



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

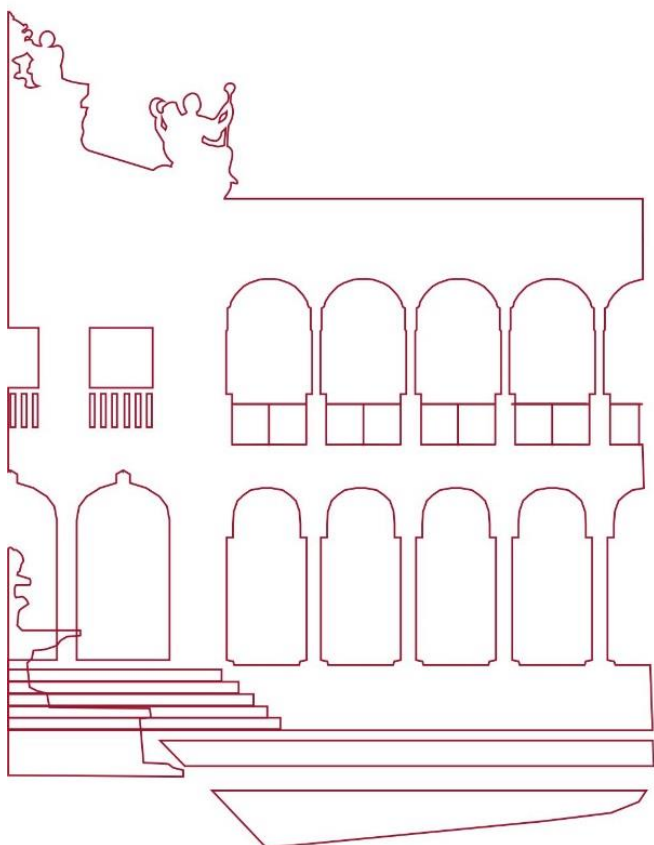
# **ESTUDO DO STRESS HÍDRICO DA VINHA – CASTAS ARAGONÊS E TRINCADEIRA**

Madalena Salgado Pirata

Orientador: José Rafael Marques Silva

Tese apresentada à Universidade de Évora para obtenção do  
Grau de Doutor em Ciências Agrárias e Ambientais

Évora, 2018



INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E FORMAÇÃO  
AVANÇADA



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

# **ESTUDO STRESS HÍDRICO DA VINHA – CASTAS ARAGONÊS E TRINCADEIRA**

Madalena Salgado Pirata

Orientador: José Rafael Marques Silva

Tese apresentada à Universidade de Évora para obtenção do  
Grau de Doutor em Ciências Agrárias e Ambientais

Évora, 2018

“ Hoje em dia o vinho é sinónimo de um estilo de vida que privilegia a cultura e o convívio em todo o mundo, complementando a alimentação, o entretenimento e as artes.”

“Today wine is synonymous with culture and a convivial lifestyle around the world, complementing food, entertainment and the arts.”

(Pretorius, 2000)

## **AGRADECIMENTOS**

À Fundação Eugénio de Almeida e respetivos colaboradores.

Ao Centro de Geofísica de Évora que gentilmente forneceu os dados meteorológicos utilizados nesta Tese.

Ao Prof<sup>o</sup> Doutor José Rafael M. Silva (orientador deste trabalho), à equipa do projeto “Vinhos que Pensam” e ao Prof<sup>o</sup> Doutor Gottlieb Basch, pela colaboração e apoio prestados.

Aos colegas que ao longo destes anos me auxiliaram nos trabalhos de campo – Gracieli Silva, Lisiane Brichi, Luís Paixão, Hugo Ribeiro, Rodrigo Torres, Custódio Alves, Paulo Mesquita, Iliya Mishev, Lubomir Nashev e Filipe Vieira.

## RESUMO

### Estudo do Stress Hídrico da Vinha – castas Aragonês e Trincadeira

Nas regiões influenciadas pelo clima Mediterrânico a distribuição da precipitação é irregular ao longo do ano, algo que está a ser agravado pelas alterações climáticas que apontam no sentido de uma cada vez maior escassez de água.

Esta problemática vem enfatizar a questão da necessidade de um uso racional da água, como tal, foram utilizadas várias metodologias como forma de estudar e controlar o estado de hidratação das plantas face aos objetivos produtivos e empresariais das empresas vitivinícolas, almejando sempre a utilização mais eficiente deste recurso. Nomeadamente, foram determinados, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), a condutância estomática ( $g_s$ ), o potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) e a temperatura da copa, consoante os ensaios estabelecidos, com: i) dois níveis de vegetação; ii) três regimes de rega; iii) dois níveis de produção; e iv) plantas de diferentes idades. Posteriormente foi feita uma avaliação sensorial dos vinhos obtidos (para alguns dos ensaios realizados). Os estudos decorreram entre 2012 a 2015, nas castas Aragonês e Trincadeira, por serem as mais cultivadas na região do Alentejo.

Os resultados obtidos mostram que as características meteorológicas anuais têm impacto sobre a quantidade de biomassa verde das videiras, e que a capacidade para a modelação do nível vegetativo das mesmas pode ter um papel decisivo na gestão da água e respetivo stress hídrico.

Constatou-se ainda que: i) a casta Trincadeira é menos sensível ao stress hídrico, que a casta Aragonês; ii) a redução da carga por planta pode contribuir para aliviar o stress hídrico das videiras; e iii) os vinhos sensorialmente melhor pontuados tiveram origem em plantas com um nível de vegetação elevado no início da campanha em associação com um nível de stress hídrico elevado próximo da colheita.

**Palavras-chave:** Stress hídrico; clima; vegetação; condutância estomática; características sensoriais dos vinhos.

## SUMMARY

### Water Stress Vineyard Study – Aragonês and Trincadeira varieties

In regions influenced by the Mediterranean climate the precipitation distribution is uneven throughout the year, which is getting worse due to climate change and point out to future water shortage.

This problem emphasizes the need of a rational and efficient water use, and because of that, several methodologies were studied in order to control plant water status, taking in consideration the wine companies business objectives. Considering the previous the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the stomata conductance (gs), the plant water potential ( $\Psi_w$ ) and the plant apparent temperature, were used, according to the established trials: i) two vegetation levels; (ii) three irrigation schemes; (iii) two levels of production; and iv) plants of different ages. Subsequently, for some of the carried trials, a wine sensing evaluation was also performed. The studies were conducted between 2012 and 2015, in the Aragonês and Trincadeira grape varieties, due to the fact that they are the most cultivated in the Alentejo region.

Results show that annual meteorological characteristics influence vines amount of green biomass; and the ability to model the vegetative level can play an important role in water and plant water stress management.

It was also verified that: i) the Trincadeira variety is less sensitive to water stress when compared to the Aragonês variety; ii) load reduction can reduce vines water stress; and (iii) sensory best scored wines were originated from plants with a high vegetation vigour at the beginning of the season and a high water stress level near the harvest.

**Keywords:** Water stress; climate; vegetation; stomata conductance; wine sensing characteristics.

## ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

$g_s$  – Condutância Estomática

**ABA** – Ácido Abscísico

$\Psi_w$  – Potencial Hídrico

**NDVI** – Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

**ISO** – International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)

**IPQ** – Instituto Português da Qualidade

**OIV** – Organização Internacional da Vinha e do Vinho

**FEA** – Fundação Eugénio de Almeida

**BSFE** – Baixa Superfície Foliar Exposta

**ESFE** – Elevada Superfície Foliar Exposta

**SFE** – Superfície Foliar Exposta

**IDW** – Inverse Distance Weighting (Distância Inversa Ponderada)

**CWSI** – Crop Water Stress Index (Índice de Stress Hídrico da Cultura)

**FML** – Fermentação Maloláctica

**CV** – Coeficiente de Variação

# ÍNDICE

	Página
I. Introdução .....	17
II. Revisão Bibliográfica .....	19
2.1. Necessidades hídricas das videiras .....	19
2.1.1. Condutância estomática .....	24
2.1.2. Potencial hídrico .....	25
2.1.3. Temperatura da copa .....	28
2.2. Influência do nível vegetativo sobre as videiras .....	29
2.3. Qualidade das uvas face ao rendimento por planta .....	34
2.4. Análise sensorial dos vinhos .....	36
III. Material e Métodos .....	40
3.1. Caracterização do local dos ensaios .....	40
3.2. Ensaio realizados .....	42
3.2.1. Análise do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo .....	44
3.2.2. Ensaio complementares .....	48
3.2.2.1. Análise do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega .....	48
3.2.2.2. Análise do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos .....	50
3.2.2.3. Análise do stress hídrico das videiras face à idade das plantas .....	52
3.3. Medições Efetuadas .....	53
3.3.1. Nível vegetativo .....	53
3.3.2. Condutância estomática .....	56
3.3.3. Potencial hídrico .....	58
3.3.4. Termografia de infravermelhos .....	59



	Página
3.3.5. Características das uvas à colheita (alguns parâmetros) .....	61
3.4. Operações de colheita e vinificação .....	62
3.5. Características sensoriais dos vinhos .....	62
3.6. Métodos de análise estatística .....	63
IV. Resultados e Discussão .....	64
4.1. Nível vegetativo .....	64
4.2. Nível vegetativo, déficit hídrico e qualidade dos vinhos .....	78
4.2.1. Casta Aragonês .....	78
4.2.2. Casta Trincadeira .....	95
4.2.3. Considerações finais .....	99
4.3. Resultados Complementares .....	101
4.3.1. Rega, Déficit Hídrico e Qualidade dos Vinhos .....	101
4.3.1.1. Considerações finais .....	112
4.3.2. Carga por planta, déficit hídrico e qualidade dos vinhos .....	113
4.3.2.1. Casta Aragonês .....	113
4.3.2.2. Casta Trincadeira .....	117
4.3.2.3. Considerações finais .....	118
4.3.3. Idade e déficit hídrico .....	119
4.3.3.1. Casta Aragonês .....	119
4.3.3.2. Casta Trincadeira .....	121
4.3.3.3. Considerações finais .....	123
V. Conclusões .....	124
VI. Bibliografia .....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1</b> – Ilustração representativa da forma como se processa a rega parcial da raiz .....	21
<b>Figura 2</b> – Mapa representativo dos talhões e respetivas castas que constituem a vinha onde decorreram os ensaios .....	40
<b>Figura 3</b> – Carta de solos .....	41
<b>Figura 4</b> – Imagem com esquema representativo das medições feitas em campo para o cálculo da SFE .....	45
<b>Figura 5</b> – Desenho representativo da forma como os tratamentos de SFE estavam instalados e das plantas onde ocorriam as medições .....	46
<b>Figura 6</b> – Fotografia do procedimento de recolha dos dados multiespectrais (a) e respetivo sensor (b) .....	54
<b>Figura 7</b> – Pormenor do levantamento com o sensor multiespectral OptRx na vinha do Casito, onde se pode constatar a elevada densidade espacial da amostragem .....	55
<b>Figura 8</b> – Exemplo de um mapa que resultou do tratamento dos dados multiespectrais recorrendo à técnica IDW .....	56
<b>Figura 9</b> – Fotografia do procedimento de recolha dos valores da $g_s$ .....	57

	Página
<b>Figura 10</b> – Ilustração representativa da medição do $\Psi_w$ através de uma câmara de pressão .....	59
<b>Figura 11</b> – Exemplo de uma fotografia térmica .....	61
<b>Figura 12</b> – Variação temporal do NDVI (nos 23 talhões da Figura 2b) em: a) Junho 2012; b) Setembro 2012; c) Junho 2013; d) Setembro 2013; e) Junho 2014; f) Setembro 2014; g) Junho 2015; h) Setembro 2015 .....	69
<b>Figura 13</b> – Precipitação mensal acumulada (mm) e temperatura média do ar (°C) nos anos de 2012 a 2015 .....	70
<b>Figura 14</b> – Resultados das regressões lineares estabelecidas entre a disponibilidade hídrica (precipitação acumulada de Janeiro a Maio (a, b) e, precipitação acumulada de Janeiro a Setembro mais as regas (c)) e o NDVI médio em Junho (a) e em Setembro (b, c) dos talhões com Aragonês e Trincadeira, durante os anos de 2012 a 2015 .....	71
<b>Figura 15</b> – Resultados das regressões lineares estabelecidas entre a precipitação acumulada de Outubro a Dezembro e o NDVI média em Junho, dos talhões com Aragonês e Trincadeira, durante os anos de 2013 a 2015....	73
<b>Figura 16</b> – Resultados das regressões lineares estabelecidas entre o NDVI médio em Junho e o somatório da temperatura máxima diária de Janeiro a Maio (a) e, o NDVI médio em Setembro e o somatório da temperatura máxima diária de Janeiro a Setembro (b), nas castas Aragonês e Trincadeira, durante os anos de 2012 a 2015 .....	75
<b>Figura 17</b> – Fotografias representativas de diferentes níveis vegetativos no mesmo talhão e na mesma data, constituído por uma única casta .....	77

