicas nas plantas, ou de forma indireta através da quantidade de água presente no solo. Dentre os métodos utilizados para conhecer o estado hídrico das plantas a medição de potencial hídrico foliar é o mais consolidado a nível internacional (Ojeda et al., 2001).

Ojeda (2007) em seu trabalho sobre rega qualitativa de precisão na viticultura apresentou valores de referência de potencial hídrico na videira em função do estágio fenológico, considerando também o destino da produção, ora para sumos ou vinhos finos, a metodologia pode ser melhor observada através da Figura 2.

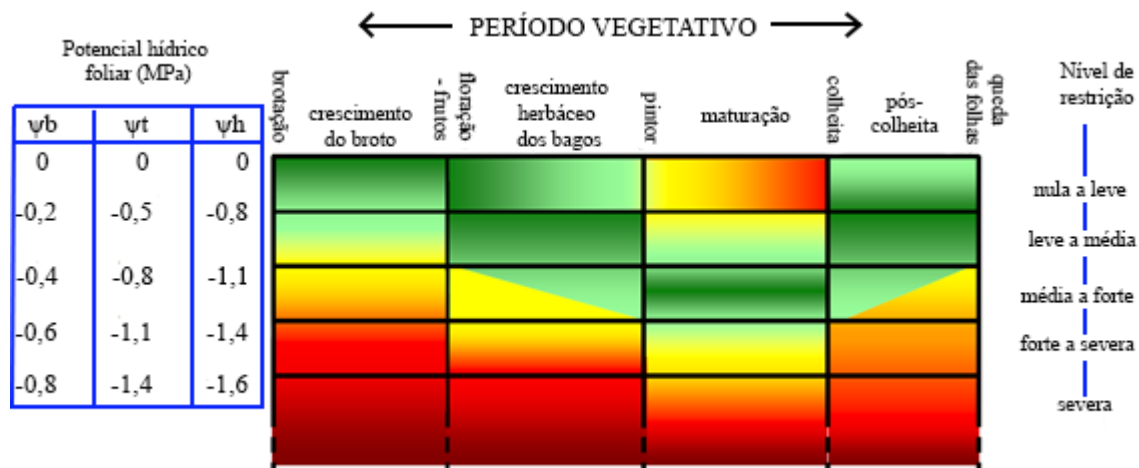


Figura 2 - Modelo para o seguimento e controlo do estado hídrico da videira.  
 Fonte: Ojeda, (2007).

Atualmente a melhor opção, para a aplicação da dotação de rega, apresentada pela literatura está na irrigação por gotejamento, método com maior eficiência no uso da água (Sauer et al., 2010). Este método em conjunto com a automação tem se mostrado um grande aliado na economia da água, que sofrerá restrições de disponibilidade no futuro em virtude das alterações climáticas (Fraga et al., 2018). A oferta de água através da rega é estabelecida a partir de valores de evapotranspiração, definidos pelo deslocamento por evaporação da água do solo e transpiração da planta pela atmosfera.

#### 2.4.4 Seleção de castas e porta-enxertos

A seleção de variedades está fortemente influenciada pelo potencial adaptativo às alterações climáticas, o que traz à tona um grande desafio para a produção de vinhos de qualidade que possuam longínqua tradição na escolha das castas. Regiões que tendem a se tornar aptas para a viticultura, como o norte da Europa, poderão tomar vantagem de castas existentes em outras localidades (Hannah et al., 2013).

Os programas de melhoramento genético terão que ter como principal objetivo o potencial adaptativo das castas às alterações climáticas, notoriamente as mais resistentes as altas temperaturas e ao stresse hídrico terão prioridade. Castas autóctones têm se mostrado uma opção essencial pela

melhor adaptação às alterações climáticas da própria região onde tem sido cultivadas durante centos de anos (Tello et al., 2012).

A escolha da casta é feita em conjunto com o porta-enxerto que irá recebe-la, e este componente da videira é essencial como estratégia de mitigação contra as alterações climáticas, principalmente pelo aumento potencial na pressão de pragas e doenças (Deutsch et al., 2018). Os porta-enxertos também podem ser selecionados pela resistência aos estresses hídrico e térmico, inclusive gerando aumentos de produtividade (Hedberg et al., 1986).

#### 2.4.5 Sistemas de condução

Smart & Robinson (1992) definiram os sistemas de condução das videiras como sendo uma série de escolhas feitas desde a implementação de uma vinha até as operações de manutenção ao decorrer dos anos. Nestas decisões estão incluídos o compasso de plantação, tipo de poda, orientação espacial das linhas de plantação, intervenções em verde (despontas, desfolhas e mondas de cachos) e a orientação da sebe, bem como a sua altura e largura.

O potencial de crescimento vegetativo de uma videira é dependente do clima na qual está inserida. Por exemplo, em países tropicais as parreiras costumam ser conduzidas em espaldeira ou sistemas em Y, devido à grande produção de biomassa proporcionada pelas elevadas temperaturas e humidade durante o ano todo. Em países de clima temperado e frio, as videiras ficam restritas à primavera e verão para efetuar seu crescimento vegetativo e reprodutivo, trazendo desafios de controlo na relação de “source-sink” ( Smart & Robinson, 1992). O sistema de condução da vinha tem influência em 6 pontos importantes como: captação de luz solar, microclima na zona dos cachos, processos fisiológicos, especialmente na respiração, na qualidade e na quantidade da produção, uso dos nutrientes do solo e por fim o rendimento econômico (Trujillo et al., 2001).

Independente do sistema de condução a ser escolhido nas vinhas sujeitas às alterações climáticas, as estratégias a serem adotadas circundam em quatro princípios (Santos et al., 2020), que são: maximizar a eficiência do uso da água; reduzir a radiação solar incidente nos cachos; atrasar a maturação; reduzir o acúmulo de açúcares.

As previsões apontam para um agravamento da seca em certas zonas do sul da Europa, dessa forma as técnicas que reduzam a trajetória de translocação da água, bem como a redução da

transpiração foliar terão melhores resultados, como exemplo tem-se os sistemas Guyot (Magalhães, 2008). Grandes impactos dizem respeito a radiação solar, assim ferramentas dos sistemas de condução como geometria de dossel, orientação e distância dos bardos, sempre levando em conta o uso da água e o risco de doenças como a podridão dos cachos (Grifoni et al., 2008).

### 3. Material e métodos

#### 3.1 Localização e características do ensaio

A vinha onde foi instalado o ensaio está situada na localidade de Santa Comba de Vilariça (Bragança, Portugal) (41°20'49.4"N 7°03'44.3"W) (altitude: 226 m). As videiras foram plantadas no ano de 2016 com porta-enxerto 1103 Paulsen e a casta Touriga Franca (*Vitis vinifera* L.) com uma estrutura metálica com 3 níveis de arames formando uma espaldeira. O experimento percorreu ao longo do ano 2020, mas é importante destacar, que o início dos dois tipos de poda e da rega com as diferentes dotações para cada tratamento iniciou-se no 2019. Isto foi feito para reduzir ao mínimo a influência que estas técnicas culturais têm na colheita e desenvolvimento das culturas perenes no ano seguinte. Por exemplo, a rega pode favorecer a indução floral dos gomos e o sistema de formação pode condicionar a estrutura da parede vegetativa a depender do comprimento do tronco da videira.

A fertilização foi feita mediante uma só aplicação anual ao solo, no início da primavera com as seguintes unidades fertilizantes: 30 kg N, 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e 45 kg K<sub>2</sub>O por hectare. A gestão do coberto do solo foi tratada mediante aplicação de herbicida no mês de fevereiro na linha das videiras e destroçado da vegetação infestante entre linhas no mês de abril e junho.

O compasso de plantação foi de 1,1 x 2,2 m (3.636 videiras por ha) e a altura do primeiro arame a 0,60 m. Sobre este arame se formou os braços do sistema de formação em Cordão Royat e no sistema Guyot a altura do tronco é inferior à altura do arame. Também foi aproveitado este arame para colocar, por debaixo do mesmo com ajuda de presilhas, a tubaria com gotejadores autocompensantes do sistema de rega. Estes gotejadores tinham um espaçamento de 1 metro e um caudal de 1,5 l/h.

A poda foi feita no mês de fevereiro, durante a parada vegetativa. Nos dois sistemas de poda avaliados, a carga foi de 8 gomos. No Cordão Royat deixaram-se 4 talões com 2 gomos férteis e no Guyot um talão com 2 gomos e uma vara com 6. Esta vara foi atada ao arame posteriormente para que os gomos estivessem a mesma altura e reduzir a acrotonía ou dominância apical.

Para caracterizar as condições climáticas da parcela do ensaio e obter dados meteorológicos para o cálculo das dotações de rega, foi instalada uma estação meteorológica automática. Assim,

foram registadas as principais variáveis meteorológicas: temperatura, humidade relativa, radiação solar, velocidade e direção do vento e a precipitação. A partir dos dados obtidos foi elaborado um hidrograma anual, que se apresenta na secção de resultados, além da humidade relativa, déficit de pressão de vapor (DPV) e três índices bioclimáticos, nomeadamente índice de Huglin (IH), índice de Winkler e o índice GST, que representa a temperatura média durante o período vegetativo (Fontes et al., 2016). As fórmulas dos índices estão descritas a seguir:

- Temperatura média no período vegetativo (GST)

$$Média\ GST = \sum_{1\ abril}^{30\ set} \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) \div n$$

- Índice de Winkler (GDD)

$$GDD = \sum_{1\ abril}^{30\ set} (T - 10)$$

- Índice de Huglin (IH)

$$HI = \sum_{1\ abril}^{30\ set} \left( \frac{(T - 10) + (T_{max} - 10)}{2} \right) \times d$$

Onde:

T = Temperatura média diária;

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima diária;

T<sub>min</sub> = Temperatura mínima diária;

d = Coeficiente relacionado com o comprimento do dia (valor considerado de 1,02).

### 3.2 Delineamento experimental

Na parcela que foi cedida pelo agricultor para a realização do ensaio, foi escolhida uma zona sem bordaduras e com tipologia do solo homogénea, apresentada na Figura 3.

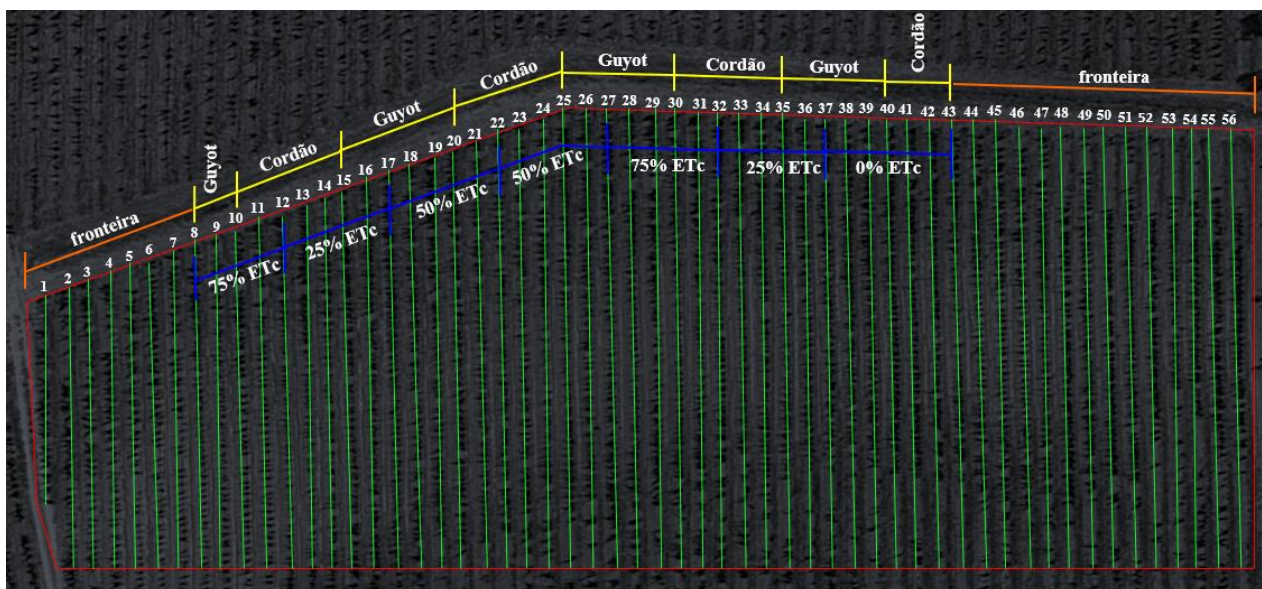


Figura 3 - Parcela experimental com representação do tipo de poda e quantidade de rega.