<b>Figura 18</b> – Resultados relativos à evolução da $g_s$ ( $n = 10$ ) às 09:00h (a, c) e às 12:00h (b, d, e), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de: a/b) 2013; c/d) 2014; e) 2015 .....	79
<b>Figura 19</b> – Resultados relativos à evolução do CV da $g_s$ ( $n = 10$ ) às 09:00h (a, c) e às 12:00h (b, d, e), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de: a/b) 2013; c/d) 2014; e) 2015 .....	82
<b>Figura 20</b> – Resultados relativos à evolução do $\Psi_w$ ( $n = 3$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de: a) 2013; b) 2014; c) 2015 .....	86
<b>Figura 21</b> – Resultados relativos à análise de regressão estabelecida entre o $\Psi_w$ ( $n = 3$ ) e a $g_s$ ( $n = 3$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de: a) 2013; b) 2014; c) 2015 .....	88
<b>Figura 22</b> – Evolução da vegetação no tratamento BSFE no início (a) e no final (b) da campanha, e no tratamento ESFE no início (c) e no final (d) da campanha, no ano de 2013 – casta Aragonês .....	91
<b>Figura 23</b> – Resultados relativos à evolução da $g_s$ ( $n = 10$ ) às 09:00h (a) e às 12:00h (b, c), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de: a/b) 2014; c) 2015 .....	96

	Página
<b>Figura 24</b> – Resultados relativos à evolução do CV da $g_s$ ( $n = 10$ ) às 09:00h (a) e às 12:00h (b, c), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de: a/b) 2014; c) 2015 .....	98
<b>Figura 25</b> – Sintomas de stress hídrico nas castas Aragonês (a) e Trincadeira (b), em talhões contíguos (04/09/2015) .....	100
<b>Figura 26</b> – Resultados relativos à evolução da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de: a) 2014; b) 2015 .....	102
<b>Figura 27</b> – Resultados relativos à evolução do CV da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de: a) 2014; b) 2015 .....	107
<b>Figura 28</b> – Resultados relativos à determinação do CWSI ( $n = 10$ ) ao longo da campanha, no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira (2014) .....	108
<b>Figura 29</b> – Resultados relativos à análise de regressão estabelecida entre a $g_s$ ( $n = 10$ ) e o CWSI ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira (2014) .....	108
<b>Figura 30</b> – Resultados relativos à evolução da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas da casta Aragonês (2014) .....	114

	Página
<b>Figura 31</b> – Resultados relativos à evolução do CV da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas da casta Aragonês (2014) .....	114
<b>Figura 32</b> – Resultados relativos à evolução da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas da casta Trincadeira, (2014) .....	117
<b>Figura 33</b> – Resultados relativos à evolução do CV da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas da casta Trincadeira (2014) .....	118
<b>Figura 34</b> – Resultados relativos à evolução da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas da casta Aragonês (2014) .....	119
<b>Figura 35</b> – Resultados relativos à evolução do CV da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas da casta Aragonês (2014) .....	121
<b>Figura 36</b> – Resultados relativos à evolução da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas da casta Trincadeira (2014) .....	122
<b>Figura 37</b> – Resultados relativos à evolução do CV da $g_s$ ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas da casta Trincadeira (2014) .....	123

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1</b> – Valores de referência para o $\Psi_w$ relativo ao grau de déficit hídrico das videiras .....	27
<b>Tabela 2</b> – Organização geral dos ensaios realizados .....	43
<b>Tabela 3</b> – SFE dos tratamentos .....	45
<b>Tabela 4</b> – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de 2013 a 2015 .....	47
<b>Tabela 5</b> – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de 2014 e 2015 .....	48
<b>Tabela 6</b> – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de 2014 e 2015 .....	50
<b>Tabela 7</b> – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas das castas Aragonês e Trincadeira, no ano de 2014 .....	52
<b>Tabela 8</b> – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas das castas Aragonês e Trincadeira, no ano de 2014 .....	53

	Página
<b>Tabela 9</b> – Estatística descritiva do NDVI referente aos 23 talhões da Figura 2b, analisados em Junho e Setembro de 2012 .....	65
<b>Tabela 10</b> – Estatística descritiva do NDVI referente aos 23 talhões da Figura 2b, analisados em Junho e Setembro de 2013 .....	66
<b>Tabela 11</b> – Estatística descritiva do NDVI referente aos 23 talhões da Figura 2b, analisados em Junho e Setembro de 2014 .....	67
<b>Tabela 12</b> – Estatística descritiva do NDVI referente aos 23 talhões da Figura 2b, analisados em Junho e Setembro de 2015 .....	68
<b>Tabela 13</b> – Parâmetros das regressões lineares da Figura 14 .....	72
<b>Tabela 14</b> – Parâmetros das regressões lineares da Figura 16 .....	76
<b>Tabela 15</b> – Resultados estatísticos da avaliação sensorial (n = 6) dos vinhos, do ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês .....	90
<b>Tabela 16</b> – Representação da influência do nível de vegetação e das condições meteorológicas sobre a $g_s$ e a qualidade potencial dos vinhos .....	94
<b>Tabela 17</b> – Variação da $g_s$ face a diferentes temperaturas médias máximas observadas .....	105
<b>Tabela 18</b> – Resultados estatísticos da avaliação sensorial (n = 6) dos vinhos, do ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira .....	110



<b>Tabela 19</b> – Resultados estatísticos da análise aos parâmetros característicos das uvas (n = 6*100 bagos), à colheita, do ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira .....	112
<b>Tabela 20</b> – Resultados estatísticos da avaliação sensorial (n = 6) dos vinhos, do ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas da casta Aragonês (2014) .....	116

## I. INTRODUÇÃO

A cultura da vinha encontra-se presente num grande número de regiões do Globo, estando ligada à história da humanidade desde a Antiguidade e tendo tido sempre uma grande importância económica (Chauvet e Reynier, 1984).

O mercado vitivinícola é cada vez mais global e os consumidores são cada vez mais exigentes, não apenas com as características dos vinhos, mas também com questões ambientais e de preservação dos recursos naturais. Os produtores vitivinícolas tentam assim maximizar o potencial enológico, tirando partido de particularidades associadas às características de cada região da melhor forma possível e assim se posicionarem no mercado de forma competitiva com produtos cuja qualidade se distingue pelo uso de recursos endógenos. Nesta base está o conceito de “*Terroir*” (Elaydi e McLaughlin, 2012).

*Terroir* é uma palavra francesa que está associada ao meio em que a vinha é cultivada, portanto, à interação do sistema clima – solo – planta – técnicas culturais. O meio em que vive a planta é condicionado por diversos fatores bióticos e abióticos cujo impacto sobre as plantas depende da ocorrência simultânea desses fatores, o que pode resultar num elevado grau de complexidade da resposta das plantas em função da combinação entre cada um deles (Suzuki *et al.*, 2014). Mas, apesar das características do local terem um efeito combinado muito importante sobre as características das uvas e conseqüentemente dos vinhos (Vaudour, 2002; Cross *et al.*, 2011; Zsófi *et al.*, 2011), na generalidade, a topografia e as características e constituição do solo não mudam significativamente de ano para ano, sendo as características meteorológicas aquelas que mais variam anualmente, e que se apresentam como um fator determinante para a qualidade das uvas (Tonietto e Carbonneau, 2004; Downey *et al.*, 2006). Já as técnicas culturais podem ser adaptadas consoante as circunstâncias.

É pois relativamente a essas circunstâncias, nomeadamente no que toca às características do ano agrícola, que se desenvolveu este trabalho, com o objetivo de estudar algumas metodologias para aferir o stress hídrico das videiras, bem como

algumas técnicas culturais que constituem estratégias de adaptação destas plantas às características meteorológicas anuais. Esta análise torna-se pertinente na medida em que as alterações climáticas exercem uma influência cada vez mais profunda na fisiologia das videiras, na produtividade e na qualidade das vindimas (Jones *et al.*, 2005; Chaves *et al.*, 2007; Orduña, 2010; Fraga *et al.*, 2012). Como tal, durante os anos de 2012 a 2015 registaram-se, e posteriormente analisaram-se resultados que dizem respeito ao índice de vegetação por diferença normalizada, à condutância estomática, ao potencial hídrico e à temperatura da copa, em ensaios com diferentes, níveis vegetativos, disponibilidade hídrica, carga e idade das cepas, nas castas Aragonês e Trincadeira, bem como a influência das condições climáticas sobre estes parâmetros.

Há também a intenção de inferir acerca do impacto do estado de hidratação das videiras sobre os atributos sensoriais dos vinhos.

Já vários autores discutiram os temas da disponibilidade hídrica e do uso da água, e estudaram metodologias para determinação do stress hídrico e, estratégias de adaptação das videiras às alterações climáticas, mas poucos discutiram estas várias metodologias num mesmo trabalho e sob as mesmas condições experimentais, e estabeleceram a ponte entre as condições climáticas e as características sensoriais dos vinhos. Foram Vaz *et al.* (2016) os que mais se aproximaram deste propósito, contudo, não chegaram a apresentar resultados relativos aos vinhos, que são o objetivo final desta indústria.

Neste estudo também se arriscou ao sair dos ambientes de trabalho mais controlados ou laboratoriais, desenvolvendo-se as atividades no meio empresarial, concretamente, numa vinha que é explorada economicamente, e com todas as contingências e restrições que isso implica.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. NECESSIDADES HÍDRICAS DAS VIDEIRAS

A maior parte das vinhas estão localizadas em regiões do globo em que a água é um recurso limitante devido à distribuição da precipitação ser irregular ao longo do ano (Cifre *et al.*, 2005; Chaves *et al.*, 2007), de que é exemplo o clima Temperado/Mediterrânico, com as chuvas concentradas no período de Inverno e Verões quentes e secos. De acordo com as diversas previsões climáticas que apontam no sentido de uma cada vez maior escassez de água, estas regiões tendem a tornar-se cada vez mais áridas nas próximas décadas (Jones *et al.*, 2005; Schultz e Stoll, 2010; Fraga *et al.*, 2012, 2013). Essas mudanças representam uma restrição importante ao crescimento e desenvolvimento da videira, tornando cruciais a adoção de estratégias de adaptação das plantas a estes cenários (Malheiro *et al.*, 2010; Fraga *et al.*, 2012, 2013), pois o período pós-floração coincide exatamente com o período em que a escassez hídrica é maior (Medrano *et al.*, 2003; Flexas *et al.*, 2010; Serra *et al.*, 2014). Sendo a escassez de água associada às alterações climáticas uma particular ameaça à sustentabilidade da viticultura nas atuais áreas de cultivo, que são geralmente propensas à seca (Simonneau *et al.*, 2017).

A água é essencial à atividade biológica. Nas plantas o défice hídrico é altamente condicionante das principais funções metabólicas, as trocas gasosas e a fotossíntese. Como tal, a gestão hídrica e a capacidade para usar a rega, são fundamentais para controlar o crescimento das plantas de forma mais eficiente, e portanto, produzir economicamente as culturas, que no caso da vinha se traduz em colheitas consistentes e de elevada qualidade (Wample, 2001).

Contrariamente à maioria das culturas, as videiras são, em geral, plantas muito tolerantes à escassez de água, sendo capazes de sobreviver mesmo sob condições de stress hídrico severo (Williams e Matthews, 1990, citados por Intrigliolo *et al.*, 2012; Serra *et al.*, 2014), mas tais condições podem ser prejudiciais para a qualidade dos frutos, por inibição acentuada da expressão vegetativa e conseqüente redução da

capacidade fotossintética, e portanto, redução da capacidade da planta para o amadurecimento adequado das uvas (Romero *et al.*, 2010).

Assim, apesar da vinha ser uma cultura tradicionalmente não regada (Cifre *et al.*, 2005; Girona *et al.*, 2006; Zsófi *et al.*, 2008; Serrano *et al.*, 2010; Medrano *et al.*, 2015), a rega foi introduzida com o objetivo de reduzir o impacto da seca no rendimento e na qualidade dos frutos (Cifre *et al.*, 2005; Salón *et al.*, 2005; Santesteban e Royo, 2006; Zsófi *et al.*, 2008; Chaves *et al.*, 2010; Martorell *et al.*, 2015; Simonneau *et al.*, 2017).

Concorrentemente, água em excesso poderá influenciar negativamente a qualidade das uvas devido ao frágil equilíbrio que existe entre produtividade e qualidade (Cifre *et al.*, 2005), o que torna as relações hídricas nas videiras, uma questão complexa, nomeadamente na produção de uvas para vinho. Isto porque a disponibilidade de água afeta a concentração de açúcares nos bagos de uma forma relativamente intrincada. Por vezes, uma maior disponibilidade hídrica conduz a uma concentração de açúcares superior, como consequência de uma maior atividade fotossintética (Matthews e Anderson, 1988, citados por Santesteban e Royo, 2006). Noutras situações, implica menor concentração de açúcares, devido à diluição por acumulação de água e consequente aumento do tamanho do bago (Van Leeuwen e Seguin, 1994, citados por Santesteban e Royo, 2006).

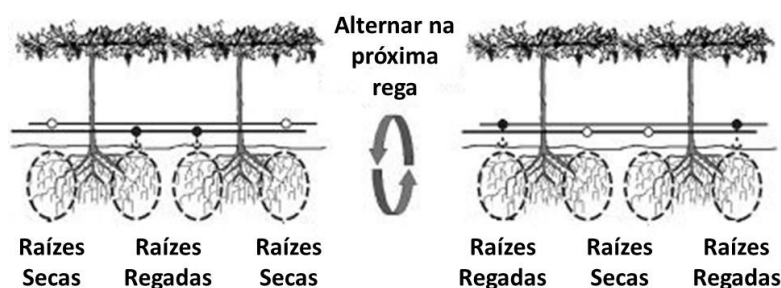
Os açúcares das uvas são de extrema importância para a produção dos vinhos, pois são estes que se transformam em etanol (álcool) por ação fermentativa de microorganismos que os utilizam como fonte de energia para a sua atividade metabólica, como verificou Louis Pasteur em 1857 (Matias e Martins, 2005), determinando fundamentalmente o teor alcoólico dos vinhos. Os microorganismos que realizam este processo (fermentação alcoólica) são geralmente leveduras do género *Saccharomyces*, por serem as mais resistentes à concentração elevada de etanol que se vai acumulando ao longo da fermentação dos mostos (Mamede e Pastore, 2004).

Pode então considerar-se que, em viticultura, um regime hídrico moderadamente limitante, terá efeitos muito positivos sobre a composição das uvas e consequente qualidade dos vinhos, porque a planta é mantida sob um determinado grau

de déficit hídrico, permitindo em simultâneo controlar o seu crescimento e desenvolvimento, sem grandes prejuízos no rendimento (Cifre *et al.*, 2005; Souza *et al.*, 2005; Chaves *et al.*, 2007; Santesteban *et al.*, 2011; Simonneau *et al.*, 2017). A rega deficitária controlada e a rega parcial da raiz têm sido apontadas como sendo as estratégias mais promissoras neste âmbito (Cifre *et al.*, 2005; Chaves *et al.*, 2007).

A rega deficitária controlada consiste em manter o nível de hidratação das plantas em determinado intervalo, monitorizando continuamente alguns parâmetros fisiológicos indicadores de stress hídrico. A rega deve ser aplicada apenas quando esses parâmetros descem abaixo de certo valor limite (Cifre *et al.*, 2005) e, deve cessar quando atinge outro valor limite, por forma a manter o estado de hidratação das plantas dentro de um determinado intervalo de déficit hídrico.

A rega parcial da raiz consiste em regar apenas metade do sistema radicular da planta e manter a outra metade seca, alternadamente a cada uma das regas (Cifre *et al.*, 2005; Chaves *et al.*, 2007; Medrano *et al.*, 2015) (Figura 1). Teoricamente a parte que está hidratada assegura o normal metabolismo da planta, enquanto a parte desidratada estimula a síntese química de substâncias (sinais químicos) que atuarão na redução da condutância estomática (Davis *et al.*, 2000; Stoll *et al.*, 2000; Souza *et al.*, 2003; Antolín *et al.*, 2006).



Adaptado de: du Toit (2004).

**Figura 1** – Ilustração representativa da forma como se processa a rega parcial da raiz.

Nestas condições de déficit hídrico, os bagos costumam ser mais pequenos, o que se revela vantajoso, uma vez que resultam em uvas com maior concentração em sólidos solúveis por terem menos água, e maior concentração em compostos fenólicos. Estes últimos – associados às características estruturais, à cor e à adstringência, determinantes das características das uvas e dos vinhos tintos em relação aos brancos (Cabrita *et al.*, 2003; Koundouras *et al.*, 2006) – estão presentes principalmente na película das uvas, portanto, uma redução no tamanho dos frutos melhora a sua qualidade como resultado do aumento do rácio película/polpa (Roby *et al.*, 2004; Acevedo-Opazo *et al.*, 2010; Vaz *et al.*, 2016). Mas esta relação não é assim tão linear, porque se por um lado os mecanismos de acumulação de compostos fenólicos podem beneficiar com o déficit hídrico, por outro podem ser interrompidos, tudo depende da intensidade do déficit hídrico; ou seja, se o stress hídrico for severo ocorrem limitações de natureza fotossintética que afetam negativamente a acumulação de compostos fenólicos, mas se o stress for moderado as uvas podem beneficiar de uma maior concentração em compostos fenólicos devido ao aumento do rácio película/polpa (Ojeda *et al.*, 2002).

Roby e Matthews (2004) e Roby *et al.* (2004) acrescentam que, a maior concentração em compostos fenólicos nas películas das uvas sujeitas a stress hídrico, também pode acontecer devido às respostas de crescimento diferencial das películas em relação à polpa, nestas condições.

Por outro lado, se os regimes hídricos deficitários não forem bem conduzidos, em casos de vagas de calor, apresentam elevados riscos de escaldão de folhas e cachos (Lopes *et al.*, 2014), além disso podem resultar em elevadas perdas de rendimento por redução exagerada do tamanho dos bagos (Egipto *et al.*, 2016).

Neste enquadramento, Antolín *et al.* (2006), que testaram os dois regimes hídricos deficitários já mencionados, num estudo efetuado na casta Tempranillo (Aragonês) em estufa, verificaram que a rega parcial da raiz tem vantagens sobre a rega deficitária controlada, porque as videiras receberam a mesma quantidade de água em ambos os métodos de rega e obtiveram uvas com características significativamente distintas. Do tratamento submetido à rega parcial da raiz resultou um maior rendimento, uvas e cachos mais pesados, maior área foliar e maior concentração de

antocianinas (presentes na película), comparativamente à rega deficitária controlada. E sugerem que estas diferenças estão relacionadas com as flutuações na concentração de ácido abscísico (sinais químicos) nas uvas durante o amadurecimento, registadas em cada um dos tratamentos.

Em oposição, Gu *et al.* (2004) referem que é a quantidade de água e não o método de rega, o fator determinante na indução de stress hídrico e consequente alteração do metabolismo das videiras (Sauvignon blanc, California).

Certo é que estas técnicas de rega, por contribuírem para o uso mais eficiente da água (Davis *et al.*, 2000; Stoll *et al.*, 2000; Souza *et al.*, 2003, 2005; Cifre *et al.*, 2005; Antolín *et al.*, 2006; Chaves *et al.*, 2007), são particularmente importantes no caso da vinha, porque esta ocupa uma área maior do que qualquer outra espécie frutícola no mundo (FAO, 2017).

Há diferenças a nível genético, e como tal, também a nível fisiológico e bioquímico, na capacidade de tolerar os níveis de restrição hídrica entre as videiras (Serra *et al.*, 2014), o que significa que as respostas aos condicionalismos ambientais variam de casta para casta (Costa *et al.*, 2012; Tomás *et al.*, 2012) devido às diferenças intrínsecas na capacidade para regular a atividade estomática e o uso da água (Chaves *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2012; Tomás *et al.*, 2014). As plantas são classificadas como isohídricas se começam a fechar os estomas logo que acontece uma diminuição da quantidade de água no solo, ou, anisohídricas se não fecham os estomas e continuam a transpirar, mesmo que as reservas de água no solo comecem a diminuir (Schultz, 2003; Soar *et al.*, 2006). Assim, segundo Flexas *et al.* (2010), Serra *et al.* (2014) e Costa *et al.* (2016a) a utilização de genótipos fisiologicamente mais sensíveis à variação do teor de água no solo, contribuirá para o uso eficiente deste recurso, por terem maior capacidade para ajustar a abertura/encerramento dos estomas consoante a disponibilidade hídrica.

Neste enquadramento, é então importante para a viticultura o acompanhamento do *status* hídrico das plantas, que pode ser feita por intermédio de determinados indicadores fisiológicos (Cifre *et al.*, 2005) baseados no conhecimento das respostas das videiras à escassez de água. Sendo amplamente utilizados para este fim o NDVI (medição indireta – apresentado mais à frente no ponto 2.2) a condutância



estomática, o potencial hídrico e a temperatura da copa (ex. Acevedo-Opazo *et al.*, 2008; Vaz *et al.*, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2017, 2018).

### **2.1.1. Condutância Estomática**

O encerramento dos estomas e consequente diminuição da condutância estomática ( $g_s$ ) são dos primeiros processos que ocorrem como resposta das videiras ao déficit hídrico (Serrano *et al.*, 2010). Os estomas são poros que controlam as trocas gasosas de vapor de água, dióxido de carbono e oxigênio entre a planta e a atmosfera (Hetherington e Woodward, 2003), essenciais para o processo de fotossíntese, de maneira que o encerramento dos estomas pode ter um elevado custo para a planta, porque inevitavelmente conduz a uma diminuição da fotossíntese (Simonneau *et al.*, 2017).

A regulação da  $g_s$  é altamente condicionada pela síntese e concentração de ácido abscísico (ABA), que é produzido nas raízes aquando de situações de escassez de água no solo e, transportado no xilema até às folhas induzindo o fecho dos estomas (Cifre *et al.*, 2005; Jiang e Hartung, 2008; Pou *et al.*, 2008; Simonneau *et al.*, 2017). A síntese de ABA ocorre para níveis ainda relativamente elevados de água no solo, o que faz da  $g_s$  uma ferramenta muito precisa na determinação do estado hídrico da planta (Cifre *et al.*, 2005). E por isso o ABA é considerado como uma das fito-hormonas mais importantes na sinalização do déficit hídrico no solo (Davis *et al.*, 2005; Schachtman e Goodger, 2008).

A síntese de ABA e a regulação estomática estão dependentes do genótipo (Prieto *et al.*, 2010; Perrone *et al.*, 2012), sendo maior nas castas que manifestam um comportamento isohídrico e menor nas que manifestam um comportamento anisohídrico (Soar *et al.*, 2006). Algo que representa um fator crítico na adaptação das videiras à seca, como verificaram Prieto *et al.* (2010). No estudo que estes autores realizaram no Sul de França, com cinco castas, observaram que em ambientes quentes e secos o comportamento isohídrico extremo, reduziu drasticamente a capacidade de absorção de carbono, essencial à fotossíntese, afetando assim a composição das uvas e

o rendimento. Por outro lado, um comportamento anisohídrico permite que as uvas atinjam a maturidade em períodos de seca, embora aumente a probabilidade de mortalidade por estrangulamentos hidráulicos.

Todavia, Medrano *et al.* (2002), Flexas *et al.* (2004) e Cifre *et al.* (2005) referem que, em geral, para  $g_s$  acima de  $150 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  as limitações fotossintéticas nas videiras são apenas de natureza estomática; entre 150 e  $50 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  o impacto na atividade fotossintética está no limite das insuficiências estomáticas e início das não estomáticas; e, abaixo de  $50 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  as videiras estão sob um stress hídrico severo e as limitações fotossintéticas já são de natureza não estomática. Mas havendo disponibilidade hídrica, e de acordo com as características de cada casta, os resultados quantitativos da  $g_s$  são muito variados, como mostraram Tomás *et al.* (2014).

### 2.1.2. Potencial Hídrico

O potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) quantifica a energia livre da água. Este representa as forças de retenção da água na planta, ou, a força de tensão que tem que ocorrer na planta para que esta consiga retirar água do solo (pressão hidrostática negativa no xilema). A medição do  $\Psi_w$  através de uma câmara de pressão, específica para o efeito, é uma metodologia muito popular para determinar o estado de hidratação/stress hídrico das plantas (Jones, 1990).

Existem diferentes tipos de abordagem na avaliação do estado de hidratação das plantas através desta metodologia, uma vez que pode ser medido o  $\Psi_w$  da folha e/ou do caule durante o dia, e o  $\Psi_w$  da folha durante a madrugada (Williams e Araujo, 2002; Van Leeuwen *et al.*, 2008, 2009; Williams e Trout, 2005; Cole e Pagay, 2015), este último também designado por  $\Psi_w$  de base.

Convencionalmente, como explicam Simonneau *et al.* (2017), a água pura (ao nível do mar) tem um potencial igual a zero ( $\Psi = 0$ ), correspondendo à máxima disponibilidade hídrica num solo saturado. A secagem do solo resulta numa diminuição

do seu  $\Psi_w$ , tornando-se mais negativo à medida que a água se liga às partículas do solo e concentra solutos.