Como um dos principais objetivos era comparar dois tipos de poda com diferentes tratamentos de rega deficitária foi realizado um delineamento experimental complexo que se descreve a continuação: Dentro da parcela-ensaio foi implementada a poda em Guyot Simples para 5 bardos e de forma intercalada em Cordão Royat Simples para outros 5 bardos (Figura 3). Posteriormente foi instalada rega por sectores para cada tipo de poda, de tal forma que houve linhas causalizadas com o mesmo tipo de poda e a mesma rega em duas zonas diferentes da parcela-ensaio. Entre estas linhas foram seleccionados 3 blocos de 5 videiras consecutivas nas quais foram feitas todas as medições, tanto fisiológicas como agronómicas.

Os tratamentos de rega, assim como a codificação utilizada para referir os diferentes tratamentos se especificam na Tabela 2. Os tratamentos de rega deficitária foram 3, com rega máxima do 75% da ETc, e um tratamento controlo, sem rega.

Tabela 3 - Diferentes tratamentos e os seus códigos utilizados no experimento.

<b>Código</b>	<b>Sistema de formação</b>	<b>Rega (% ETc)</b>	<b>Água aplicada com a rega (m<sup>3</sup>/ha)</b>
<b>TG0</b>	Guyot	0	0
<b>TG25</b>	Guyot	25	442,2
<b>TG50</b>	Guyot	50	844,4
<b>TG75</b>	Guyot	75	1326,5
<b>TC0</b>	Cordão Royat	0	0
<b>TC25</b>	Cordão Royat	25	442,2
<b>TC50</b>	Cordão Royat	50	844,4
<b>TC75</b>	Cordão Royat	75	1326,5

### 3.3 Cálculo das dotações de rega

Para determinar o início da rega foram feitas medições do potencial hídrico de base uma vez que finalizaram as chuvas da primavera, seguindo o modelo de estado hídrico da videira Ojeda (2007). Assim iniciou-se a rega quando as videiras apresentaram valores médios de potencial hídrico de -0,4 MPa. No presente ano do ensaio, 2020, isto aconteceu a partir do 30 de junho. O final da rega foi no dia 8 de setembro uma semana depois da vindima, coincidindo com as primeiras precipitações do final do verão, como demonstrado pela Figura 2, exposta anteriormente no referencial teórico.

As dotações de rega foram calculadas semanalmente de acordo com a metodologia proposta por Allen et al., (1998) obtendo os valores da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) de acordo com a equação modificada da FAO Penman-Monteith e um coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>).

### 3.4 Fenologia

Para ter uma cronologia das diferentes fases do ciclo da videira foi feito o registro dos estados fenológicos principais. Para o seguimento dos estados fenológicos foram selecionadas 6 videiras representativas em toda a parcela-ensaio e semanalmente eram registrados o estado mais adiantado, o mais atrasado e o estado dominante de cada uma de elas utilizando a escala BBCH (Lorenz et al., 1995).

### 3.5 Medições fisiológicas

Ao longo do ciclo vegetativo da videira e mais concretamente com o início da rega e até a altura da vindima foram feitas diferentes jornadas de trabalho de campo. As medições fisiológicas se concentraram em dois dias: 29 de julho e o 28 de agosto de 2020.

#### 3.5.1 Potencial hídrico de base ( $\Psi_{pd}$ )

Ao longo da temporada de rega foram feitas medições do potencial hídrico de base para avaliar o efeito do estresse hídrico nos diferentes tratamentos, tanto de rega como de sistema de poda. O potencial hídrico de base da folha foi medido antes do amanhecer para poder avaliar o estado geral da planta, dado que a noite todas as partes da videira entram em equilíbrio. Estas medições foram feitas em folhas adultas, sãs, sem roturas nem descolorações que eram retiradas das videiras dos blocos selecionados em cada linha de tratamentos e levadas rapidamente para a câmara de pressão (modelo 1000, PMS, Instrument Company, Albany, USA). Foram feitas 4 repetições medições (folhas) de  $\Psi_b$  em cada tratamento.

#### 3.5.2 Conteúdo de água nas folhas

Para a determinação do conteúdo relativo de água na folha foi seguida a metodologia descrita por (Oliveira et al., 2018) com pequenas adaptações. Foram selecionadas 8 folhas, adultas e sadias, por tratamento. Além do CRA, foram obtidas as áreas foliares (AF) das mesmas folhas. Para obtenção das AF, as folhas foram digitalizadas e em seguida processadas através do Software ImageJ (Rueden et al., 2017).

#### 3.5.3 Trocas gasosas

A avaliação das trocas gasosas foi efetuada através de um analisador de gases por infravermelhos, designado por IRGA (Infrared Gas Analyzer) (modelo LCA-4, Analytical Development Co., Hoddesdon, England). Este aparelho permitiu obter os registos de condutância estomática ao vapor de água (gs) e a taxa de transpiração (E), analisados neste ensaio.

As folhas utilizadas eram adultas, em bom estado físico, sanitário e bem expostas à radiação. Fizeram-se as medições em 4 folhas por tratamento para a campanha de 29/07/2020 e 5 folhas em

27/08/2020, em dois momentos diferentes do dia, no início da manhã (10h) e no meio dia solar (14h).

#### 3.5.4 Índice SPAD

O índice SPAD, considerado uma medida de conteúdo de clorofila e consequente estado nutricional foi medido com um analisador portátil (Model, SPAD-502 plus, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan). O medidor de clorofila mede a transmitância da luz através das folhas em dois comprimentos de onda para os quais a absorbância da clorofila é diferente, fornecendo estimativas adimensionais do teor foliar de clorofila, transmite o tom de verde da folha, o qual é afetado por vários fatores, sendo o principal o teor de N na planta.

As medições foram feitas em folhas adultas, bem expostas com 6 repetições para cada tratamento, sendo que em cada repetição utilizaram-se 6 folhas.

#### 3.5.5 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O índice de vegetação por diferença normalizada, do inglês - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) foi medido com o equipamento Fieldscout Cm 1000@NDVI, (Spectrum Technologies, Plainfield, Illinois, USA) que compara, por detecção remota, a luz emitida sobre uma folha e refletida, em dois comprimentos de onda, 660 nm (em que a clorofila absorve) e 840 nm (em que a clorofila não absorve). A medição de NDVI foi realizada apenas na campanha de 27/08/2020 sendo utilizadas 6 repetições, cada uma delas com 6 folhas.

### 3.6 Parâmetros agronômicos

#### 3.6.1 Caracterização da parede vegetativa

Um dos objetivos do trabalho foi comparar dois sistemas de poda a fim de perceber qual estaria melhor adaptado ao clima muito quente e a eventos de ondas de calor que causam o temido “escaldão” da videira. Para isso foi caracterizada a estrutura da parede vegetativa.

Utilizou-se a metodologia do Point Quadrat proposta por Smart & Robinson, (1992). Assim, em cada bloco de 5 videiras selecionadas, desde a primeira videira foi medido em 2 metros

consecutivos e cada 20 cm, sendo igual a 10 inserções de uma vareta metálica de 1 m de comprimento. Posteriormente os seguintes resultados puderam ser obtidos: A porosidade do coberto (PB), expressa pela zona onde não haviam folhas ou cachos. O Número de camadas da folha (NC), que se refere ao número de camadas de folhas de um lado a outro da copa, sendo uma medida da densidade foliar e, indiretamente, do microclima da zona do cacho. A Porcentagem de folhas internas (PFI), uma medida da densidade das folhas e, indiretamente, do microclima da área do cacho. A Porcentagem de cachos internos (PCI), uma medida do grau de exposição dos cachos e do seu microclima.

A partir dos dados obtidos se determinaram:

- *Porosidade do coberto (PB, em %)* =  $\left( \frac{n^{\circ} \text{ total de buracos}}{n^{\circ} \text{ total de inserções}} \right) \times 100$
- *Nº de camadas de folhas (NC)* =  $\frac{n^{\circ} \text{ de folhas tocadas pela vara}}{n^{\circ} \text{ de inserções}}$
- *% Folhas interiores (PFI)* =  $\left( \frac{n^{\circ} \text{ total de folhas interiores}}{n^{\circ} \text{ contactos com folhas}} \right) \times 100$
- *% Cachos interiores (PCI)* =  $\left( \frac{n^{\circ} \text{ total de cachos interiores}}{n^{\circ} \text{ contactos com cachos}} \right) \times 100$

### 3.6.2 Dimensões da sebe

Foram realizadas medições de altura e espessura da sebe nos diferentes tratamentos do ensaio, em todos os blocos demarcados, sendo feitas 3 repetições 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.

A partir dos dados coletados foi possível obter a Superfície Foliar Exposta (SFE), atributo que mede a parte vegetativa exposta a radiação solar. As folhas presentes neste superfície são as que mais contribuem para a fotossíntese, assim possuem influência direta nos atributos de qualidade das uvas e qualidade dos vinhos. Esta componente foi obtida através da fórmula proposta por Smart & Robinson (1992):

$$SFE (m^2/ha) = (2 \times \text{altura da sebe} + \text{largura média da sebe}) \times n^{\circ} \text{ de metros de sebe}$$

Sendo que o número de metros de sebe foi obtido pelo compasso da plantação de 1,1 x 2,2 m (3.636 videiras por ha).

### 3.6.3 Produtividade, rendimento e índice de Ravaz

A vindima aconteceu no dia 2 de setembro de 2020. Nesse dia foi feita a colheita manual dos cachos das videiras selecionadas, 30 para cada tratamento, pesada a sua produção total e registrado o número de cachos. Posteriormente se fez colheita de amostras de cachos para análises físico-químicas em laboratório.

A partir da dotação de água aportada pela rega e a precipitação ao longo do ciclo vegetativo da videira foi calculada a produtividade da água.

Depois da caída da folha, no mês de dezembro, realizou-se a poda das videiras selecionadas, anotando o número de sarmentos e o peso da lenha de poda. Com este dado foi calculada a relação peso da produção por videira/peso da lenha de poda, conhecida como índice de Ravaz (Skinkis & Vance, 2013).

## 3.7 Avaliação da qualidade dos bagos e mostos

### 3.7.1 Características biométricas

A partir do final do pintor e no início da maturação, o que aconteceu no início do mês de agosto, começou-se a fazer medições da morfologia dos bagos. Foram determinados o peso dos bagos com uma balança analítica de precisão 0,0001g (RADWAG, AS 220.R2, Poland), o diâmetro equatorial e longitudinal com paquímetro digital (Powerfix® Electronic Digital Caliper, Model: Z22855, Paget Trading Ltd, London, UK). Para o cálculo do volume meio do bago foi seguida a metodologia descrita por Sofo et al., (2012).

Estas determinações foram feitas em 30 bagos para cada tratamento, recolhidos de forma aleatória nas linhas de cada tratamento. Os bagos eram transportados em condições de refrigeração até o laboratório.

### 3.7.2 Análises dos mostos na vindima

Na vindima foram colhidas 3 amostras de 100 bagos para cada tratamento de rega nas diferentes linhas de videiras do ensaio. Estas amostras foram colhidas nas primeiras horas da manhã, antes de que a temperatura do ar fosse elevada. Posteriormente, foram transportadas em condições de refrigeração para o laboratório. Cada saco com bagos foi esmagado e filtrado para obter mosto.

Com os mostos obtidos foram analisados: o conteúdo de Sólidos Solúveis Totais (SST) mediante um refractómetro (HI 96,811 Digital Brix Refractometer, HannaInstruments®, Woonsocket, RI, USA), o pH com potenciômetro (HANNA Edge HI2020-02; HANNA, Woonsocket, RI, USA) e a acidez total mediante a titulação com solução de hidróxido sódico e azul de bromotimol como indicador.

Por último, foram feitas medições de absorvâncias com o espectrofotômetro (UV-3100PC, VWR, Darmstadt, Germany), em amostras previamente centrifugadas a 5.000 rpm durante 5 minutos, a 420, 520 e 620 nm para determinar parâmetros relacionados com a cor. Por outro lado, foi diluído mosto com água destilada em relação 1:100 e medida a absorvância a 280nm para o cálculo do Índice de Polifenóis Totais (IPT), que permite classificar os mostos em função da sua riqueza fenólica. Para o cálculo aplica-se a seguinte equação:  $IPT = A_{280} \times 100$ .

### 3.8 Análise estatística

Para análise estatística dos dados foi utilizado o programa estatístico STATISTICA versão 12 (StatSoft, 2011). Os resultados obtidos foram submetidos à teste de Normalidade de Shapiro Wilk seguidos de ANOVA. As diferenças foram analisadas pelo teste de Skott- Knott, a nível de 5% de probabilidade de erro.