Zsófi *et al.* (2009) defendem que a determinação do  $\Psi_w$  de base, é o indicador mais preciso do estado hídrico das plantas, relativamente ao  $\Psi_w$  estimado ao meio-dia solar. Isso fica a dever-se ao facto do  $\Psi_w$  de base representar melhor o estado de hidratação das plantas em relação à disponibilidade de água no solo, por ser medido num período em que, devido à ausência de luz (necessária para a fotossíntese) e dadas as baixas necessidades de arrefecimento das folhas, os estomas estão fechados, e portanto não há perdas de água por transpiração, o que permite o estabelecimento de um equilíbrio entre o  $\Psi_w$  da planta e o  $\Psi_w$  do solo (Jones, 2007; Rodrigues *et al.*, 2012).

Contudo, Ameglio *et al.* (1999) advertem para a inadequabilidade da determinação do  $\Psi_w$  de base quando os solos são muito heterogéneos (teor de água no solo variável), pois a reidratação das plantas durante este período vai estar dependente da sua localização em zonas de maior ou menor capacidade de retenção de água, e portanto estes resultados podem ser variáveis. Van Leeuwen *et al.* (2008) explicam que o  $\Psi_w$  de base das videiras, está em equilíbrio com a camada mais húmida do solo explorada pelo sistema radicular, e assim uma pequena camada de solo húmido pode ser capaz de reidratar a videira durante a noite, mas pode ser insuficiente para atender à evapotranspiração diurna, especialmente quando a copa é grande.

Quando não há fatores limitantes, o meio-dia solar corresponde ao momento em que a planta atinge a máxima capacidade fotossintética. Como tal, Van Leeuwen *et al.* (2008, 2009) consideram o  $\Psi_w$  da folha ao meio-dia solar, como um indicador do  $\Psi_w$  mínimo (estado de hidratação mais reduzido) experimentado pela planta durante o dia, por coincidir com o momento de máxima transpiração (e de evaporação de água do solo). E, Choné *et al.* (2001) referem-se ao  $\Psi_w$  do caule ao meio-dia solar como um parâmetro capaz de fornecer a primeira indicação da existência de stress hídrico, estando bem correlacionado com a transpiração foliar.

Há estudos que confirmam que o  $\Psi_w$  da folha ao meio-dia solar é um parâmetro sensível na avaliação do estado hídrico das plantas, capaz de mostrar diferenças significativas entre tratamentos sujeitos a diferentes regimes hídricos

(Matthews *et al.*, 1987; Williams e Trout, 2005). No entanto, segundo Jones (2007), nem sempre reflete devidamente o estado hídrico da planta porque a medição representa o  $\Psi_w$  de apenas uma folha, enquanto o  $\Psi_w$  do caule representa toda a planta. Além disso, o  $\Psi_w$  do caule é menos suscetível a variações (temporais, ambientais e de cada falha em particular) comparativamente com o  $\Psi_w$  da folha (Patakas *et al.*, 2005; Shackel, 2007).

São apontados por Ferreyra *et al.* (2003) e Girona *et al.* (2006), valores de referência relativos ao  $\Psi_w$  (caule e folha) ao meio dia solar, sendo que: i) videiras sujeitas a stress hídrico leve apresentarão valores superiores a -0,8 MPa; ii) videiras sujeitas a um stress moderado apresentarão valores cerca de -1,2 MPa; e iii) videiras sujeitas a stress hídrico severo apresentarão valores inferiores a -1,5 MPa.

Van Leeuwen *et al.* (2008) vão mais longe e apresentam valores de referência para mais dois níveis de stress hídrico e também para o  $\Psi_w$  da folha determinado durante a madrugada, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1** - Valores de referência para o  $\Psi_w$  relativamente ao grau de déficit hídrico das videiras.

	$\Psi_w$ caule meio dia solar (MPa)	$\Psi_w$ folha meio dia solar (MPa)	$\Psi_w$ folha madrugada (Mpa)
<b>Sem déficit hídrico</b>	> -0,6	> -0,9	> -0,2
<b>Déficit hídrico fraco</b>	-0,6 a -0,9	-0,9 a -1,1	-0,2 a -0,3
<b>Déficit hídrico fraco a moderado</b>	-0,9 a -1,1	-1,1 a -1,3	-0,3 a -0,5
<b>Déficit hídrico moderado a severo</b>	-1,1 a -1,4	-1,3 a -1,4	-0,5 a -0,8
<b>Déficit hídrico severo</b>	< -1,4	< -1,4	< -0,8

Adaptado de: Van Leeuwen *et al.* (2008).

### 2.1.3. Temperatura da Copa

A determinação da temperatura da copa, através da termografia ou termometria de infravermelhos, permite monitorizar o *status* hídrico e o comportamento estomático das plantas (Van Zyl, 1986; Jones *et al.*, 2002; Fuentes *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2012, 2013, 2016b; Bellvert *et al.*, 2014; Pou *et al.*, 2014) por estar dependente da transpiração. Esta relação baseia-se no facto de que, quando existe disponibilidade hídrica, a transpiração é mais elevada e a temperatura da folha baixa, mas quando as plantas estão sob stress hídrico tendem a fechar mais os estomas, transpiram menos, e apresentam temperaturas da copa mais elevadas, que as que estão em conforto hídrico (Serrano *et al.*, 2010; Fuentes *et al.*, 2012; Pou *et al.*, 2014, Costa *et al.*, 2016b).

Para além da  $g_s$ , Baluja *et al.* (2012) verificaram correlações significativas (moderadas a fortes) entre a temperatura do copado das videiras ou índices térmicos determinados a partir dos resultados da temperatura do copado, e o  $\Psi_w$  (caule). Resultados semelhantes foram também verificados por Grant *et al.* (2007), Möller *et al.* (2007), Costa *et al.* (2012), e Gutiérrez *et al.* (2017, 2018).

É importante monitorizar a temperatura do copado da vinha porque a exposição a altas temperaturas, por vezes superiores a 40°C, como tantas vezes acontece no verão Mediterrânico, são conhecidas por reduzir a fotossíntese das videiras (Yu *et al.*, 2009; Zsófi *et al.*, 2009), devido a estrangimentos de natureza estomática (Soar *et al.*, 2009).

Num estudo em videiras da casta Semillon envasadas, Greer e Weston (2010) verificaram uma redução na fotossíntese causada pela limitação da atividade estomática após eventos de calor (40°C). Segundo Greer (2012), os valores de temperatura considerados ótimos para a atividade fotossintética das videiras situam-se entre os 25 e os 30°C (Semillon). Mas de acordo com Costa *et al.* (2016b), condições de temperatura do ar muito elevadas e baixos valores de humidade atmosférica resultam em temperaturas da copa vários graus acima da temperatura do ar, o que torna fundamental que a determinação da condição hídrica das videiras ocorra de forma rápida e eficiente.

Em resposta a essa necessidade, a termografia e a termometria de infravermelhos, além de permitirem monitorizar a temperatura da copa de cada videira,

são técnicas que têm a vantagem de permitir obter um elevado volume de dados representativos do estado de hidratação das plantas a uma escala espacial mais elevada (Serrano *et al.*, 2010; Fuentes *et al.*, 2012), permitindo assim, também, a monitorização da distribuição das temperaturas do conjunto de videiras na vinha, contornando os problemas associados à determinação de outros indicadores que sendo mais localizados tendem a apresentar maior variabilidade e carecem de muito mais tempo para obter um volume de informação semelhante (Fuentes *et al.*, 2012). E segundo Gutiérrez *et al.* (2017, 2018) que estudaram especificamente a termografia de infravermelhos, os resultados que obtiveram revelaram um grande potencial das imagens térmicas para a estimativa rápida e confiável do estado de hidratação das videiras.

## **2.2. INFLUÊNCIA DO NÍVEL VEGETATIVO SOBRE AS VIDEIRAS**

Outras técnicas culturais que não simplesmente a rega, devem ser tidas em consideração, por contribuírem para a gestão da utilização da água pela videira (Barroso e Pombeiro, 2013). As técnicas de gestão do crescimento do vegetativo parecem ser de particular interesse a aplicar nas vinhas, por serem eficazes na adaptação das plantas à disponibilidade de água no solo (Picón-Toro *et al.*, 2012; Pascual *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2016a).

O enrelvamento na entrelinha das vinhas surge assim como uma ferramenta importante no controlo do crescimento do vegetativo, devido à competição pela água entre as videiras e as espécies herbáceas (Afonso *et al.*, 2003; Lopes *et al.*, 2004; Monteiro e Lopes, 2007; Barroso e Pombeiro, 2013), pois o crescimento vegetativo é tanto menor quanto maior a competição entre as plantas por esse recurso (Monteiro e Lopes, 2007; Lopes *et al.*, 2008, 2011; Beslic *et al.*, 2015).

Lopes *et al.* (2008) constataram que o enrelvamento da entrelinha teve um efeito positivo sobre a qualidade das uvas pela redução da acidez total e do aumento da concentração de antocianinas e compostos fenólicos nas películas dos bagos. Essas diferenças foram também detetadas na análise sensorial dos vinhos, na qual foi

atribuída melhor classificação aos vinhos provenientes de videiras em vinhas sob o efeito do enrelvamento na entrelinha.

Vários estudos apontam para o enrelvamento como uma técnica importante no controlo do crescimento vegetativo das videiras (Afonso *et al.*, 2003; Wheeler *et al.*, 2005; Lopes *et al.*, 2004, 2008; Guerra e Steenwerth, 2012; Barroso e Pombeiro, 2013), no entanto, esta prática será desadequada em anos mais secos ou regiões mais áridas, devido ao consumo extra de água pelas plantas que constituem o enrelvamento (Testic *et al.*, 2007; Van Huyssteen e Weber, 1980 e, Shultz e Lohnertz, 2002; citados por Barroso e Pombeiro, 2013), o que poderá comprometer a maturação e a perenidade das videiras (Afonso *et al.*, 2003).

A redução do volume da vegetação também pode ocorrer através de técnicas de intervenção direta sobre a vegetação, como a desfoliação ou a poda (folhas e caules). Uma vez que o número de folhas condiciona a taxa de fotossíntese por planta, e por consequência também as perdas de água, um nível de vegetação inferior pode contribuir para o uso eficiente da água. Embora, segundo Williams e Ayars (2005), seja a área foliar exposta à luz solar direta e não a quantidade total de área foliar por videira, que determina o uso da água.

As práticas de gestão da vegetação nas videiras permitem modificar os fatores microclimáticos junto da planta, e consequentemente, modificar as características das uvas e dos vinho (Dry, 2000), pois a diminuição do nível vegetativo (quer através do enrelvamento ou de técnicas de intervenção direta sobre a vegetação) permite melhorar a ventilação e a exposição dos cachos à luz solar (Bledsoe *et al.*, 1988; Zoecklein *et al.*, 1992; Hunter *et al.*, 1995; Chaves *et al.*, 2007; Ristic *et al.*, 2007; Guidoni *et al.*, 2008; Jogaiah *et al.*, 2013), melhorando a qualidade das uvas especialmente em castas vigorosas (Jogaiah *et al.*, 2013).

Independentemente das castas e da forma como se processa a redução do volume vegetativo, os resultados dos estudos são unânimes: as uvas que se desenvolvem em copas menos densas e que beneficiam de arejamento e da exposição (adequada) à luz solar, possuem uma concentração mais elevada em açúcares e compostos fenólicos e menor acidez titulável (Spayd *et al.*, 2002; Wheeler *et al.*, 2005;

Song *et al.*, 2014, 2015; Baiano *et al.*, 2015; Feng *et al.*, 2015) dando origem a vinhos com mais estrutura, aroma e intensidade da cor (Palliotti *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2014).

Song *et al.* (2014) chegam a assumir que pode ser vantajoso dividir a vinha em zonas com diferentes níveis de vegetação, e fazer vinho de cada uma dessas zonas separadamente, pois verificaram existir diferenças na composição fenólica e volátil entre os vinhos provenientes de zonas com diferentes níveis vegetativos.

De acordo com Morlat e Jacquet (2003), Palliotti *et al.* (2012), o arejamento e o aumento da radiação e da temperatura na parte aérea das videiras também faz diminuir a incidência de *Botrytis* (fungo). Assim, se a redução da densidade da copa tem impacto sobre a incidência de *Botrytis* terá seguramente influência também sobre os restantes micro-organismos que ocupam o mesmo microclima da *Botrytis*. Em conformidade, English *et al.* (1989) sugerem que a alteração do microclima da copa através da redução da sua densidade é de grande importância para reduzir a incidência de doenças fúngicas. Portanto, esta é uma técnica que, para além de promover o uso eficiente da água e melhorar a qualidade das uvas, contribui para a manutenção do (bom) estado sanitário das videiras.

Aparentemente, é também devido à perda de vigor vegetativo que, em termos gerais, se acredita que as videiras mais velhas produzem uvas e vinhos de melhor qualidade, comparativamente a videiras jovens. Mas também porque nas videiras mais velhas: i) os bagos costumam ser mais pequenos mas mais concentrados (elevado rácio película/polpa); ii) o sistema radicular é, em geral, mais vasto e profundo capacitando a planta a explorar melhor o solo em busca de água e nutrientes, assegurando melhor a maturação das uvas; e iii) as cepas costumam ser mais robustas (mais matéria seca/lenha) e com reservas de hidratos de carbono superiores, que também contribuem para a correta maturação das uvas.

Assim, torna-se então pertinente a monitorização da biomassa verde da vinha para ajudar a compreender a relação entre o nível de vegetação do copado, o défice hídrico e a qualidade do vinho.

Em virtude disso, os sensores multiespectrais têm sido apontados como uma ferramenta de interesse em estudos relacionados com o *status* das plantas por terem



capacidade de prever determinados índices espectrais. Estes índices são obtidos a partir de sensores instalados em plataformas espaciais (satélites), aéreas (aeronaves) ou terrestres (aparelhos portáteis) (Govender *et al.*, 2009; Huang *et al.*, 2016), e constituem combinações matemáticas de reflectâncias (duas ou mais) em comprimentos de onda específicos.

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) é uma técnica amplamente utilizada para o estudo das características biofísicas da vegetação (Jiang *et al.*, 2006), calculado mediante a equação:

$$\text{NDVI} = (\text{IVP} - \text{V}) / (\text{IVP} + \text{V}) \quad (1)$$

proposta por Rouse *et al.* (1973), onde IVP e V correspondem aos comprimentos de onda refletidos pela vegetação e quantificados por um sensor, apropriado para o efeito, nas regiões do infravermelho próximo e do vermelho, respetivamente.

Terrón *et al.* (2015) esclarecem que, quando a radiação eletromagnética incide nas folhas (verdes vivas), parte dela é absorvida, outra parte é transmitida e o restante é refletido. A faixa espectral de radiação eletromagnética que pode ser absorvida pelas plantas é a radiação fotossinteticamente ativa. Dentro dessa faixa, a clorofila assimila as bandas vermelha e azul, e reflete as bandas verde, infravermelho e infravermelho próximo. Assim, com base no NDVI, quanto maior a quantidade de coberto vegetal ou copado, maior o valor deste índice.

Terrón *et al.* (2015) também advertem para o facto de que a capacidade das videiras absorverem e refletirem radiação é limitada pelo grau de stress em que estas se encontram. Como tal, uma videira que se encontra sob stress hídrico, ou qualquer outro tipo de stress (pragas, doenças, deficiências nutricionais) terá menos capacidade de absorver na banda do vermelho e de refletir na banda do infravermelho próximo através das paredes celulares, e conseqüentemente terá um menor NDVI.

Os sensores variam amplamente na capacidade de discriminação, pois a sua resolução espacial pode variar de menos de um metro a vários quilómetros.

Os sensores transportados por aeronaves ou satélites são normalmente mais limitados pela resolução espacial, mas também pelo efeito, individual ou combinado, de

fatores como, as condições meteorológicas, o tempo de revisita, a interferência da sombra projetada no solo pela arquitetura das plantas (Govender *et al.*, 2009; Marques da Silva *et al.*, 2015) e pela heterogeneidade da vegetação (Jiang *et al.*, 2006).

Assim, os sensores terrestres, cuja capacidade de resolução varia mediante a altura a que o aparelho for colocado relativamente à vegetação (medições da refletância espectral à escala da copa e/ou da folha), constituem uma tecnologia emergente que permite ultrapassar as problemáticas associadas aos sensores aéreos e espaciais (Reyniers *et al.*, 2006), que por estarem mais distantes, limitam-se a distinguir o que é vegetação daquilo que não é vegetação.

Huang *et al.* (2016) também atribuem aos sensores terrestres vantagens em termos de flexibilidade, portabilidade e controlo dos procedimentos, relativamente à utilização dos sensores espaciais ou aéreos.

Os sensores multiespectrais terrestres podem ser ativos, se usam uma fonte de luz própria, ou passivos, se não possuem uma fonte de luz própria e usam normalmente a luz solar. Stamatiadis *et al.* (2010) estudaram a aplicabilidade destes dois tipos de sensores para a prática de gestão diferenciada da vinha, e apesar de terem concluído que ambos se adequam a esse propósito, verificaram que os sensores passivos necessitam de ser calibrados com frequência a fim de superar os problemas da existência de nuvens, da intensidade luminosa e da projeção das sombras das videiras, enquanto que os sensores ativos não necessitam de calibração frequente e funcionam bem em todas as condições de luminosidade, mesmo à noite. Estes autores também constaram que os sensores passivos são mais sensíveis ao efeito de saturação do NDVI, que se traduz na incapacidade de distinguir diferenças nas características vegetativas das videiras em condições de crescimento elevado, comparativamente com os sensores ativos, que não tendem para a saturação em condições de vegetação elevada.

Por ação de quaisquer dos referidos sensores, a determinação do NDVI é uma metodologia que permite detetar problemas em zonas específicas e que tem potencial para ser uma ferramenta de apoio às decisões técnicas no melhoramento das práticas de gestão da vinha (Montero *et al.*, 1999; Johnson *et al.*, 2001, 2003; Johnson, 2003; Hall *et al.*, 2002, 2003; Stamatiadis *et al.*, 2010; Taylor e Bates, 2013), e que pode ser

usada para estimar diferenças na qualidade das uvas (Hall *et al.*, 2003) e para o delineamento de estratégias de colheita seletiva (Bramley *et al.*, 2011). Para além de permitir a obtenção de informação em larga escala (Santesteban *et al.*, 2013) e em tempo quase real (Huang *et al.*, 2016).

Diversos autores (Broge e Leblanc, 2000; Dobrowski *et al.*, 2002; Jonhson, 2003 Johnson *et al.*, 2003; Gitelson, 2004; Hall *et al.*, 2008) têm referido que o NDVI está amplamente relacionado com a produção de biomassa e com o vigor da vegetação das videiras, pelo que qualquer alteração nos fatores que afetam a expressão vegetativa destas plantas, poderá ser estimada através do NDVI.

Assim, o NDVI constitui mais uma ferramenta que permite avaliar o estado de hidratação das videiras, tal como a  $g_s$ , o  $\Psi_w$ , ou a temperatura da copa. Contudo, enquanto a  $g_s$ , o  $\Psi_w$  e a temperatura do copado refletem uma resposta da planta a curto prazo, o NDVI reflete uma resposta a longo prazo (Baluja *et al.*, 2012).

### **2.3. QUALIDADE DAS UVAS FACE AO RENDIMENTO POR PLANTA**

A quantidade de frutos de uma planta influencia o seu vigor vegetativo, pois uma carga demasiado elevada reparte a capacidade de produção da videira por um grande número de frutos o que leva a uma má maturação, um atempamento (acumulação de substâncias de reserva nos órgãos perenes) insuficiente e uma redução do seu vigor; por outro lado, uma carga demasiado baixa não permite explorar todo o potencial da planta e promove um aumento do vigor que, caso se torne excessivo, pode provocar desavinho (queda de flores ou frutos jovens devido a anomalias vegetativas, doenças ou fatores climáticos) e acentuar o desequilíbrio entre o desenvolvimento de madeira e a produção de frutos, (Chauvet e Reynier, 1984).

A monda de cachos é uma técnica comumente usada para melhorar a composição dos frutos e promover o balanço entre o crescimento vegetativo e o desenvolvimento dos bagos, regulando a produção (Petrie e Clingeleffer, 2006; Reynolds *et al.*, 2007).

Reynolds *et al.* (2007), Bahar e Yasasin (2010), Gamero *et al.* (2014a) e Concurso *et al.* (2016), mostraram que a monda de cachos teve um efeito positivo sobre a composição fenólica das uvas mas, em contrapartida, provoca sempre perdas de rendimento. Reynolds *et al.* (2007) verificaram também que esta prática, apesar de ter impacto sobre a qualidade das uvas, tem pouco impacto sobre a qualidade sensorial dos vinhos, e sugerem que os custos associados à aplicação desta técnica em termos de trabalho e perdas de rendimento são pouco benéficas para os vitivinicultores. Em contraste, Gamero *et al.* (2014b) constataram que a monda de cachos teve um efeito positivo quer sobre a composição das uvas, quer sobre os atributos de qualidade dos vinhos obtidos.

Para além das desvantagens económicas, Marcon Filho *et al.* (2015) referem que a qualidade das uvas e mostos foi afetada negativamente pela monda de cachos (menor concentração de açúcares e compostos fenólicos) e, que esta intervenção não contribuiu para o equilíbrio vegetativo/produtivo das videiras.

Fanzone *et al.* (2011) verificaram que a monda de cachos e o momento em que a mesma ocorreu (40, 80 e 100 dias após a floração) tiveram pouca influência sobre a composição das uvas e que as diferenças em relação ao tratamento controlo ficaram a dever-se a restrições climáticas (temperatura e precipitação). Por sua vez, Kok (2011) constatou que o momento ideal para a execução deste procedimento é 7 dias antes do pintor.

Petrie e Clingeleffer (2006) constataram o sucesso da monda de cachos manual e mecanizada, pelo aumento da concentração de açúcares e antocianinas nestes tratamentos, comparativamente ao que não foi mondado. Estes autores afirmam que a monda de cachos mecânica tem potencial para regular o rendimento das plantas em grandes áreas de vinha de forma rápida e económica, relativamente à monda manual, pois as respostas das videiras face às duas modalidades de monda de cachos (mecânica e manual) foi semelhante, mostrando que os danos nas plantas pela operação mecanizada foram mínimos.

Tardaguila *et al.* (2008) também defendem a monda mecânica de cachos, em contraste com Grave (2013) que, apesar do elevado custo de mão-de-obra, destaca a

vantagem de se poder selecionar individualmente os cachos a eliminar de acordo com os objetivos pretendidos, através da monda manual.

Os trabalhos publicados mostram, portanto, que há uma grande variabilidade nos resultados obtidos no que diz respeito à forma como se processa e ao efeito da monda de cachos sobre a qualidade das uvas e dos vinhos, pelo que Prajitna *et al.* (2007), Marcon Filho *et al.* (2015) e Concurso *et al.* (2016) defendem que o impacto desta técnica depende das características da casta e das condições climáticas, e portanto a sua utilização não deve ser generalizada.

#### **2.4. ANÁLISE SENSORIAL DOS VINHOS**

O conceito de análise sensorial assume várias definições mais ou menos complexas, sendo apontado por Noronha (2003), como: i) “exame das características organoléticas de um produto pelos órgãos dos sentidos”; ii) “análise de alimentos e outros materiais utilizando os sentidos”; iii) “definição e medida de um modo científico dos atributos do produto apercebidos pelos sentidos: vista, ouvido, cheiro, sabor e tato”; iv) “uma técnica cujo objetivo é a determinação das propriedades sensoriais ou organoléticas dos alimentos, isto é, a sua influência sobre os recetores sensoriais cefálicos antes e após a sua ingestão e a investigação das preferências e aversões pelos alimentos determinadas pelas suas propriedades sensoriais”.

Assim, a análise sensorial dos vinhos diz respeito à qualificação deste produto através dos órgãos dos sentidos. Cujos resultados, deverão ser tratados estatisticamente de forma a quantificá-los e a facilitar a sua interpretação.

A distinção sensorial dos vinhos é uma forma de apresentar aos consumidores um produto idêntico, mas de gamas diferentes e/ou produzidos por entidades diferentes. Algo que surge de modo a facilitar as escolhas dos consumidores, pois “dada a enorme quantidade e diversidade de produtos similares, e a criação de inúmeras marcas diferentes para o mesmo produto, o consumidor vê dificultada a sua tarefa ao adquirir os bens de que necessita e as empresas sentem necessidade de conquistar o

mercado, já não pelo volume de produtos colocados no mercado, mas pela qualidade dos seus produtos, pelo seu impacto no consumidor e pela conquista de uma quota de mercado capaz de se consolidar e crescer no tempo” (Braga, 2009). Nesta perspetiva, as características sensoriais manifestam-se como parâmetro qualitativo e diferenciador dos vinhos no mercado.

A análise sensorial dos vinhos pode ter vários propósitos, como por exemplo, a atribuição de distinções em concursos, a atribuição de certificação, controlo de “qualidade”... Havendo para isso determinadas normas que constituem a regulamentação para as metodologias de análise e para a definição dos critérios de avaliação.