## 4. Resultados e discussão

### 4.1 Condições meteorológicas durante o período de ensaio

As condições meteorológicas observadas ao decorrer do ano de 2020 podem ser observadas nas Figuras 4 e 5. A precipitação média mensal teve grande variação ao decorrer do ano, sendo que o mês mais chuvoso foi abril, com mais de 140mm, evento atípico para a estação da primavera. Os meses de verão foram secos e quentes, no entanto houveram pequenos eventos de chuva no mês de agosto, período de maturação das uvas, que chegou a acumular 40mm. Em relação às temperaturas, pode-se observar que o mês de julho foi o mais quente, com temperaturas máximas próximas dos 40°C em determinados dias, o que resultou em eventos de escaldão na vinha. Além disso, a partir de julho pode-se observar uma redução gradual nas temperaturas máximas e mínimas, a passar pela estação outonal e a chegar no inverno com as menores temperaturas registradas ao decorrer do ano.

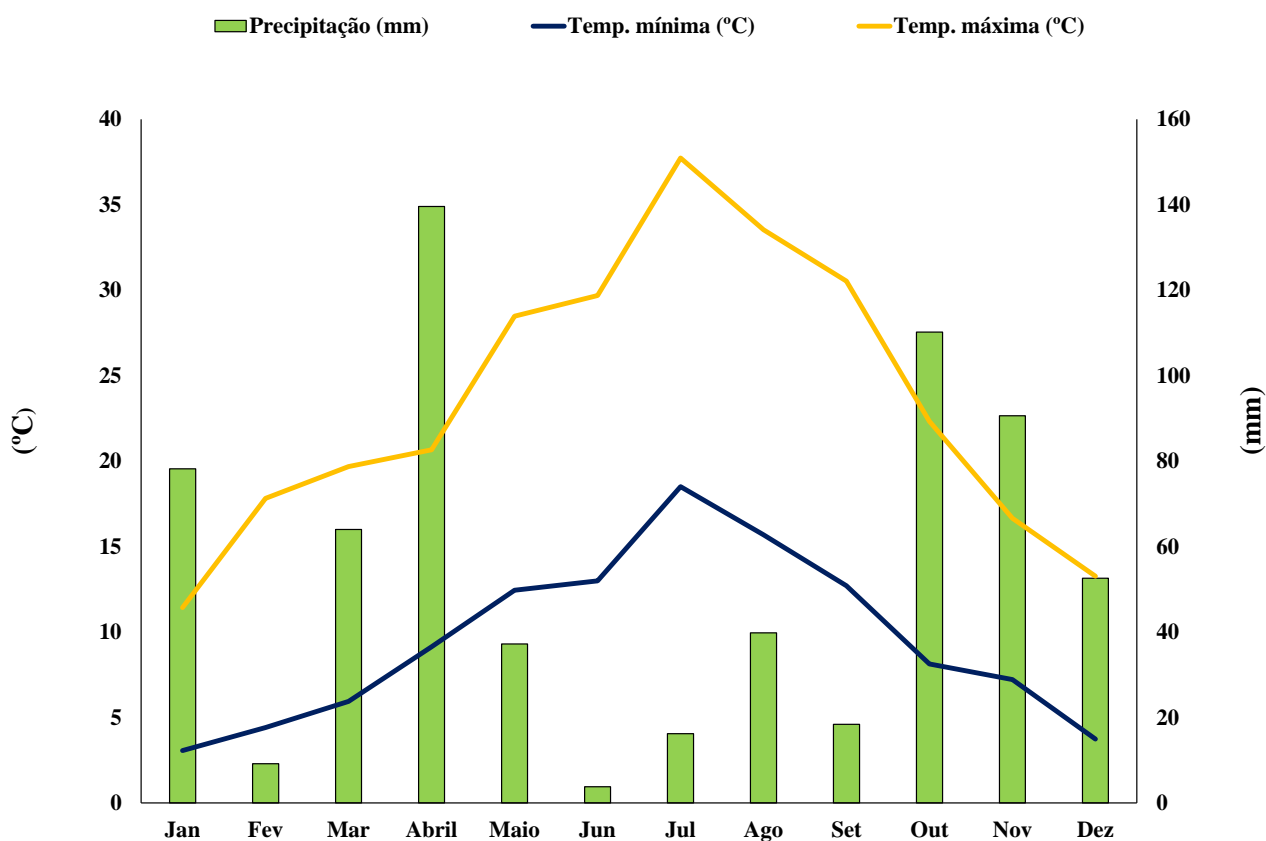


Figura 4 - Hidrograma referente ao ano de 2020 elaborado com os dados da estação meteorológica instalada no experimento.

Na figura 5 é apresentado os valores de déficit de pressão de vapor (DPV) médios mensais, em kPa, além da humidade relativa ao decorrer do ano de 2020. É possível observar uma relação inversa entre estes dois atributos climáticos. Especialmente durante o ciclo vegetativo da videira, no verão, com as altas temperaturas a humidade relativa se manteve inferior aos 60%, ao passo que o déficit de pressão de vapor (kPa) aumentou de forma marcante neste mesmo período.

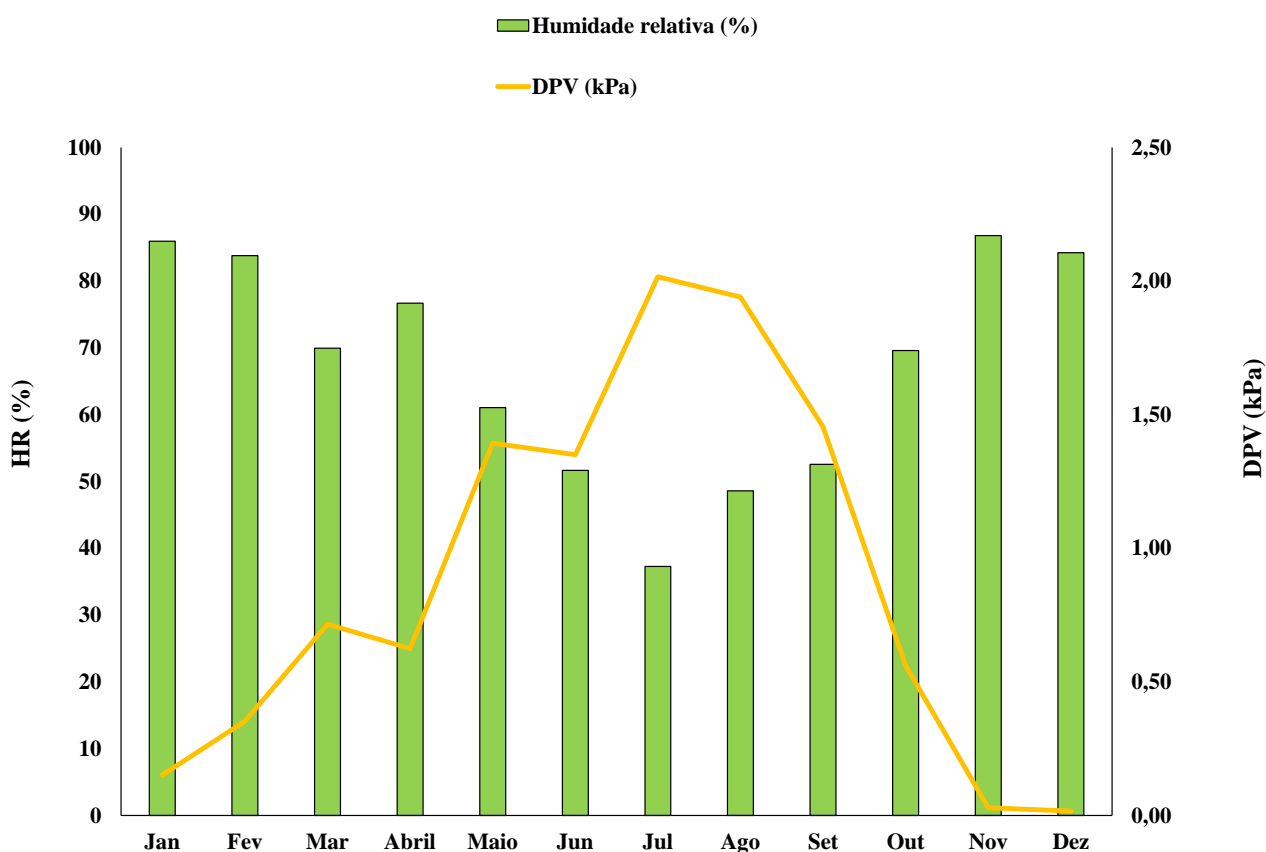


Figura 5 - Humidade relativa (%) e DPV (kPa) ao decorrer do ano de 2020.

A seguir, na Tabela 3, estão expostos os principais índices bioclimáticos utilizados para a viticultura. O índice GST, que representa a temperatura média no período vegetativo, apresentou o valor de 21,96 °C, considerado muito quente segundo Jones & Davis (2000). O índice de Winkler, também conhecido como GDD, está classificado como quente. Por fim, o índice de Huglin (IH) é considerado como muito quente (Fontes et al., 2016).

Tabela 4 – Índices bioclimáticos aplicados no ensaio.

ÍNDICE GST (01/04 a 30/09) - °C	21,96
ÍNDICE DE WINKLER - GDD (°C dia)	2186,43
ÍNDICE DE HUGLIN - IH (°C dia)	3007,18

## 4.2 Fenologia

O desenvolvimento fenológico foi acompanhado ao decorrer do ciclo vegetativo através da escala fenológica BBCH proposta por Lorenz et al., (1995). Em medições semanais eram observados os estádios atrasados, adiantados e dominantes, em 6 videiras (Tabela 4). Foi observado o período de gomos de inverno a pontas verdes (00 a 05) em todo o mês de fevereiro, ainda com muitas gemas dormentes em razão das baixas temperaturas. O período de brotação (05 a 09) foi constatado na primeira semana do mês de março, que teve sequência nos estádios de separação de folhas (09 a 16). Após 3 semanas sem medições foi constatado em 30/04 que as inflorescências estavam totalmente desenvolvidas (57) e uma semana após as primeiras flores de destacaram. Ao decorrer do mês de abril ocorreu o desenvolvimento dos bagos, que incharam ao passo que as flores não fecundadas abortaram, no final do mês os bagos estavam no estágio 79, caracterizado pelo fechamento do cacho. A primeira semana do mês de julho foi constatado o início de período de maturação dos bagos, o estágio 8, onde foi observado o pintor dos bagos, período este que teve início a rega das videiras inclusive. A partir do início da rega não foram feitas medições de fenologia, sendo que no dia da vindima em 02/09/2020 foi realizada uma medição em que se chegou ao estágio 89 em todas as videiras, sendo procedida a colheita, de acordo com o proposto por Lorenz et al., (1994).

Tabela 5 – Dados fenológicos do ensaio.

<b>Data</b>	<b>Escala BBCH (dominante)</b>	<b>Estado fenológico principal</b>	<b>Estado fenológico</b>
<b>19/02</b>	0	Brotação	Gomo de inverno
<b>27/02</b>	0	Brotação	Gomo de inverno
<b>10/03</b>	0.9	Brotação	Explosão de botão: pontas verdes do broto claramente visíveis
<b>18/03</b>	12	Desenvolvimento foliar	Duas folhas desdobradas
<b>25/03</b>	15	Desenvolvimento foliar	Cinco folhas desdobradas
<b>03/04</b>	14	Desenvolvimento foliar	Quatro folhas desdobradas
<b>07/04</b>	15	Desenvolvimento foliar	Cinco folhas desdobradas
<b>30/04</b>	57	Emergência de inflorescência	Inflorescências totalmente desenvolvidas, flores separando
<b>05/05</b>	60	Floração	Os primeiros florais destacados do receptáculo
<b>12/05</b>	66	Floração	60% dos botões de flores caídos
<b>20/05</b>	69	Floração	Fim da floração
<b>27/05</b>	73	Desenvolvimento dos bagos	Bagas do tamanho de uma moeda, os cachos começam a pendurar
<b>04/06</b>	77	Desenvolvimento dos bagos	Início do toque de baga
<b>08/06</b>	77	Desenvolvimento dos bagos	Início do toque de baga
<b>24/06</b>	79	Desenvolvimento dos bagos	Fechamento do cacho completo
<b>30/06</b>	79	Desenvolvimento dos bagos	Fechamento do cacho completo
<b>08/07</b>	83	Amadurecimento dos bagos	Bagas com cores brilhantes
<b>02/09</b>	89	Amadurecimento dos bagos	Bagas maduras para a colheita

### 4.3 Medições fisiológicas

#### 4.3.1 Potencial hídrico de base ( $\Psi_{pd}$ )

O estado hídrico das videiras no ensaio foi controlado através da medição do potencial hídrico de base ( $\Psi_{pd}$ ). Após o início da rega foram feitas 2 medições de potencial, em 29/07/2020 e 27/08/2020, que podem ser observadas na Tabela 5. Não houve interação significativa entre os fatores nível de rega e poda através da ANOVA, assim estes foram avaliados individualmente. Os níveis de rega impactaram o potencial hídrico das videiras na primeira avaliação (29/07/2020), na qual as plantas mantiveram maior hidratação em todos tratamentos com rega, em comparação ao tratamento sem rega. Na segunda avaliação (27/08/2020) este efeito de maior hidratação permaneceu nas plantas submetidas à rega em nível de 50% e 75% da ETc, mas com 25% da ETc não diferiu da testemunha. Provavelmente isto se deve ao efeito da água no solo devido às chuvas que ocorreram em agosto. Não houve efeito significativo do sistema de condução na hidratação das videiras, em nenhuma das duas datas de avaliação.

Tabela 6 – Potencial hídrico (mPa) de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente.

Tratamento	Potencial hídrico (MPa)	
	29/07/2020	27/08/2020
0	-0.63 c	-0.40 b
25	-0.43 b	-0.38 b
50	-0.34 a	-0.31 a
75	-0.26 a	-0.30 a
Cordão	-0.41 <sup>ns</sup>	-0.36 <sup>ns</sup>
Guyot	-0.40	-0.32
CV (%)	20.84	19.63

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ). <sup>ns</sup> não significativo pela análise de variância ( $p \leq 0.05$ ).

Os fatores que afetam o potencial hídrico são a incidência de radiação solar, temperatura, umidade, condições correspondentes ao clima local e principalmente a capacidade de retenção de água no solo (Roby & Matthews, 2004). Como resultado, se dá a definição na qualidade e quantidade produzida dos frutos. Sendo que há processos dependentes dessa disponibilidade de água, tais como a abertura dos estômatos e as trocas gasosas, se faz necessária um monitoramento para que reduza essa deficiência hídrica, caso contrário haverá uma diminuição na taxa transpiratória e na fotossíntese (Dinis et al., 2018). Por serem resultados da relação entre quantidade de água absorvida do solo, água perdida por transpiração e evaporação, condições climáticas mais quentes e secas

tornam o potencial hídrico mais negativo (Prichard et al., 2004) . Cabral (2017) em seu trabalho avaliou o efeito de diferentes dotações de rega na casta Touriga Franca, na mesma Região do Douro, e obteve resultados semelhantes aos encontrados no presente ensaio. Onde verificou-se que não havia grandes diferenças entre os tratamentos nas primeiras medições, ocorrendo uma redução nas medições posteriores.

#### 4.3.2 Conteúdo de água nas folhas

O Conteúdo Relativo de Água (CRA) foi estimado utilizando a relação da razão entre o peso fresco do tecido e o peso túrgido do tecido, também conhecido como o peso relativo do tecido, além do peso seco. Além destes atributos de massa foram obtidas as áreas foliares, utilizadas para os cálculos das variáveis expostas na Tabela 6, sendo respeitada a metodologia proposta por Oliveira et al., (2018).

Tabela 7 – Conteúdo relativo de água, massa foliar por área, densidade foliar, déficit de saturação em água e conteúdo de água em saturação de videiras sob quatro dotações de rega e dois sistemas de poda, avaliados em conjunto.

Nível de rega	CRA (%)		MFA (mg/cm <sup>2</sup> )		DF (g/kg)		DSA (%)		CAS (g H <sub>2</sub> O/g)	
	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot
<b>0</b>	87.10Aa	86.09Aa	7.55Ab	8.33Aa	316.98Bb	346.97Aa	12.89Ab	13.90Aa	0.32Aa	0.30Aa
<b>25</b>	84.59Bb	87.92Aa	8.54Aa	8.75Aa	353.70Aa	351.52Aa	15.40Aa	12.08Ba	0.33Aa	0.25Bb
<b>50</b>	88.07Aa	87.18Aa	8.34Aa	7.23Ba	328.47Ab	309.80Ab	11.93Ab	12.81Aa	0.28Ab	0.33Aa
<b>75</b>	88.66Aa	88.20Aa	8.52Aa	9.20Aa	349.22Aa	355.89Aa	11.33Ab	11.79Aa	0.24Ab	0.24Ab
<b>CV (%)</b>	2.56		10.96		6.44		6.44		20.03	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Através da análise de variância foi encontrado efeito significativo da interação entre os diferentes níveis de rega e poda, desta forma estes fatores foram avaliados em conjunto. Em relação ao conteúdo relativo de água (%), o tratamento com 25% da ETc apresentou diferença significativa, sendo que a poda em guyot teve maior valor de CRA, a poda em cordão, quando neste mesmo nível de rega, apresentou diferença significativa dos demais tratamentos. A massa foliar por área (mg/cm<sup>2</sup>) apresentou o tratamento com 50% da ETc na modalidade de poda cordão a diferir dos demais. A densidade foliar apresentou diferença significativa entre as modalidades de poda ao nível de rega do controlo, em sequeiro, sendo que a poda em guyot obteve um maior valor, o tratamento em 50% da ETc apresentou diferença significativa dos demais, com o menor valor de densidade foliar no sistema guyot. O déficit de saturação em água teve como diferença significativa o tratamento de rega de 25% da ETc sob condução cordão a diferir do guyot, a ressaltar que este atributo estava superior ao controlo. Por fim o atributo conteúdo de água em saturação apresentou o maior valor no

tratamento de rega a 25% da ETc sob o sistema de condução em cordão, com diferença significativa para com o sistema de poda guyot. Os maiores valores de água e saturação foram vistos no controle e em 25% da ETc, sob sistema de poda em cordão, que apresentaram diferença significativa dos demais, que estavam em maior conforto hídrico. Este padrão não se repetiu para a poda em guyot, que apresentou o controle e o tratamento a 50% da ETc com maiores valores, a diferir significativamente dos tratamentos a 25% e a 75% da ETc, no entanto ressalta-se que este atributo obteve o maior valor de CV (%).

Outros dois atributos obtidos através da metodologia exposta por Oliveira et al., (2018) foram a suculência e a taxa de transpiração cuticular, que podem ser vistos na Tabela 7.

Tabela 8 – Suculência e taxa de transpiração cuticular de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente.

<b>Tratamento</b>	<b>Suculência (mg H<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Taxa de transpiração cuticular (mg H<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>0</b>	15.93 <sup>ns</sup>	15.93 <sup>ns</sup>
<b>25</b>	15.94	15.94
<b>50</b>	16.55	16.55
<b>75</b>	16.28	16.28
<b>Cordão</b>	16.22 <sup>ns</sup>	16.22 <sup>ns</sup>
<b>Guyot</b>	16.13	16.13
<b>CV (%)</b>	9.88	9.88

<sup>ns</sup> não significativo pela análise de variância ( $p \leq 0.05$ ).

Tanto a suculência como a taxa de transpiração cuticular não apresentaram diferenças significativas pela análise de variância.

#### 4.3.3 Trocas gasosas

A taxa de transpiração e a condutância estomática foram obtidas em duas datas distintas, os resultados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 9– Taxa de transpiração e condutância estomática de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente.

Tratamento	Taxa de transpiração (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )		Condutância estomática (mol H <sub>2</sub> O m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	
	06/08/2020	27/08/2020	06/08/2020	27/08/2020
<b>0</b>	0.90 D	2.27 B	0.0043 C	0.0325 B
<b>25</b>	1.87 C	1.96 B	0.0181 C	0.0265 B
<b>50</b>	3.77 B	2.05 B	0.0575 B	0.0560 A
<b>75</b>	5.16 A	3.54 A	0.0825 A	0.0810 A
<b>Cordão</b>	2.85 <sup>ns</sup>	2.38 <sup>ns</sup>	0.039 <sup>ns</sup>	0.0482 <sup>ns</sup>
<b>Guyot</b>	3.00	2.53	0.042	0.0497
<b>CV (%)</b>	34.33	46.37	51.01	82.64

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ). <sup>ns</sup> não significativo pela análise de variância ( $p \leq 0.05$ ).

Ambas as variáveis não apresentaram interação significativa entre os tratamentos de rega e poda, de forma que o efeito destes foi avaliado individualmente. A respeito da taxa de transpiração referente ao dia 06/08/2020 apresentou diferença significativa entre todos os tratamentos de rega, de forma que foram agrupados em grupos distintos pelo teste de Scott-Knott, a ressaltar a maior taxa de transpiração no tratamento com maior conforto hídrico, e gradual diminuição conforme se restringiu a disponibilidade de água. Não houve efeito significativo entre os tratamentos de poda. Em relação à segunda medição, realizada em 27/08/2020, houve diferença significativa no tratamento de rega a 75% da ETC para com os demais, a manter o padrão de maior transpiração consoante a disponibilidade de água, e novamente não houve efeito significativo da poda.

A variável condutância estomática demonstrou comportamento estatisticamente similar à taxa de transpiração, sendo que em análise dia 06/08/2020 houve diferença significativa nos tratamentos de rega a 50% e 75% da ETC entre si e para com o controle e o de 25% ETC, a demonstrar maiores valores consoante o aumento da disponibilidade hídrica, o efeito da poda não foi significativo nesta data. A medição realizada em 27/08/2020 apresentou efeito significativo entre os tratamentos 50% e 75% para com os demais, a formar dois grupos distintos segundo o teste de Scott-Knott, por fim a poda não teve efeito significativo nesta variável. É importante destacar nesta medição o alto valor do coeficiente de variação (%). O estresse hídrico tem como resultado o fechamento dos estômatos e conseqüentemente a diminuição da transpiração foliar, o que é potencializado com as altas temperaturas (Dinis et al., 2018), este comportamento pôde ser observado através do ensaio nos diferentes tratamentos de rega e controle.

#### 4.3.4 Índice SPAD

O índice SPAD é um método não destrutivo para avaliar o conteúdo de clorofilas, sendo que os resultados são apresentados em unidades SPAD. Foram feitas duas medições de índice SPAD durante a maturação, os resultados estão expostos na tabela 9.

Tabela 10 – Índice SPAD dos diferentes tratamentos do ensaio medidos em duas datas distintas.

Nível de rega	Índice SPAD			
	29/07/2020		27/08/2020	
	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot
0	40.38 Aa	36.80 Bb	32.46 Bb	37.48 Aa
25	39.48 Aa	37.28 Ab	39.20 Aa	35.70 Ba
50	39.88 Aa	40.65 Aa	37.10 Aa	36.18 Aa
75	38.33 Ba	41.45 Aa	37.88 Aa	35.96 Aa
CV (%)	5.23		7.58	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

A análise de variância (ANOVA) apresentou efeito significativo da interação entre os tratamentos de rega e poda, assim estes foram avaliados em conjunto. Em relação a medição feita em 29/07/2020, houve diferença significativa no tratamento controlo entre as duas modalidades de poda, sendo que a condução em cordão obteve o maior valor médio, transcrito em uma maior concentração de clorofilas, este comportamento se inverteu no tratamento com maior hidratação, 75% da ETc, que apresentou diferença significativa entre as modalidades de poda e a condução em Guyot apresentou maior concentração de clorofilas. Foram obtidas diferenças significativas entre os tratamentos de rega dentro da modalidade Guyot, com o tratamento controlo e a rega em 25% ETc a diferir dos tratamentos 50% e 75% da ETc, que apresentaram maiores concentrações de clorofilas nas folhas.

A segunda medição de SPAD, realizada em 27/08/2020, apresentou diferença significativa entre as modalidades de poda dentro da rega controlo, sequeiro, de forma que o Guyot apresentou maior valor SPAD, em contradição com o resultado obtido na primeira medição. Este comportamento se inverteu para o tratamento de rega a 25% ETc, em que o cordão teve maior valor. Além disto, para o desdobramento da rega dentro da poda cordão, todos os tratamentos de rega diferiram significativamente do controlo, que obteve valores baixos de índice SPAD, relacionados com o teor de nitrogênio das folhas, a indicar uma possível deficiência, assim nessas videiras se verificou uma maior degradação das clorofilas devido á condição de stresse.

#### 4.3.5 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Por fim, o último atributo fisiológico avaliado neste ensaio, o NDVI, está apresentado na Tabela 10.

Tabela 11 – NDVI de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente.

<b>Tratamento</b>	<b>NDVI</b>
<b>0</b>	0.86 <sup>ns</sup>
<b>25</b>	0.84
<b>50</b>	0.83
<b>75</b>	0.84
<b>Cordão</b>	0.84 <sup>ns</sup>
<b>Guyot</b>	0.85
<b>CV (%)</b>	3.39

<sup>ns</sup> não significativo pela análise de variância ( $p \leq 0.05$ ).

Foi realizada uma única medição de NDVI em 29/07/2020, no início da maturação dos bagos, e não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos de rega e poda ou interação significativa entre estes.

## 4.4 Parâmetros agronômicos

### 4.4.1 Estrutura da parede vegetativa

A estrutura vegetativa também foi objeto de estudo do presente ensaio e foi mensurada através do método Point-quadrat. Os resultados referentes à primeira medição estão expostos na Tabela 11.