As metodologias de análise sensorial atuais derivam do que foi proposto por Amerine *et al.* (1959), que por considerarem que muita coisa já havia sido escrita sobre a temática, mas a informação era dispersa, de natureza subjetiva, os padrões tendiam a variar, nem sempre estava facilmente disponível, e principalmente, era difícil conseguir julgamentos uniformes e confiáveis através de vários tipos de testes. Assim, estes autores desenvolveram um trabalho com a finalidade de estabelecer critérios objetivos para o exame sensorial de todos os tipos de vinhos.

No sentido de padronizar estas metodologias e manter critérios objetivos, existem entidades reguladoras, das quais se destaca a Organização Internacional de Normalização, vulgarmente designada de ISO, e que conta com a adesão de 161 organismos nacionais de normalização (ISO, 2018), incluindo o Instituto Português da Qualidade (IPQ). Esta organização aprova normas internacionais que definem requisitos gerais para produtos, serviços e procedimentos, abrangendo várias áreas de interesse técnico e económico (ISO, 2018).

Para questões relacionadas especificamente com produtos derivados da vinha, existe também a Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV), cujas competências são, entre outras, contribuir para a harmonização e o cumprimento das normas internacionais existentes, e quando necessário elaborar novas normas internacionais (OIV, 2018).

A classificação sensorial dos vinhos é distinguida por Jackson (2009) (citado por Brasil, 2014), em análise sensorial e avaliação sensorial. A análise sensorial deverá ser realizada por provadores experientes e tem como objetivo a real percepção dos atributos sensoriais dos vinhos. A avaliação sensorial pode ou não ser realizada por provadores experientes e tem como objetivo a classificação e diferenciação das características dos vinhos como forma de valorização do produto.

Por sua vez, Lesschaeve (2007) define e estabelece a comparação entre o que é um especialista em vinhos (wine expert), e o que é um provador experiente (expert assessor). A autora refere que um especialista em vinhos possui uma vasta experiência neste produto e tem a capacidade para avaliar e tirar conclusões sobre a matéria-prima, processamento, armazenamento, envelhecimento, etc. Já o provador experiente é um indivíduo que possui um elevado grau de acuidade sensorial e a capacidade para realizar avaliações sensoriais consistentes e repetíveis.

Ainda assim, Gawel e Godden (2008) estudaram a consistência das pontuações atribuídas a vinhos em provas duplicadas, ao longo de 15 anos, com 571 provadores de vinho experientes, e verificaram que as capacidades individuais de cada provador variavam consideravelmente e, em geral, a sua capacidade de classificar consistentemente um tipo de vinho era fraca. Estes autores também constataram que a variabilidade dos resultados é maior, quando é considerado um maior número de provadores, sugerindo assim, que as provas devem ser realizadas por um pequeno grupo de provadores, o que resulta geralmente em avaliações de qualidade mais consistentes.

Também Parr *et al.* (2002) realizaram um estudo com provadores experientes, comparando-os com provadores amadores, e constataram que a capacidade sensorial para avaliação de vinhos não difere entre eles, apenas as capacidades de expressão verbal estavam mais desenvolvidas nos provadores experientes.

Em contraste, Lesschaeve (2007) refere que existem estudos que mostram que os especialistas em vinhos têm uma capacidade superior para discriminar esta bebida, devido ao seu maior conhecimento do produto, e não às suas acuidades sensoriais superiores. E relaciona isso com a experiência sensorial do consumidor, sendo que, a

autora menciona que não há evidências de que um especialista em vinhos possa prever o gosto do consumidor ou o sucesso do produto no mercado, sugerindo que os profissionais sensoriais devem enfatizar mais as implicações comerciais dos resultados das suas avaliações, ao invés de apenas os métodos utilizados. Ou seja, deve-se começar a dar mais importância às preferências dos consumidores, pois são estes que determinam a sustentabilidade económica da atividade vitivinícola.



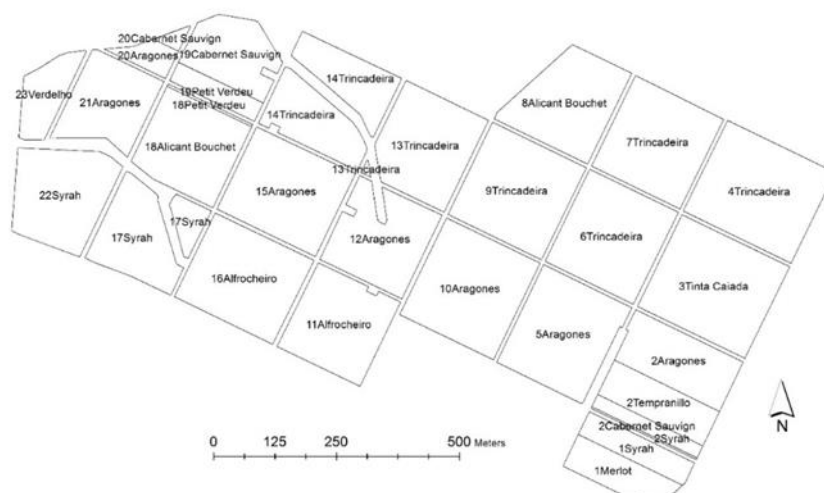
### III. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DOS ENSAIOS

O trabalho de campo decorreu entre os meses de Junho a Setembro durante os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015 numa vinha que conta com vários tipos de castas (Figura 2), na Herdade dos Pinheiros, propriedade da *Fundação Eugénio de Almeida* (FEA), situada na região de Évora (Lat: +38.551017°; Long: -7.882821°).



(a)

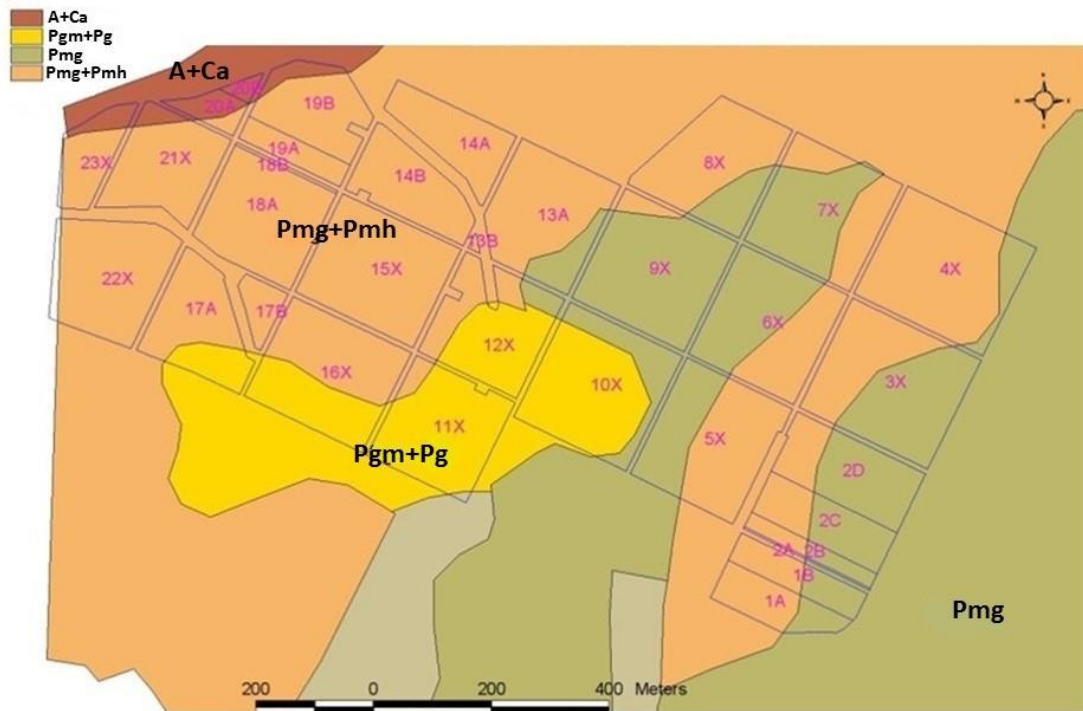


(b)

a: Vinha Nova; b: Vinha do Casito.

**Figura 2** – Mapa representativo dos talhões e respetivas castas que constituem as vinhas onde decorreram os ensaios.

Os solos predominantes nesta vinha são classificados como Solos Litólicos Não Húmicos e Solos Mediterrâneos Pardos (Cardoso, 1965) (Figura 3).



A: Aluviossolos Modernos, Não Calcários, de textura mediana; Ca: Solos Hidromórficos, Sem horizonte eluvial, Para-Aluviossolos, de aluviões ou coluviais de textura mediana; Pgm: Solos Litólicos Não Húmicos, dos Climas Sub-húmidos e Semiáridos, Normais, de rochas eruptivas de composição mineralógica entre o granito e o quartzodiorito; Pg: Solos Litólicos Não Húmicos, dos Climas Sub-húmidos e Semiáridos, Normais, de granitos ou rochas afins; Pmg: Solos Mediterrâneos Pardos, de Materiais Não Calcários, Normais, de quartzodioritos; Pmh: Solos Mediterrâneos Pardos, de Materiais Não Calcários, Para-Solos Hidromórficos, de quartzodioritos ou dioritos.

**Figura 3** – Carta de solos.

A região é caracterizada pelo clima Mediterrânico que, em termos qualitativos, se distingue por um Inverno pouco rigoroso com as chuvas concentradas nesta estação, e um Verão quente e seco. De acordo com o *Instituto Português do Mar e da Atmosfera* (IPMA, 2016), para o período de 1981 a 2010, a precipitação média anual ronda os 585 mm. A temperatura média do ar é de cerca de 16,5°C. A temperatura média máxima é de 21,6°C e a média das máximas absolutas é de 34,7°C. A temperatura média mínima é de 11,4°C e a média das mínimas absolutas é de 3,7°C.

Os dados meteorológicos com que posteriormente se irá trabalhar, relativamente ao período do estudo, foram cedidos pelo *Centro de Geofísica de Évora (Universidade de Évora)*.

### **3.2. ENSAIOS REALIZADOS**

Os ensaios recaíram sobre as castas Aragonês e Trincadeira por serem as mais representativas, em termos da área que ocupam, nesta vinha. E segundo a *Associação Técnica dos Viticultores do Alentejo (ATEVA, 2014)*, são também as mais representativas desta região.

Estes ensaios seguem a organização geral apresentada na Tabela 2 e serão seguidamente detalhados.

**Tabela 2** – Organização geral dos ensaios.

	<b>Ensaio</b>	<b>Tratamentos</b>	<b>Medições</b>	<b>Avaliações</b>
Análise do stress hídrico face:	ao nível vegetativo	vinha Casito	NDVI	--
		BSFE ESFE	$g_s$ ; $\Psi_w$ caule	características sensoriais dos vinhos
	a diferentes dotações de rega	< 100 mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> 100 a 200 mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> 200 a 300 mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	$g_s$ ; $\Psi_w$ caule; termografia de infravermelhos; parâmetros de qualidade das uvas	características sensoriais dos vinhos
	à produtividade das plantas	100% da carga 50% da carga	$g_s$ ; $\Psi_w$ caule	características sensoriais dos vinhos
	à idade das plantas	9 anos 30 anos	$g_s$ ; $\Psi_w$ caule	--

BSFE: baixa superfície foliar exposta; ESFE: elevada superfície foliar exposta; NDVI: índice da vegetação por diferença normalizada;  $g_s$ : condutância estomática;  $\Psi_w$  caule: potencial hídrico do caule.

### 3.2.1. Análise do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo

Durante os anos de 2012 a 2015 foi avaliada a biomassa verde de toda a vinha da Figura 2b através da metodologia do cálculo do NDVI.

Entre os anos de 2013 a 2015 na casta Aragonês (talhão 21; Figura 2b) e, 2014 a 2015 na casta Trincadeira (talhão 14; Figura 2b), foram estabelecidos ensaios de superfície foliar exposta (SFE). Estes ensaios foram realizados em plantas entre os 8 e os 10 anos de idade, enxertadas em 1103 Paulsen (1103P – porta enxerto com origem no cruzamento inter-específico Berlandieri x Rupestris), com espaçamento de 2,5 m x 1 m, e foram considerados 2 tratamentos com níveis de vegetação diferentes (despontas), portanto, diferente SFE: i) um com baixa SFE, com aproximadamente 2,30 m<sup>2</sup>; e ii) o outro com elevada SFE, com aproximadamente 4,50 m<sup>2</sup>. A SFE foi calculada com base na equação 2 (Smart e Robinson, 1991):

$$SFE = (2*Y+X)*Z \quad (2)$$

Em que Y e X são respetivamente a altura média (m) e a largura média (m) da copa das videiras, e Z a distância na linha (m) (Figura 4). Os valores de SFE de cada tratamento foram obtidos multiplicando o valor correspondente à altura da copa por 2 e somando o valor correspondente à largura da mesma. Essa soma em metros é depois multiplicada por uma distância na linha de 1 metro (Z= 1 m) obtendo-se assim a SFE (m<sup>2</sup>) por metro linear de copa (Tabela 3).