Tabela 12 – Camadas de folhas, folhas interiores, cachos interiores e porosidade do coberto obtidos através de point-quadrat de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente.

Tratamento	07/07/2020			
	CF	PFI (%)	PCI (%)	PB (%)
0	1.58 <sup>ns</sup>	50.20 <sup>ns</sup>	58.33 <sup>ns</sup>	20.00 A
25	1.83	54.43	81.25	13.33 B
50	1.86	51.34	66.66	9.16 B
75	2.10	58.40	81.80	8.33 B
Cordão	1.80 <sup>ns</sup>	54.01 <sup>ns</sup>	70.07 <sup>ns</sup>	14.99 <sup>ns</sup>
Guyot	1.88	53.17	73.95	10.41
CV (%)	21.96	14.31	47.84	78.52

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ). <sup>ns</sup> não significativo pela análise de variância ( $p \leq 0.05$ ).

A partir da análise de variância realizada foram encontrados resultados não significativos da interação entre o efeito dos diferentes níveis de rega e as modalidades de poda, para todos os atributos do point-quadrat na data em questão, desta forma o efeito destes tratamentos foi avaliado individualmente. Para as variáveis camada de folhas, porcentagem de folhas interiores (%) e porcentagem de cachos interiores (%), não houveram diferenças significativas entre os diferentes níveis de rega, justamente porque esta data representa o início da rega. Ou seja, nesta data o efeito da rega não pode ser considerado na análise. O mesmo comportamento foi visto para as duas modalidades de poda. Estes resultados podem não ter expressado diferenças significativas devido à altura em que foi feita a medição, onde as plantas ainda estavam sob desenvolvimento vegetativo. Segundo Smart & Robinson (1992) o coberto ideal deve ter 1,5 camadas de folhas (NC), gerando uma maturação mais adequada ao fruto.

Entretanto, para a variável porosidade do coberto (%), houve diferença significativa entre o tratamento controle para com os demais níveis de rega, sendo que foi observada a maior porosidade, 20%, o que pode ser explicado pela maior restrição hídrica que reduziu significativamente a expressão vegetativa do coberto. Para as diferentes modalidades de poda não foi observado efeito

significativo nesta variável. Cabe ressaltar os elevados valores de coeficiente de variação (%) dos resultados expostos.

A segunda medição de point-quadrat, realizada em 27/08/2020, está exposta a seguir, na Tabela 12.

Tabela 13 – Camadas de folhas (CF), folhas interiores (PFI) e cachos interiores (PCI) de videiras sob quatro dotações de rega e dois sistemas de poda, avaliados em conjunto.

Nível de rega	27/08/2020					
	CF		PFI		PCI	
	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot
<b>0</b>	1.50 Aa	0.98 Bb	52.42 Aa	33.33 Bc	77.78 Aa	33.33 Bb
<b>25</b>	1.70 Aa	1.41 Ab	48.49 Aa	45.02 Ab	89.44 Aa	72.85 Aa
<b>50</b>	1.75 Aa	1.36 Ab	52.83 Aa	51.52 Aa	60.83 Aa	62.91 Aa
<b>75</b>	1.73 Ba	2.38 Aa	55.09 Aa	59.98 Aa	76.29 Aa	91.66 Aa
<b>CV (%)</b>	24.20		19.72		31.54	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Diferentemente da primeira medição, esta apresentou interação significativa entre os diferentes tratamentos de rega e poda para os atributos camadas de folhas, porcentagem de folhas interiores (%) e porcentagem de cachos interiores (%), de forma que o efeito destes foi avaliado em conjunto. A variável camada de folhas apresentou diferença significativa entre as modalidades de poda dentro da rega controle, sendo que o cordão obteve a maior média, 1,50, ilustrando maior densidade vegetativa. Este comportamento se inverteu na rega de 75% da ETc, onde a poda em Guyot apresentou diferença significativa, e com uma média bastante superior de camadas de folhas, que acabou por diferir significativamente dos demais níveis de rega dentro desta mesma poda.

A porcentagem de folhas interiores demonstrou comportamento similar às camadas de folhas, por também se tratar de expressão vegetativa das folhas, assim no tratamento controle, de sequeiro, a poda em cordão teve média significativamente superior à poda Guyot. Nesta última, houveram três grupos com médias significativamente diferentes, por primeiro o controle, seguido da rega a 25% ETc, e por fim as regas 50% e 75% ETc que não diferiram entre si, isto em ordem crescente de valores, evidenciando que maiores disponibilidades hídricas traduzem-se em maiores expressões vegetativas.

A porcentagem de cachos interiores apresentou a poda em cordão com a maior média em relação ao Guyot, dentro da rega controle, inclusive a diferir significativamente. Em relação a poda

Guyot, dentro desta modalidade os diferentes tratamentos de rega diferiram do controlo, mas não diferiram entre si, sendo notável a diferença dos valores médias para com o controlo, o que mostra uma possível maior proteção aos cachos devido a disponibilidade hídrica, que favoreceu o crescimento vegetativo.

Por fim, nesta última medição de point-quadrat a variável porosidade do coberto, apresentada na Tabela 13, esta exposta de forma individual por não ter apresentado interação significativa entre os níveis de rega e as modalidades de poda, assim foram avaliados os efeitos destes de forma exclusiva.

Tabela 14 – Porosidade do coberto para diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente.

<b>Tratamento</b>	<b>PB (%) – 27/08/2020</b>
<b>0</b>	23.33 A
<b>25</b>	10.83 B
<b>50</b>	10.83 B
<b>75</b>	3.33 B
<b>Cordão</b>	10.41 <sup>ns</sup>
<b>Guyot</b>	13.75
<b>CV (%)</b>	81.72

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ). <sup>ns</sup> não significativo pela análise de variância ( $p \leq 0.05$ ).

O comportamento desta variável se manteve igual ao da medição realizada no dia 07/07/2020, com o tratamento controlo a diferir dos demais, com a maior média, 23,33%. As modalidades de poda, cordão e guyot, não apresentaram diferença significativa entre si. Ressalta-se o elevado CV (%) experimental.

#### 4.4.2 Componentes de produção

A superfície foliar exposta (SFE) foi obtida nos diferentes tratamentos do ensaio, bem como a produção por videira e a produção por hectare, no momento da vindima, estes atributos estão expostos na Tabela 14, a seguir.

Tabela 15 – Superfície foliar exposta, produção por videira e produção por hectare de acordo com diferentes níveis de rega e poda, avaliados individualmente.

<b>Tratamento</b>	<b>SFE (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>Produção/videira (kg)</b>	<b>Produção/ha (t)</b>
<b>0</b>	11607.59 <sup>ns</sup>	2.02 B	7.35 B
<b>25</b>	11819.35	1.96 B	7.14 B
<b>50</b>	11918.00	2.01 B	7.32 B
<b>75</b>	12087.68	2.38 A	8.66 A
<b>Cordão</b>	11740.24 <sup>ns</sup>	2.00 B	7.29 B
<b>Guyot</b>	11976.07	2.19 A	7.94 A
<b>CV (%)</b>	4.76	31.10	31.10

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ).<sup>ns</sup> não significativo pela análise de variância ( $p \leq 0.05$ ).

Para as três variáveis apresentadas não houveram interações significativas entre os tratamentos de rega e as modalidades de poda segundo ANOVA, desta forma o efeito destes foi avaliado individualmente. Em relação à superfície foliar exposta, não houve diferença significativa nas médias dos tratamentos, para ambos os níveis de rega e para as modalidades de poda. A produção por hectare foi derivada da produção por videira, desta forma os resultados estatísticos são idênticos. O tratamento de rega que apresentou maior produção foi o com 75% da ETc, que diferiu significativamente dos demais segundo o teste de Scott-knott, entre estes não houve diferença significativa. Em relação às modalidades de poda, houve diferença estatística e a poda em guyot alcançou o maior valor médio de produtividade. A superfície foliar exposta está associada a interceptação de radiação solar, potencializando a atividade fotossintética. Segundo (Smart & Robinson, 1992), o valor ideal é cerca de 21.000 m<sup>2</sup>/ha, porém há recomendação que o valor mais indicado para a produção de uvas de qualidade em monoplanos verticais ascendentes, em clima mediterrânico, seria em torno de 11.600 m<sup>2</sup>/ha (Castro et al., 2004). Os resultados apresentados mostram que obtiveram valores próximos dos indicados. Em um estudo para a região do Douro em Touriga Nacional, os valores de SFE rondaram, em média 15 000 m<sup>2</sup>/ha (Fonseca, 2018).

Outros componentes de produtividades avaliados neste ensaio foram o número de cachos por planta, a SFE/Produção e o índice de Ravaz, que podem ser observados na Tabela 15. Estas variáveis apresentaram interações significativas entre os diferentes níveis de rega e os tipos de poda, segundo o teste ANOVA, assim o efeito desses fatores foi avaliado em conjunto.

Tabela 16 – N° de cachos por planta, SFE/produção e índice de Ravaz de videiras sob quatro dotações de rega e dois sistemas de poda, avaliados em conjunto.

Nível de rega	N° cachos/planta		SFE/Produção		Índice de Ravaz	
	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot
0	10.0 Aa	9.2 Ab	1.63 Ab	1.89 Aa	4.71 Aa	4.75 Aa
25	9.4 Ba	12.6 Aa	1.95 Aa	1.62 Bb	3.25 Ab	3.66 Ab
50	9.5 Ba	12.1 Aa	2.03 Aa	1.75 Aa	2.84 Bb	3.84 Ab
75	9.5 Ba	13.5 Aa	1.71 Ab	1.39 Bb	5.52 Aa	3.98 Bb
CV (%)	30.16		33.59		42.11	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

O número de cachos por planta apresentou diferença significativa entre as diferentes modalidades de poda nos níveis de rega 25%, 50% e 75% da ETc, sendo observado um menor número na poda em cordão, com uma diferença média de até quatro cachos para a modalidade guyot, como foi o caso do tratamento em maior hidratação. No sistema Guyot houve uma diferença significativa dos tratamentos para com o controle, que teve o menor valor médio, 9,2.

A SFE/Produção apresentou diferenças significativas entre as modalidades de poda quando comparados dentro dos níveis de rega de 25% e 75%, nestes o sistema cordão teve os maiores valores médios. Agora, ao avaliar o efeito da rega dentro da poda em cordão, houveram dois grupos distintos, um com os níveis de rega de 25% e 50% da ETc, de maiores valores médios, e outro com o controle e a rega de 75% de ETc, com menores valores. Dentro do sistema guyot também houveram dois grupos distintos de médias, no entanto o que apresentou menores médias teve como parte a rega de 25% e a de 75% da ETc, o grupo com maiores médias foi integrado pelo controle e pela rega de 50% da ETc. A relação entre superfície foliar exposta (SEF) com a produção é um parâmetro importante para se avaliar o equilíbrio da produção com a parte vegetativa da vinha, a partir das informações obtidas pode ser constatado que vários fatores além da rega e poda estão a interferir no equilíbrio entre a expressão vegetativa e a produtividade.

Por fim o balanço da videira, definido e calculado como a relação entre a produção de frutos e a expressão vegetativa da videira, representando a produção reprodutiva e vegetativa da videira é calculado através da razão entre a produção e o peso da lenha da poda. Este cálculo é conhecido como Índice de Ravaz (Ravaz, 1903). Ao observar o efeito das modalidades de poda dentro dos diferentes níveis de rega do ensaio, foi constatada diferença significativa entre estas nos níveis de rega 50% e 75% da ETc, sendo que no primeiro a poda em guyot apresentou o maior valor e no segundo, a poda em cordão sobressaiu. Em sequência, ao comparar os diferentes níveis de rega

dentro da poda em cordão, é observado dois grupos distintos de médias, um com o controle e a rega a 75% da ETc, ao qual teve maiores valores médios, e outro, com a rega de 25% e 50% da ETc, de menores valores médios. Para concluir o desdobramento dos níveis de rega dentro da modalidade guyot apresentou apenas o controle a diferir dos demais níveis, sendo que este teve a maior média, de 4,75. Este índice é um parâmetro importante que ajuda a interpretar o efeito da rega e outros fatores no vigor das videiras. Segundo alguns autores (Bravdo & Naor, 1996; Reynolds & Wardle, 1989), os valores ótimos encontram-se entre 5-10 kg uva/kg de madeira de poda.

#### **4.5 Parâmetros de qualidade ao decorrer da maturação**

##### **4.5.1 Características dos bagos**

Após o início da maturação dos bagos se sucederam as medições biométricas, onde foram obtidos o peso, o raio, a área superficial, o volume e a relação área/volume dos bagos, através da metodologia proposta por Sofo et al., (2012). Os resultados das quatro medições realizadas na campanha podem ser observados na Tabela 16, sendo que todas para todas as variáveis expostas, nas datas em questão, não foram encontradas interações significativas entre os diferentes níveis de rega e sistemas de poda, desta forma o efeito destes foi avaliado individualmente.

Tabela 17 – Peso médio, raio médio, área superficial, volume e relação/área volume dos bagos de acordo com diferentes níveis de rega e poda sem interação significativa, em diferentes datas.

<b>Peso (g)</b>				
<b>Tratamento</b>	<b>10/08/2020</b>	<b>17/08/2020</b>	<b>24/08/2020</b>	<b>31/08/2020</b>
<b>0</b>	1.7971 <sup>ns</sup>	2.1061 <sup>ns</sup>	2.1876 <sup>ns</sup>	1.8891 <sup>ns</sup>
<b>25</b>	1.8338	2.0661	2.1040	1.9178
<b>50</b>	1.8545	2.0813	2.0651	1.8356
<b>75</b>	1.9365	2.0920	2.1415	1.8995
<b>Cordão</b>	1.9836 A	2.1452 <sup>ns</sup>	2.1387 <sup>ns</sup>	1.8742 <sup>ns</sup>
<b>Guyot</b>	1.7273 B	2.0275	2.1104	1.8968
<b>CV (%)</b>	28.85	29.27	24.05	27.66
<b>Área superficial (mm<sup>2</sup>)</b>				
	<b>10/08/2020</b>	<b>17/08/2020</b>	<b>24/08/2020</b>	
<b>0</b>	571.38 <sup>ns</sup>	673.95 <sup>ns</sup>	709.89 <sup>ns</sup>	
<b>25</b>	576.43	660.13	693.21	
<b>50</b>	580.45	680.77	685.63	
<b>75</b>	614.10	678.18	698.74	
<b>Cordão</b>	613.14 A	679.83 <sup>ns</sup>	706.65 <sup>ns</sup>	
<b>Guyot</b>	558.05 B	666.68	687.09	
<b>CV (%)</b>	22.27	20.48	17.14	
<b>Volume (mm<sup>3</sup>)</b>				
	<b>10/08/2020</b>	<b>17/08/2020</b>	<b>24/08/2020</b>	
<b>0</b>	1315.74 <sup>ns</sup>	1673.13 <sup>ns</sup>	1795.89 <sup>ns</sup>	
<b>25</b>	1328.00	1624.94	1735.33	
<b>50</b>	1338.38	1687.29	1705.52	
<b>75</b>	1453.84	1660.59	1757.97	
<b>Cordão</b>	1450.95 A	1678.17 <sup>ns</sup>	1786.09 <sup>ns</sup>	
<b>Guyot</b>	1267.03 B	1644.80	1711.27	
<b>CV (%)</b>	32.44	29.94	25.68	
<b>Relação área/volume</b>				
	<b>17/08/2020</b>	<b>24/08/2020</b>		
<b>0</b>	0.41 <sup>ns</sup>	0.40 <sup>ns</sup>		
<b>25</b>	0.42	0.40		
<b>50</b>	0.41	0.41		
<b>75</b>	0.41	0.40		
<b>Cordão</b>	0.41 <sup>ns</sup>	0.40 <sup>ns</sup>		
<b>Guyot</b>	0.41	0.40		
<b>CV (%)</b>	10.47	8.62		

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ). <sup>ns</sup> não significativo pela análise de variância ( $p \leq 0.05$ ).

A variável peso médio não apresentou diferenças significativas entre os diferentes tratamentos de rega do ensaio, em todas as datas as quais foi medido, segundo a ANOVA. Para as modalidades de poda, na primeira medição, feita em 10/08/2020, houve uma diferença significativa, onde os bagos do sistema cordão apresentaram maior peso em relação aos do guyot, nas demais datas não foram encontradas diferenças significativas entre os valores médios destas diferentes

modalidades, segundo a ANOVA ao nível de confiança de 95%. Em relação à área superficial e ao volume dos bagos, estas variáveis não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes tratamentos de rega do ensaio, para as medições realizadas nas datas expostas, segundo a ANOVA. Além disto, para modalidades de poda, houve diferença significativa, sendo que a poda em cordão apresentou maiores médias de área e volume, para as datas em questão. Por fim, as médias das relações área/volume, obtidas das medições feitas nos dias 17/08/2020 e 24/08/2020, não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes tratamentos de rega, o mesmo se observou ao comparar as diferentes modalidades de poda.

A seguir, na tabela 17, são apresentadas médias das variáveis biométricas de área, volume e relação área/volume que apresentaram interações significativas entre os tratamentos de rega e as modalidades de poda, segundo a ANOVA, ao nível de confiança de 95%.

Tabela 18 – Área, volume e relação área/volume dos bagos sob o efeito de diferentes tratamentos de rega e poda com interação significativa.

Nível de rega	Área (mm <sup>2</sup> )		Volume (mm <sup>3</sup> )		Relação Área/volume			
	31/08/2020		31/08/2020		10/08/2020		31/08/2020	
	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot
<b>0</b>	537.91 Aa	516.55 Aa	1194.31 Aa	1133.04 Aa	0.42 Ba	0.48 Aa	0.46 Aa	0.48 Aa
<b>25</b>	552.38 Aa	516.69 Aa	1233.82 Aa	1116.32 Aa	0.44 Aa	0.46 Ab	0.45 Aa	0.46 Aa
<b>50</b>	488.31 Ba	560.20 Aa	1031.76 Ba	1268.41 Aa	0.45 Aa	0.44 Ab	0.48 Aa	0.45 Ba
<b>75</b>	552.67 Aa	522.42 Aa	1247.86 Aa	1140.17 Aa	0.42 Aa	0.44 Ab	0.46 Aa	0.47 Aa
<b>CV (%)</b>	21.79		32.82		12.19		11.16	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Em relação aos atributos área superficial (mm<sup>2</sup>) e volume dos bagos (mm<sup>3</sup>), na data de medição 31/08/2020, que antecedeu a vindima realizada em 02/09/2020, o comportamento foi o mesmo, por se tratarem de características físicas, sendo verificada uma diferença significativa entre as modalidades de poda dentro do nível de rega de 50% da ETc, ao nível de confiança de 95%, sendo o sistema guyot detentor das maiores médias para estes atributos.

A relação área/volume dos bagos medida em 10/08/2020 apresentou diferença significativa entre as podas ao nível de rega controlo, sendo o guyot detentor do maior valor médio, além de que dentro desta mesma modalidade de poda foi observada diferença significativa do nível de rega controlo para com todos os demais. Em seguida, ao analisar a medição realizada em 31/08/2020, foi constatada diferença significativa entre as podas ao nível de rega de 50% da ETc, sendo a maior média observada na modalidade cordão, ainda, pode-se observar diferença significativa da rega a 50% da ETc para com as demais neste mesma modalidade de poda.

#### 4.5.2 Características dos mostos

Ao passo que foram realizadas as medições biométricas, também foram analisados a maturação dos mostos, a partir dos atributos "Sólidos Solúveis Totais (°Brix)", acidez total, pH, intensidade corante, tonalidade e índice de polifenóis totais, que estão apresentados a seguir. Na tabela 18, é possível localizar as informações referentes ao °Brix dos dias 10/08/2020, 17/08/2020 e 24/08/2020, além da acidez total dos dias 10/08/2020, 24/08/2020 e 31/08/2020 e por fim os valores referentes à intensidade e ao índice de polifenóis totais, dados estes que não apresentarem interações significativas entre os fatores de rega e poda, segundo a ANOVA, ao nível de 95% de confiança, sendo seus efeitos analisados de forma individual.

Tabela 19 – °Brix, acidez total, intensidade e índice de polifenóis dos mostos de acordo com diferentes níveis de rega e poda, sem interação significativa, em diferentes datas.

<b>Sólidos Solúveis Totais (°Brix)</b>			
<b>Tratamento</b>	<b>10/08/2020</b>	<b>17/08/2020</b>	<b>24/08/2020</b>
<b>0</b>	18.98 C	18.13 C	21.10 B
<b>25</b>	19.56 B	19.40 B	21.35 B
<b>50</b>	20.02 A	20.33 A	22.56 A
<b>75</b>	20.30 A	20.33 A	22.21 A
<b>Cordão</b>	19.84 <sup>ns</sup>	19.80 A	22.23 A
<b>Guyot</b>	19.59	19.30 B	21.38 B
<b>CV (%)</b>	3.09	4.31	5.49
<b>Acidez total (g/L Ác. tartárico)</b>			
	<b>10/08/2020</b>	<b>24/08/2020</b>	<b>31/08/2020</b>
<b>0</b>	4.02 A	4.26 A	5.31 <sup>ns</sup>
<b>25</b>	3.98 A	3.81 B	5.14
<b>50</b>	3.71 B	3.87 B	4.90
<b>75</b>	4.09 A	3.82 B	5.31
<b>Cordão</b>	3.94 <sup>ns</sup>	4.02 <sup>ns</sup>	5.04 <sup>ns</sup>
<b>Guyot</b>	3.96	3.87	5.29
<b>CV (%)</b>	4.99	6.31	11.06
	<b>Intensidade (I)</b>	<b>Índice de polifenóis totais (IFT)</b>	
<b>0</b>	2.071 B	15.54 <sup>ns</sup>	
<b>25</b>	3.076 A	16.94	
<b>50</b>	2.228 B	16.65	
<b>75</b>	2.963 A	16.50	
<b>Cordão</b>	2.750 <sup>ns</sup>	16.44 <sup>ns</sup>	
<b>Guyot</b>	2.419	16.37	
<b>CV (%)</b>	43.87	21.23	

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ). <sup>ns</sup> não significativo pela análise de variância ( $p \leq 0.05$ ).

Ao observar o atributo Sólidos Solúveis Totais (°Brix), referente a primeira medição, em 10/08/2020, foram identificados três grupos de médias distintos nos níveis de rega do ensaio, o primeiro com o controlo, seguido da rega a 25% da ETc e por fim o terceiro grupo com a rega a 50% e a 75% da ETc integrantes, sendo os valores médios crescentes, respectivamente, o mesmo comportamento foi observado para a medição realizada em 17/08/2020 e por fim, na data de 24/08/2020, o número de grupos distintos se resumiu a dois, um com as menores médias integrado pelo controlo e pela rega a 25% da ETc, e outro, com maiores valores médios, integrado pelas regas de 50% e 75% da ETc. Em relação às modalidades de poda, foi observado um valor médio significativamente superior do cordão sobre o guyot, para as datas 17/08/2020 e 24/08/2020. Ao decorrer da maturação observou-se um aumento do teor em Sólidos Solúveis Totais, e pode-se relacionar a disponibilidade de água com estes valores.

A respeito da acidez total titulável, exposta em gramas de ácido tartárico por litro, foram expostas três medições, destas, a realizada em 10/08/2020 apresentou diferença significativa entre o nível de rega de 50% da ETc para com os demais, que foram superiores, e a medição realizada em 24/08/2020 apresentou o tratamento de rega controlo a diferir significativamente dos demais, com o maior valor médio. A medição realizada em 31/08/2020 não apresentou diferenças significativas entre os níveis de rega e as modalidades de poda não apresentaram diferenças significativas entre si para as medições expostas segundo a ANOVA, ao nível de 95% de confiança. A concentração de ácido tartárico nos mostos aumentou ao decorrer da maturação, de forma que na última medição que precedeu a vindima realizada em 02/09/2020, foram obtidos valores superiores a 5 gramas por litro nos diferentes tratamentos do ensaio.

A variável intensidade dos mostos apresentou dois grupos significativamente distintos de médias ao se comparar os diferentes níveis de rega, o primeiro, com menores valores, foi integrado pelo controlo e pela rega a 50% da ETc, e o segundo com médias superiores foi representado pelas regas a 25% e a 75% da ETc, as modalidades de poda não apresentaram diferenças significativas entre elas segundo a ANOVA, ao nível de confiança de 95%. Em relação ao índice de polifenóis totais, obtido através da espectrofotometria dos mostos, não foram observadas diferenças significativas entre as médias dos diferentes tratamentos rega, o mesmo se sucedeu para as modalidades de poda.