Y: altura da copa; X: largura da copa; Z: metro linear.

**Figura 4** – Imagem com o esquema representativo das medições feitas em campo para o cálculo da SFE.

**Tabela 3** – SFE dos tratamentos.

	Tratamento	Altura (m)	Largura (m)	SFE (m <sup>2</sup> )
2013	Baixa SFE	0,80	0,70	2,30
	Elevada SFE	1,90	0,70	4,50
2014	Baixa SFE	0,81	0,70	2,32
	Elevada SFE	1,90	0,71	4,51
2015	Elevada SFE	1,87	0,70	4,44

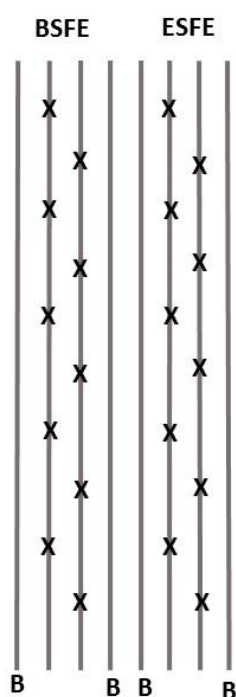
SFE – Superfície de folhas por metro linear do bardo.

Valores médios de 10 plantas por tratamento.

No ano de 2013 não foi possível incluir no ensaio de SFE a casta Trincadeira, e em 2015 teve que se optar apenas por um tratamento nas castas Aragonês e Trincadeira, tendo sido considerado somente o de elevada SFE (que nesse ano apresentou um valor de 4,44 m<sup>2</sup>), pois foi o que anteriormente (2013 e 2014) tinha demonstrado maior potencial para a obtenção de vinhos com características sensoriais melhor pontuadas.

No ensaio de SFE foram medidos, a condutância estomática ( $g_s$ ) e o potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) do caule em 10 e 3 plantas por tratamento, respectivamente, e feitas avaliações organoléticas aos vinhos obtidos entre 2013 e 2015.

Os tratamentos considerados foram estabelecidos com 4 linhas (de videiras) cada um, sendo que as medições ocorriam nas 2 linhas interiores, e as 2 exteriores (uma de cada lado das anteriores) serviam como linhas de bordadura (Figura 5).



B: linhas de bordadura; X: plantas alvo das medições; BSFE: baixa superfície foliar exposta; ESFE: elevada superfície foliar exposta.

**Figura 5** - Desenho representativo da forma como os tratamentos de SFE estavam instalados e das plantas onde ocorriam as medições.

As videiras foram regadas conforme prática habitual desta instituição agrícola, cujas decisões de regar eram tomadas com base em resultados de medições do  $\Psi_w$  do caule (de modo a que se mantivesse próximo de -1,2/-1,3 MPa), através de um sistema de rega gota a gota, enterrada a 40 cm de profundidade, com gotejadores espaçados de

1m e caudal de 2,2 L/h. O volume de água aplicada durante a campanha está descrito nas Tabelas 4 e 5. Estas tabelas apresentam a quantidade de água aplicada em cada rega (Individual), bem como o seu valor acumulado no conjunto das várias regas (Cumulativa).

**Tabela 4** – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de 2013 a 2015.

	Datas das regas	Dotações	
		Individual	Cumulativa
		(mm)	
<b>2013</b>	05/jul	5,3	5,3
	09/jul	5,3	10,6
	15/jul	7,0	17,6
	22/jul	5,3	22,9
	28/jul	7,0	29,9
	04/ago	8,8	38,7
	09/ago	8,8	47,5
<b>2014</b>	15/jul	8,8	8,8
	17/jul	7,0	15,8
	22/jul	8,8	24,6
	29/jul	8,8	33,4
	04/ago	8,8	42,2
	11/ago	5,3	47,5
<b>2015</b>	02/jul	7,0	7,0
	04/jul	8,8	15,8
	09/jul	8,8	24,6
	14/jul	8,8	33,4
	21/jul	8,8	42,2
	28/jul	8,8	51,0
	04/ago	8,8	59,8
	11/ago	8,8	68,6



**Tabela 5** – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de 2014 e 2015.

	Datas das regas	Dotações	
		Individual	Cumulativa
		(mm)	
<b>2014</b>	10/jul	7,0	7,0
	29/jul	7,0	14,1
	04/ago	7,0	21,1
	19/ago	4,4	25,5
<b>2015</b>	05/jul	8,4	8,4
	14/jul	8,8	17,2
	01/ago	6,2	23,3
	05/ago	11,0	34,3
	14/ago	10,6	44,9

### 3.2.2. Ensaio complementares

Não se repetiram todos os ensaios durante todos os anos em que decorreu este trabalho. O ensaio principal foi o que dizia respeito ao efeito da vegetação (ponto 3.2.1.), mas realizaram-se outros de carácter complementar, que decorreram só num ano (2014) ou dois (2014 e 2015) por dificuldade em compatibilizar a implementação destes ensaios com o ensaio principal e com a gestão da vinha levada a cabo pela empresa agrícola, mas que foram úteis quanto à aquisição de resultados que ajudaram a estudar os processos de gestão do stress hídrico nas videiras.

#### 3.2.2.1. Análise do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega

Este ensaio decorreu nos anos de 2014 e 2015 e foi estabelecido em plantas entre os 9 e os 10 anos de idade, com uma SFE de cerca de 3,90 m<sup>2</sup>, apenas na casta Trincadeira (talhão 9; Figura 2b), pois em nenhum dos talhões com a casta Aragonês existia uma infraestrutura de rega que permitisse diferentes dotações num mesmo talhão. As plantas estavam enxertadas em 1103P e com um espaçamento de 2,5m x 1m.

Neste ensaio estabeleceram-se 3 tratamentos que se distinguiam pela condução da rega: i) um dos tratamentos não chegou a ser regado, de forma a manter uma condutância estomática inferior a  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , o qual se designou por T1; ii) um outro tratamento regou-se de forma a manter uma condutância estomática entre 100 a  $200 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , o qual se designou por T2; iii) o último tratamento regou-se de forma a manter uma condutância estomática entre 200 a  $300 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , que se designou por T3. Os limites de  $g_s$  de cada tratamento foram definidos com base nos valores obtidos por Costa *et al.* (2012) que submeteram a casta Trincadeira (Alentejo, Estremoz) a três tratamentos de rega: i) não regadas; ii) rega deficitária (40% ETC); e iii) bem regadas (80% ETC).

Neste ensaio foram medidos, a  $g_s$  e a temperatura da copa em 10 plantas por tratamento, e o  $\Psi_w$  do caule em 3 plantas por tratamento. Foram ainda feitas análises a alguns parâmetros que caracterizam as uvas, à colheita, nomeadamente ao teor em álcool provável, antocianinas totais e índice de polifenóis totais, e feitas avaliações organolépticas aos vinhos obtidos, em 2014 e 2015.

Os tratamentos considerados foram estabelecidos com 4 linhas (de videiras) cada um, sendo que as medições ocorriam nas 2 linhas interiores, e as 2 exteriores (uma de cada lado das interiores) serviam como linhas de bordadura, à semelhança do que mostra a Figura 5.

A rega das plantas fez-se utilizando um sistema de rega gota a gota, superficial, com gotejadores espaçados de 1 m e caudal de 2,2 L/h. As dotações aplicadas a cada tratamento estão descritas na Tabela 6.

**Tabela 6** – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de 2014 e 2015.

	Datas das regas	Dotações					
		T1		T2		T3	
		Individual (mm)	Cumulativa	Individual (mm)	Cumulativa	Individual (mm)	Cumulativa
<b>2014</b>	09/jul	0,0	0,0	8,8	8,8	8,8	8,8
	11/jul	0,0	0,0	8,8	17,6	8,8	17,6
	18/jul	0,0	0,0	8,8	26,4	8,8	26,4
	21/jul	0,0	0,0	8,8	35,2	8,8	35,2
	25/jul	0,0	0,0	8,8	44,0	8,8	44,0
	28/jul	0,0	0,0	0,0	44,0	8,8	52,8
	01/ago	0,0	0,0	8,8	52,8	8,8	61,6
<b>2015</b>	15/jul	0,0	0,0	2,64	2,6	5,3	5,3
	16/jul	0,0	0,0	5,28	7,9	7,0	12,3
	17/jul	0,0	0,0	5,28	13,2	7,0	19,4
	31/jul	0,0	0,0	5,28	18,5	7,0	26,4
	03/ago	0,0	0,0	5,28	23,8	7,0	33,4
	05/ago	0,0	0,0	5,28	29,0	7,0	40,5
	07/ago	0,0	0,0	5,28	34,3	7,0	47,5
	10/ago	0,0	0,0	3,52	37,8	7,0	54,6
	12/ago	0,0	0,0	3,52	41,4	7,0	61,6
14/ago	0,0	0,0	3,52	44,9	7,0	68,6	

### 3.2.2.2. Análise do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos

No ano de 2014, em plantas com 9 anos de idade e com SFE semelhante ( $\approx 3,90 \text{ m}^2$ ), das castas Aragonês (talhão 15; Figura 2b) e Trincadeira (talhão 14; Figura 2b), enxertadas em 1103P e com espaçamento de 2,5 m x 1 m, estabeleceram-se dois tratamentos que se distinguiam face aos objetivos produtivos. Estes tratamentos foram constituídos com base numa estimativa, feita por técnicos experientes da FEA, daquela que seria a produção média das videiras nesse ano. Concretamente, estimou-se que em média aquelas videiras iam produzir cerca de 10.000 Kg/ha, e quis-se comparar as características sensoriais dos vinhos obtidos se se reduzisse a carga para cerca de metade, 5.000 Kg/ha.

A redução da carga para cerca de metade concretizou-se através de uma monda de cachos, já na fase de pintor para evitar ao máximo uma recuperação do peso dos cachos remanescentes. Era dada preferência aos cachos de ordem inferior e retirados os de ordem superior (ex.: se uma vara tivesse 2 cachos, era retirado o de 2ª ordem). No final obtiveram-se cerca de 11.350 Kg/ha nas videiras que não foram alvo de monda de cachos, e cerca de 6.100 Kg/ha naquelas cuja carga foi reduzida para metade.

Neste ensaio foram medidos, a  $g_s$  e o  $\Psi_w$  do caule em 10 e 3 videiras por tratamento, respetivamente, e feitas avaliações organoléticas aos vinhos obtidos.

Os tratamentos considerados foram estabelecidos com 4 linhas (de videiras) cada um, sendo que as medições ocorriam nas 2 linhas interiores, e as 2 exteriores (uma de cada lado das anteriores) serviam como linhas de bordadura, à semelhança do que mostra a Figura 5.

As plantas foram regadas através do sistema de rega com as características já descritas no ponto 3.2.1. e com dotações estabelecidas pela empresa agrícola, conforme a Tabela 7, cujas decisões de regar eram tomadas com base em resultados de medições do  $\Psi_w$  do caule (de modo a que se mantivesse próximo de -1,2/-1,3 MPa).

**Tabela 7** – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas das castas Aragonês e Trincadeira, no ano de 2014.

	Datas das regas	Dotações	
		Com e Sem monda de cachos	
		Individual	Cumulativa
		(mm)	
Aragonês	08/jul	7,0	7,0
	14/jul	10,6	17,6
	22/jul	10,6	28,2
	31/jul	10,6	38,7
	06/ago	10,6	49,3
	13/ago	10,6	59,8
Trincadeira	10/jul	7,0	7,0
	29/jul	7,0	14,1
	04/ago	7,0	21,1
	19/ago	4,4	25,5

### 3.2.2.3. Análise do stress hídrico das videiras face à idade das plantas

No ensaio para avaliar o stress hídrico das plantas face à idade, foram utilizadas videiras com 9 anos (talhões 21 e 14; Figura 2b) e outras com 30 anos (talhões 28 e 29; Figura 2a) de idade, com uma SFE semelhante ( $\approx 3,40 \text{ m}^2$ ), das castas Aragonês (talhões 21 e 28) e Trincadeira (talhões 14 e 29), enxertadas em 1103P e com espaçamento de 2,5 m x 1 m. Este ensaio ocorreu exclusivamente no ano de 2014.

Neste ensaio foram medidos, a  $g_s$  e o  $\Psi_w$  do caule em 10 e 3 videiras por tratamento, respetivamente.

Os tratamentos considerados foram estabelecidos com 4 linhas (de videiras) cada um, sendo que as medições ocorriam nas 2 linhas interiores, e as 2 exteriores (uma de cada lado das interiores) serviam como linhas de bordadura, à semelhança do que mostra a Figura 5.