Em caso de condições de regadio, em geral a acidez total aumenta, devido, ao maior teor em ácido málico e, conseqüentemente, o pH diminui (Trujillo, *et al.*, 2007). Por outro lado, Lima (2014)

em seu trabalho sobre a Casta Touriga Franca, demonstrou resultados em que a acidez total de seus tratamentos sofreu uma diminuição, que ao decorrer da maturação deveria se manter constante e iniciar o processo de diluição durante o aumento do volume dos bagos. Consequentemente, isso gerou um aumento do pH e do álcool provável. Além dessas características, a temperatura e a incidência de luz interferem nesse processo (Spayd et al., 2002). Para a definição da data vindima, é necessário saber o índice de polifenóis totais (IFT), o álcool provável ou a acidez total (Aliquó et al., 2015). O IFT é responsável por características que definem a qualidade da uva, como a capacidade de envelhecimento, adstringência, sendo de fundamental importância para determinar o ponto de colheita da uva. Quando à mudança de cor dos bagos, é caracterizada pelo amadurecimento das uvas, ao desaparecimento da clorofila e o acúmulo de polifenóis na película. Os valores do IPT estão compreendidos entre 6 e 120, sendo que quanto maior valor, maior é a riqueza fenólica (Ribéreau-Gayon et al., 2006).

Em sua pesquisa, Cabral (2017) verificou uma maior concentração de polifenóis nas modalidades com maiores dotações de rega, porém com medições que obtiveram valores com diferenças significativas e não significativas.

A tabela 19, a seguir, apresenta as medições de qualidade do mosto ao decorrer da maturação que apresentaram interações significativas dos diferentes níveis de rega com as duas modalidades de poda em estudo neste ensaio, segundo a ANOVA, ao nível de 95% de confiança, desta forma o efeito destes fatores nestas variáveis foi avaliado em conjunto.

Tabela 20 – Sólidos Solúveis Totais (°Brix), acidez total e tonalidade dos mostos sob o efeito de diferentes tratamentos de rega e poda com interação significativa.

Nível de rega	° Brix – 31/08/2020		Acidez total – 17/08/2020		Tonalidade (T)	
	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot
<b>0</b>	22.85 Ab	21.88 Ac	3.27 Ba	3.80 Aa	1.650 Aa	1.731 Ab
<b>25</b>	23.12 Ab	19.15 Bd	3.05 Ba	3.65 Aa	1.456 Ba	2.165 Aa
<b>50</b>	23.95 Aa	23.03 Ab	3.24 Aa	3.33 Ab	1.480 Aa	1.536 Ab
<b>75</b>	23.87 Ba	25.02 Aa	3.32 Aa	3.37 Ab	1.296 Aa	1.396 Ab
<b>CV (%)</b>	4.43		5.50		18.32	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

O teor em Sólidos Solúveis Totais (SST) determinado no dia 31/08/2020, apresentou diferença significativa entre as modalidades de poda dentro no nível de rega de 25% da ETc, sendo o cordão detentor da maior média, este resultado se inverteu no nível de rega de 75% da ETc, onde

o sistema guyot obteve maior SST médio, com diferença significativa. Ao observar os níveis de rega dentro da modalidade cordão foram identificados dois grupos significativamente distintos, o primeiro, com as menores médias, foi integrado pelo controlo e pela rega a 25% da ETc, o segundo foi integrado pelas regas de 50% e 75% da ETc, detentores dos maiores valores médios de SST. Por fim, na modalidade de poda guyot os quatro níveis de rega diferiram significativamente entre si, sendo os valores médios em ordem crescente representados pela rega a 25% da ETc, tratamento controlo (sequeiro), rega a 50% e por fim a rega a 75% da ETc.

A acidez total titulável dos mostos, medida em 17/08/2020, apresentou diferença significativa entre as modalidades de poda ao nível controlo e a 25% da ETc, sendo o sistema guyot detentor das maiores médias. Dentro da modalidade de poda cordão não houveram diferenças significativas entre os os níveis de rega, entretanto ao observar a poda guyot o controlo e o nível de 25% da ETc diferiram significativamente das demais.

Por fim, a tonalidade dos mostos apresentou uma diferença significativa entre as modalidades de poda, ao nível de rega de 25% da ETc, onde o guyot obteve média superior, dentro desta poda justamente a rega de 25% da ETc diferiu das demais, ao passo que na modalidade cordão não houveram diferenças significativas.

A última variável obtida através dos mostos dos diferentes tratamentos do ensaio ao decorrer da maturação foi o pH, mensurado em quatro datas distintas precedentes à vindima. Este atributo apresentou uma interação significativa entre os níveis de rega e as modalidades de poda segundo a ANOVA, ao nível de 95% de confiança, desta forma o efeito destes foi avaliado em conjunto. Os valores podem ser observados na tabela 20.

Tabela 21 – pH dos mostos ao decorrer da maturação sob quatro dotações de rega e dois sistemas de poda, com interação significativa.

Nível de rega	10/08/2020		17/08/2020		24/08/2020		31/08/2020	
	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot	Cordão	Guyot
0	3.83 Aa	3.78 Ba	3.83 Aa	3.83 Aa	4.00 Aa	4.02 Aa	3.95 Aa	3.98 Aa
25	3.77 Ab	3.79 Aa	3.80 Aa	3.70 Bb	3.92 Ab	3.91 Ab	3.83 Ac	3.74 Bc
50	3.83 Aa	3.78 Ba	3.86 Aa	3.65 Bb	4.00 Aa	3.88 Bb	3.88 Ab	3.86 Ab
75	3.70 Ac	3.68 Ab	3.70 Ab	3.61 Bb	3.86 Ab	3.72 Bc	3.81 Ac	3.78 Ac
<b>CV (%)</b>	0.87		2.13		2.09		1.55	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

A primeira medição, em 10/08/2020, apresentou diferença significativa entre as modalidades de poda nos níveis de rega controle e a 50% da ETc, sendo a poda em cordão detentora das maiores médias. Ao observar as diferenças significativas entre os tratamentos de rega dentro da poda em cordão foram obtidos três grupos de médias, expostos em ordem crescente, o primeiro com a rega de 75% da ETc, seguido da rega de 25% da ETc, e por fim o terceiro grupo representado pelo controle e a rega de 50% da ETc. Ao observar estas diferenças na modalidade guyot, o tratamento de rega a 75% da ETc diferiu dos demais, a ficar com o menor valor médio de pH.

A segunda medição, feita em 17/08/2020, apresentou diferença significativa entre as modalidades de poda nos níveis de rega de 25%, 50% e 75% da ETc, sendo a poda em cordão detentora dos maiores valores médios, ao nível controle não foram observadas diferenças significativas. Ao observar as diferenças significativas entre os tratamentos de rega na modalidade cordão, o nível de 75% da ETc diferiu dos demais e ficou com o menor valor médio, em contrapartida, na modalidade guyot o tratamento controle foi quem diferiu dos demais com o valor médio mais elevado de pH.

A terceira medição, em 24/08/2020, apresentou diferença significativa entre as modalidades de poda nos níveis de rega de 50% e 75% da ETc, sendo a poda em cordão detentora dos maiores valores de pH, ao nível controle e na rega de 25% da ETc não foram observadas diferenças significativas. Ao observar as diferenças significativas entre os tratamentos de rega na modalidade cordão, houveram dois grupos de médias significativamente distintas, o primeiro com as médias mais baixas foi integrado pelas regas de 25% e 75% da ETc, e o segundo teve como representantes o controle e a rega de 50% da ETc, com maiores valores de pH. Na modalidade guyot houveram

três grupos de médias distintos, o primeiro contendo a rega de 75% da ETc, o segundo com as regas de 25% e 50% da ETc e por fim o controle, apresentados em ordem crescente de valores.

Por fim, a medição feita em 31/08/2020, que precedeu a vindima, apresentou diferença significativa entre as podas apenas ao nível de rega de 25% ETc, nos demais níveis não foram encontradas diferenças significativas entre as modalidades de poda. Ao observar as diferenças significativas entre os tratamentos de rega na modalidade cordão, houveram três grupos de médias significativamente distintas, o primeiro com os valores mais baixos de pH foi integrado pelas regas de 25% e 75% da ETc, seguido pela rega de 50% da ETc e por fim o controle, detentor dos maiores valores de pH. O comportamento da rega dentro da modalidade de poda cordão se repetiu para a poda em guyot.

Alguns padrões puderam ser observados ao decorrer da maturação na variável pH, a ressaltar os menores valores de pH no tratamento em maior hidratação, bem como maiores valores médios obtidos na modalidade de poda cordão.

## 5. Conclusões

Pode-se concluir a partir deste ensaio que a rega deficitária nas videiras favorece atributos fisiológicos importantes para se chegar a uma vindima de qualidade, como pode ser observado através dos parâmetros agronômicos expostos, bem como as características de bagos e mostos.

Em relação aos atributos fisiológicos ressaltam-se os potenciais hídricos mais acentuados nos tratamentos com menor hidratação, sendo possível trabalhar estes valores para obtenção de maiores concentrações de antocianinas por exemplo. Além disto puderam ser observadas taxas de transpiração e condutâncias estomáticas reduzidas em estresse hídrico. Estas componentes evidenciam as estratégias das plantas em situações críticas que se relacionaram com parâmetros agronômicos interessantes como a produção e expressão vegetativa, sendo a disponibilidade de água a ferramenta de gestão principal para estes critérios. Os atributos de bagos e mostos foram influenciados pelos tratamentos de rega de forma que a qualidade para vinificação pode ser também trabalhada a partir do objetivo ao qual se quer chegar.

Num cenário de alterações climáticas as adaptações nos sistemas de cultivo desde a implantação dos vinhedos devem tomar em conta ferramentas que mitiguem ou anulem tais condições, sendo assim a rega deficitária e os sistemas de poda estudados neste ensaio foram satisfatoriamente eficientes.

Alguns eventos climáticos atípicos podem ter impactado de forma insatisfatória no ensaio, além do facto da duração deste poder não refletir a realidade, sendo aconselhado que para resultados mais robustos outros anos sejam incorporados.

## 6. Referências

- Aliquó, G. A., Catania, A. A., & Aguado, G. D. (2015). Poda de la vid. In *Estación Experimental Agropecuaria Mendoza* (1st ed.). INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13803.69925>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration —guidelines for computing crop water requirements. In *Food and Agriculture Organization* (Vol. 56). <http://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>
- Amerine, M. A., & Winkler, A. J. (1944). Composition and quality of musts and wines of california grapes. *Hilgardia - A Journal of Agricultural Science*, 15(6), 493–675. <https://doi.org/10.3733/hilg.v15n06p493>
- Archer, E., & Strauss, H. C. (1990). The effect of vine spacing on some physiological aspects of vitis vinifera l. (cv. pinot noir)\*. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 11(2), 76–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.21548/11-2-2272>
- Austin, M. E., & Bondari, K. (1988). A study of cultural and environmental factors on the yield of vitis rotundifolia. *Scientia Horticulturae*, 34(3–4), 219–227. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4238\(88\)90095-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4238(88)90095-7)
- Bindi, M., Fibbi, L., Gozzini, B., Orlandini, S., & Miglietta, F. (1996). Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Climate Research*, 7(3), 213–224. <https://doi.org/10.3354/cr007213>
- Blanco-Ward, D., Ribeiro, A., Barreales, D., Castro, J., Verdial, J., Feliciano, M., Viceto, C., Rocha, A., Carlos, C., Silveira, C., & Miranda, A. (2019). Climate change potential effects on grapevine bioclimatic indices: a case study for the portuguese demarcated douro region (portugal). *BIO Web of Conferences*, 12, 01013. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191201013>
- Bravdo, B., & Naor, A. (1996). Effect of water regime on productivity and quality of fruit and wine. *Acta Horticulturae*, 427, 15–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.427.2>

- Bohm, J. (2010). *Portugal Vitícola - O Grande Livro das Castas*. Lisboa: Chaves Ferreira Publicações.
- Cabral, I. L. (2017). *Influência de diferentes dotações de rega sobre o rendimento e qualidade na casta Touriga Franca na região do douro*. Faculdade de Ciências do Porto.
- Carbonneau, A. (2007). Théorie de la maturation et de la typicité du raisin. *Le Progrès Agricole et Viticole*, 124(13–14), 275–284.
- Castro, R., Cruz, A., Figueira, L., Botelho, M., Ribeiro, F., Rodrigues, C., & Gomes, C. (2004). Shoot density and leaf removal effects on microclimate, yield, fruit composition and wine quality of the portuguese vine variety Touriga Nacional. *XIVth International Symposium GESCO, Geisenheim*, 2, 705–711.
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z., & Ojeda, H. (2004). Vine and water a short review. *Journal International Des Sciences de La Vigne et Du Vin*, 38(1), 1–13. <https://doi.org/10.20870/oenone.2004.38.1.932>
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B., & Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361(6405), 916–919. <https://doi.org/10.1126/science.aat3466>
- Dinis, L., Malheiro, A. C., Luzio, A., Fraga, H., Ferreira, H., Gonçalves, I., Pinto, G., Correia, C. M., & Moutinho-Pereira, J. (2018). Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage. *Photosynthetica*, 56(2), 641–651. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0714-3>
- Duchêne, E., Huard, F., Dumas, V., Schneider, C., & Merdinoglu, D. (2010). The challenge of adapting grapevine varieties to climate change. *Climate Research*, 41(3), 193–204. <https://doi.org/10.3354/cr00850>
- Due, G., Morris, M., Pattison, S., & Coombe, B. G. (1993). Modelling grapevine phenology against weather: considerations based on a large data set. *Agricultural and Forest Meteorology*, 65(1–2), 91–106. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(93\)90039-K](https://doi.org/10.1016/0168-1923(93)90039-K)
- Ferreira, M. I., Silvestre, J., Conceição, N., & Malheiro, A. C. (2012). Crop and stress coefficients

in rainfed and deficit irrigation vineyards using sap flow techniques. *Irrigation Science*, 30(5), 433–447. <https://doi.org/10.1007/s00271-012-0352-2>

Field, S. K., Smith, J. P., Holzapfel, B. P., Hardie, W., & Emery, R. J. N. (2009). Grapevine response to soil temperature: xylem cytokinins and carbohydrate reserve mobilization from budbreak to anthesis. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(2), 164–172. <https://www.ajevonline.org/content/60/2/164>

Fonseca, M. C. C. (2018). *Efeitos de estratégias de rega deficitária sobre o rendimento e qualidade da casta Touriga Nacional na região do douro* [Faculdade de Ciências - Universidade do Porto]. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/110573/2/250104.pdf>

Fontes, N., Martins, J., & Graça, A. (2016). Study of agrometeorological measurements on “terroirs” of alentejo wine region: impact on grape yield and wine region: impact on grape yield and harvest date variation. *10º Simpósio de Vitivinicultura Do Alentejo, August*, 137–146.

Food and agriculture organization. (2009). Agribusiness handbook - grapes wine. In *FAO Agribusiness*.

Fraga, H., García de Cortázar Atauri, I., & Santos, J. A. (2018). Viticultural irrigation demands under climate change scenarios in Portugal. *Agricultural Water Management*, 196, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.10.023>

Fraga, H., Santos, J. A., Moutinho-Pereira, J., Carlos, C., Silvestre, J., Eiras-Dias, J., Mota, T., & Malheiro, A. C. (2016). Statistical modelling of grapevine phenology in Portuguese wine regions: observed trends and climate change projections. *Journal of Agricultural Science*, 154(5), 795–811. <https://doi.org/10.1017/S0021859615000933>

Fraga, Helder, Costa, R., Moutinho-Pereira, J., Correia, C. M., Dinis, L. T., Gonçalves, I., Silvestre, J., Eiras-Dias, J., Malheiro, A. C., & Santos, J. A. (2015). Modeling phenology, water status, and yield components of three Portuguese grapevines using the STICS crop model. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(4), 482–491. <https://doi.org/10.5344/ajev.2015.15031>

Fraga, Helder, 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>

Gómez, J. A., Guzmán, M. G., Giráldez, J. V., & Fereres, E. (2009). The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*, 106(1), 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.04.008>

Grifoni, D., Carreras, G., Zipoli, G., Sabatini, F., Dalla Marta, A., & Orlandini, S. (2008). Row orientation effect on uv-b, uv-a and par solar irradiation components in vineyards at tuscan, italy. *International Journal of Biometeorology*, 52(8), 755–763. <https://doi.org/10.1007/s00484-008-0168-1>

Gutiérrez-Gamboa, G., Pérez-Álvarez, E. P., Rubio-Bretón, P., & Garde-Cerdán, T. (2019). Changes on grape volatile composition through elicitation with methyl jasmonate, chitosan, and a yeast extract in tempranillo (*vitis vinifera* l.) grapevines. *Scientia Horticulturae*, 244(September 2018), 257–262. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.063>

Hannah, L., Roehrdanz, P. R., Ikegami, M., Shepard, A. V, Shaw, M. R., Tabor, G., Zhi, L., Marquet, P. A., & Hijmans, R. J. (2013). Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(17), 6907–6912. <https://doi.org/10.1073/pnas.1210127110>

Hedberg, P. R., McLeod, R., Cullis, B., & Freeman, B. M. (1986). Effect of rootstock on the production, grape and wine quality of shiraz vines in the murrumbidgee irrigation area. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 26(4), 511–516. <https://doi.org/10.1071/EA9860511>

Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., Linden, P. J. van der, Dai, X., Maskell, K., & Johnson, C. A. (2001). Ipcc, 2001: climate change 2001: the scientific basis. contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In *Cambridge University Press*.

IVDP. (2019). *Região demarcada do douro*. Instituto Dos Vinhos Do Porto e Do Douro. <https://www.ivdp.pt/consumidor/regiao-limite-da-regiao-demarcada-do-douro>

- 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-As). <http://www.advid.pt/imagens/outros/13790697133655.pdf>
- 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>
- Jones, G. V., & Davis, R. E. (2000). Using a synoptic climatological approach to understand climate - viticulture relationships. *International Journal of Climatology*, 20, 813–837. <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1097-0088%2820000630%2920%3A8%3C813%3A%3AAID-JOC495%3E3.0.CO%3B2-W>
- Lal, R. (2010). Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security. *BioScience*, 60(9), 708–721. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.9.8>
- Leeuwen, C. Van, & 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>
- Leeuwen, C. Van, Hans, R., Ollat, N., Bois, B., Malheiro, A. C., Bavaresco, L., & Delrot, S. (2013). *Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050*. 110(33), 3051–3052. <https://doi.org/10.1073/pnas.1307927110>
- Lima, I. M. S. de B. de A. e. (2014). *Previsão de produção da casta Touriga Franca na região do douro com base nas componentes de rendimento* [Faculdade de Ciências - Universidade do Porto]. <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/6801>
- Lorenz, D. H., Eichhorne, K. W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., & Weber, E. (1995). Growth stages of the grapevine: phenological growth stages of the grapevine (*vitis vinifera* l. ssp. *vinifera*) — codes and descriptions according to the extended bbch scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 100–103. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00085.x>
- Magalhães, N. (2008). Tratado de viticultura: a videira, a vinha, o terroir. In *Esfera Poética* (Esfera Poé).

- Miranda, A. I., Rocha, A., Ribeiro, A., & Monteiro, A. (2018). *Dourozone - risco de exposição ao ozono para a vinha duriense em clima atual e futuro* (A. I. Miranda, A. Rocha, A. Ribeiro, & A. Monteiro (eds.); 1ª edição). UA Editora – Universidade de Aveiro.
- Morgan, D. C., Stanley, C. J., & Warrington, I. J. (1985). The effects of simulated daylight and shade-light on vegetative and reproductive growth in kiwifruit and grapevine. *Journal of Horticultural Science*, 60(4), 473–484. <https://doi.org/10.1080/14620316.1985.11515654>
- Moutinho-Pereira, J., Dinis, L.-T., Fraga, H., Ferreira, H., Gonçalves, I., Oliveira, A. A., Falco, V., Aureliano C., M., & Correia, C. M. (2015). Potencialidades do caulino como protetor solar das folhas e cachos no período estival na região demarcada do douro. *Agrotec*, 17(2016), 74–81.
- 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>
- Ojeda, H., Deloire, A., & Carbonneau, A. (2001). Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, 40(3), 141–145.
- Ojeda, Hernán. (2007). Rega qualitativa de precisão da vinha. *Enoforum*, 11. <https://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto4583-01-1.pdf>
- Oliveira, I., Meyer, A., Afonso, S., & Gonçalves, B. (2018). Compared leaf anatomy and water relations of commercial and traditional *Prunus dulcis* (mill.) cultivars under rain-fed conditions. *Scientia Horticulturae*, 229(November 2017), 226–232. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.015>
- Prichard, T., Hanson, B., Schwankl, L., Verdegaal, P., & Smith, R. (2004). Deficit Irrigation of Quality Micro-Irrigation Techniques. In *University of California Cooperative Extension Department of Land, Air and Water Resources University of California Davis*.
- Ravaz, L. (1903). Sur la brunissure de la vigne. *Les Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences*, 136, 1276–1278.

- Reynolds, A. G., & Wardle, D. A. (1989). Effects of timing and severity of summer hedging on growth, yield, fruit composition, and canopy characteristics of de chaunac. I. canopy characteristics and growth parameters. *American Journal of Enology and Viticulture*, *40*(2), 109–120. <https://www.ajevonline.org/content/40/2/109>
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of enology: the chemistry of wine: stabilization and treatments* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/0470010398>
- Robinson, A. L., Boss, P. K., Solomon, P. S., Trengove, R. D., Heymann, H., & Ebeler, S. E. (2014). Origins of grape and wine aroma. Part 1. Chemical components and viticultural impacts. *American Journal of Enology and Viticulture*, *65*(1), 1–24. <https://doi.org/10.5344/ajev.2013.12070>
- Roby, G., & Matthews, M. A. (2004). 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>
- Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C., DeZonia, B. E., Walter, A. E., Arena, E. T., & Eliceiri, K. W. (2017). ImageJ2: Imagej for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, *18*(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s12859-017-1934-z>
- Santos, J. A., Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L. T., Correia, C., Moriondo, M., Leolini, L., Dibari, C., Costafreda-Aumedes, S., Kartschall, T., Menz, C., Molitor, D., Junk, J., Beyer, M., & Schultz, H. R. (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options for european viticulture. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(9), 1–28. <https://doi.org/10.3390/app10093092>
- Sauer, T., Havlík, P., Schneider, U. A., Schmid, E., Kindermann, G., & Obersteiner, M. (2010). Agriculture and resource availability in a changing world: the role of irrigation. *Water Resources Research*, *46*(6), 1–12. <https://doi.org/10.1029/2009WR007729>
- Savoi, S., Wong, D. C. J., Arapitsas, P., Miculan, M., Bucchetti, B., Peterlunger, E., Fait, A., Mattivi, F., & Castellarin, S. D. (2016). Transcriptome and metabolite profiling reveals that prolonged

drought modulates the phenylpropanoid and terpenoid pathway in white grapes (*vitis vinifera* l.). *BMC Plant Biology*, 67(16), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0760-1>

Schultz H. R. (2000). Climate change and viticulture a european perspective on climatology, carbon dioxide and uv-b effects. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6, 2–12.

Schultz, H. R., & Jones, G. V. (2010). Climate induced historic and future changes in viticulture. *Journal of Wine Research*, 21(2), 137–145. <https://doi.org/10.1080/09571264.2010.530098>

Shukla, P. R., Skea, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., Diemen, R. van, Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Neogi, S., Pathak, M., Petzold, J., Pereira, J. P., Vyas, P., Huntley, E., ... M, (eds.). (2019). *Ipcc, 2019: summary for policymakers*. In *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (p. 28). Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>

Skinkis, P. A., & Vance, A. J. (2013). Understanding vine balance: an important concept in vineyard management. *Extension Work, Oregon State University*, 1–10. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9068>

Smart, R. E. (1987). Influence of light on composition and quality of grapes. In *Acta Horticulturae* (Issue 206, pp. 37–48). <https://doi.org/10.17660/actahortic.1987.206.2>

Smart, R., & Robinson, M. (1992). *Sunlight into wine* (\NNETITLES (ed.)). Ministry of Agriculture and Fisheries, New Zealand.

Sofo, A., Nuzzo, V., Tataranni, G., Manfra, M., De Nisco, M., & Scopa, A. (2012). Berry morphology and composition in irrigated and non-irrigated grapevine (*vitis vinifera* l.). *Journal of Plant Physiology*, 169(11), 1023–1031. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.03.007>

Spayd, S. E., Tarara, J. M., Mee, D. L., & Ferguson, J. C. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *vitis vinifera* cv. merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(3), 171–182.

StatSoft, I. (2011). *Electronic statistics textbook* (p. 1).

Tello, J., Cordero-Bueso, G., Aporta, I., Cabellos, J. M., & Arroyo, T. (2012). Genetic diversity in commercial wineries: effects of the farming system and vinification management on wine yeasts. *Journal of Applied Microbiology*, *112*(2), 302–315. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05202.x>

Trujillo, P. B., García-Gutiérrez, J. R. L., Ruiz, C., & Miguel, P. S. de. (2001). Sistemas de conducción del viñedo. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, *828*(70), 422–426.

Vilanova, M., Fandiño, M., Frutos-puerto, S., & Cancela, J. J. (2018). Assessment fertigation effects on chemical composition of *Vitis vinifera* L. cv. albarino. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.105>

White, M. A., Whalen, P., & Jones, G. V. (2009). Land and wine. *Nature Geoscience*, *2*(2), 82–84. <https://doi.org/doi:10.1038/ngeo429>

Xi, Z. mei, Zhang, Z. wen, Cheng, Y. feng, & Li, H. (2010). The effect of vineyard cover crop on main monomeric phenols of grape berry and wine in *vitis vinifera* l. cv. cabernet sauvignon. *Agricultural Sciences in China*, *9*(3), 440–448. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60115-2](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60115-2)