As videiras foram regadas pelo mesmo sistema de rega descrito no ponto 3.2.1., com dotações determinadas pela já referida empresa agrícola, conforme a Tabela 8,

cujas decisões de regar eram tomadas com base em resultados de medições do  $\Psi_w$  do caule (de modo a que se mantivesse próximo de -1,2/-1,3 MPa).

**Tabela 8** – Datas e dotações das regas no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas das castas Aragonês e Trincadeira, no ano de 2014.

	Datas das regas	Dotações plantas velhas		Dotações plantas jovens		Datas das regas		
		Individual	Cumulativa (mm)	Individual	Cumulativa (mm)			
Aragonês	08/jul	7,9	7,9	8,8	8,8	15/jul	Aragonês	
	12/jul	10,6	18,5	7,0	15,8	17/jul		
	18/jul	10,6	29,0	8,8	24,6	22/jul		
	24/jul	10,6	39,6	8,8	33,4	29/jul		
	28/jul	10,6	50,2	8,8	42,2	04/ago		
	02/ago	10,6	60,7	5,3	47,5	11/ago		
	06/ago	10,6	71,3	7,0	7,0	10/jul		Trincadeira
	11/ago	10,6	81,8	7,0	14,1	29/jul		
Trincadeira	09/jul	7,0	7,0	7,0	21,1	04/ago		
	13/jul	10,6	17,6	4,4	25,5	19/ago		
	18/jul	10,6	28,2					
	23/jul	10,6	38,7					
	28/jul	10,6	49,3					
	02/ago	10,6	59,8					
	07/ago	7,0	66,9					
13/ago	6,2	73,0						

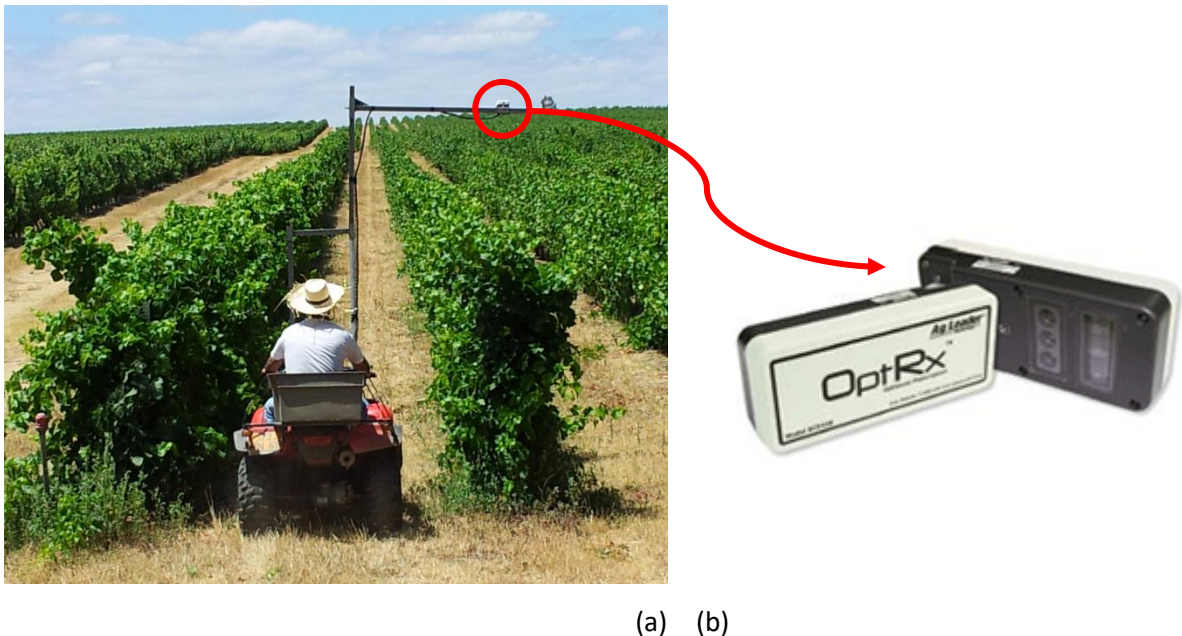
### 3.3. MEDIÇÕES EFETUADAS

#### 3.3.1. Nível Vegetativo

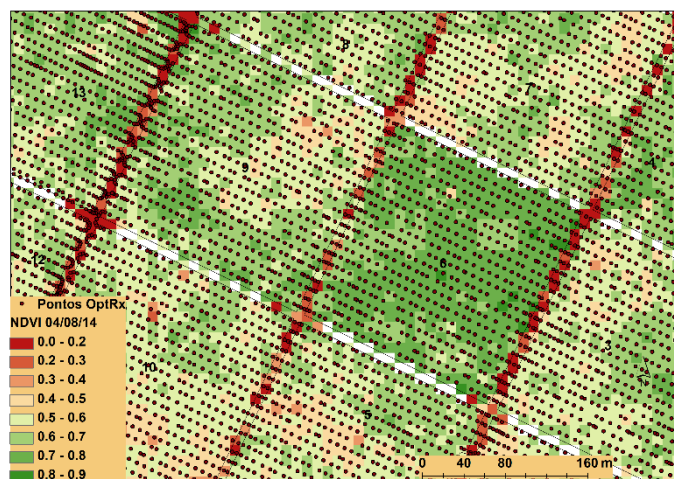
Para a avaliação da biomassa verde da vinha foi construída uma base de dados multiespectral entre 2012 e 2015, através do sensor ativo *OptRx*, fabricado pela *Ag Leader* (2202 South River Side Drive Ames, IOWA 50010, USA). Este sensor mede simultaneamente três bandas: i) vermelho (V) - 670 nm com uma gama de 20 nm; ii) Red Edge (REdge) - 728 nm com uma gama de 16 nm; e iii) infravermelho próximo (IVP) –

775 nm com tudo filtrado abaixo de 750 nm. Com estas bandas espectrais foi calculado o NDVI, conforme a equação 1, por estar normalmente correlacionado com o vigor vegetativo (Broge e Leblanc, 2000; Dobrowski *et al.*, 2002; Jonhson, 2003 Johnson *et al.*, 2003; Gitelson, 2004; Hall *et al.*, 2008).

O sensor foi montado num suporte acoplado a um veículo motorizado (moto 4) ficando a 2,8 m acima do solo e aproximadamente a 0,5 m acima da vegetação (dependendo do seu vigor) (Figura 6). Durante a condução deste veículo pelas linhas de cada talhão da vinha, o sensor recolhia e registava a informação em pontos definidos por um aparelho GPS *Trimble GNSS GeoExplorer 6000 series*, modelo 88951 (*Trimble: GmbH, Am Prime Parc 11, 65479 Raunheim, Germany*). A frequência temporal das medições do sensor eram de 1 s o que correspondia a uma frequência espacial de recolha por ponto de cerca de 3 a 5 m (dependendo da velocidade do veículo) ao longo das linhas. Toda a vinha foi amostrada considerando conjuntos de linhas paralelas com 20 m de distância. No final de cada levantamento obtinha-se uma base de dados com cerca de 300 pontos por hectare (Figura 7), sendo a vinha de aproximadamente 80 ha.



**Figura 6** – Fotografia do procedimento de recolha dos dados multiespectrais (a) e respetivo sensor (b – fonte: Hooper, 2018).



**Figura 7** – Pormenor do levantamento com sensor multiespectral OptRx na vinha do Casito onde se pode constatar a elevada densidade espacial da amostragem.

O conjunto dos dados foi tratado removendo todos os pontos com menos de 1 m de distância entre si e pontos com medições erradas ou incompletas. Os dados pré-processados foram importados para *ArcMAP 10.2* (ESRI 2012) e todos os procedimentos subsequentes foram efetuados a partir deste software. As medidas espectrais foram interpoladas em superfícies contínuas recorrendo à técnica IDW (Inverse Distance Weighting – distância inversa ponderada), conforme descrito por Webster e Oliver (1992), tendo-se considerado um raio de pesquisa máximo de 30 m ou o limite dos talhões e um número máximo de pontos por cada célula de 60. A superfície resultante foi convertida para uma grelha com resolução de 10 m (Figuras 7 e 8).





**Figura 8** – Exemplo de um mapa que resultou do tratamento dos dados multiespectrais recorrendo à técnica IDW.

Optou-se por realizar uma interpolação ponderada considerando o interpolador IDW, pois o número de pontos amostrados foi relativamente elevado (Figura 7), aproximadamente 300 pontos por hectare. Sendo que a resolução da grelha final foi de 100 m<sup>2</sup> (10 m \* 10 m), portanto, aproximadamente 2 pontos por célula da superfície criada. Deste modo não pareceu sensato utilizar técnicas de interpolação por *krigagem* pois são mais adequadas e utilizadas em situações onde existe falta de informação, o que, conforme exposto, não foi o caso (Schloeder *et al.*, 2001).

Os levantamentos multiespectrais decorreram durante os meses de Junho a Setembro, entre os anos de 2012 a 2015, em toda a vinha da Figura 2b.

### 3.3.2. Condutância Estomática

Foram analisadas 10 plantas em cada um dos tratamentos que constituíram os ensaios considerados no ponto 3.2, entre os anos de 2013 a 2015. A medição de 10 plantas por tratamento foi equacionada tendo em consideração trabalhos similares, como por exemplo os de Chaves *et al.* (2007) e de Costa *et al.* (2012), que variaram entre 4 a 12 repetições por tratamento.

As medições da  $g_s$  ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ocorreram sempre às 12:00h para todos os ensaios e anos, e às 09:00h somente para o ensaio que dizia respeito à análise do stress hídrico face ao nível vegetativo, nos anos de 2013 e 2014. A opção de medir apenas às 12:00h foi sendo consolidada com a análise dos dados dos primeiros anos, pois constitui um ponto crítico para as plantas que estão sob stress (meio dia solar – maior intensidade de radiação e temperatura mais elevada).

O aparelho utilizado para este fim foi um porómetro *Decagon Devices*, modelo *SC-1* (*Pullman, WA99163, USA*) (Figura 9).



**Figura 9** – Fotografia do procedimento de recolha dos valores de  $g_s$ .

Foram efetuadas 2 a 3 medições por semana (consoante os anos e os ensaios) que ocorriam sempre na mesma planta que foi previamente assinalada para o efeito (Figuras 5 e 9), e em determinada folha escolhida de forma aleatória na parte da copa exposta ao sol.

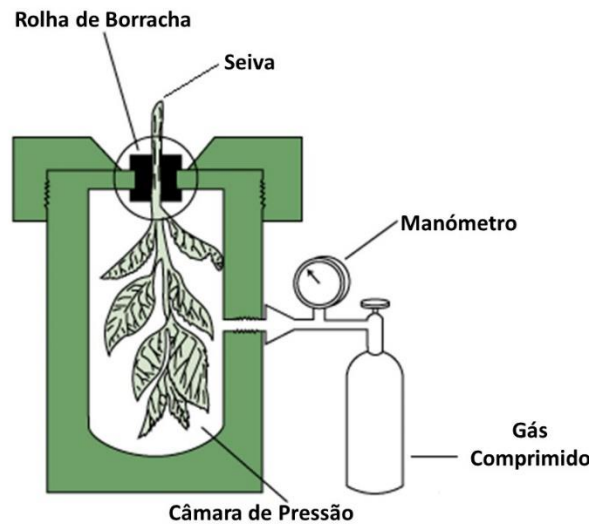
### 3.3.3. Potencial Hídrico

O  $\Psi_w$  (MPa) foi determinado utilizando uma câmara de pressão (Scholander *et al.*, 1965) *PMS Instruments*, modelo 1000 (Albany, OR97322, USA).

Foi medido exclusivamente o  $\Psi_w$  do caule ao meio-dia solar por ser apontado como um indicador fisiológico muito sensível na determinação do estado de hidratação das plantas, em contraste com o  $\Psi_w$  da folha ao meio-dia e com o  $\Psi_w$  de base (McCutchan e Shackel, 1992; Stern *et al.*, 1998; Choné *et al.*, 2001; Shackel, 2007; Van Leeuwen *et al.*, 2008).

Para isso, colocou-se uma folha de videira dentro de um saco de plástico que posteriormente se envolveu em folha de alumínio, para evitar que a radiação incidisse diretamente sobre esta e ao mesmo tempo fazer baixar/parar a transpiração, para tentar promover um equilíbrio entre a folha e o caule, de forma a recriar na folha da videira um  $\Psi_w$  semelhante ao do caule (Begg e Turner, 1970). Com este processo, embora a medição seja realizada apenas numa folha, o valor obtido representa o  $\Psi_w$  de toda a planta (Van Leeuwen *et al.*, 2008).

Posteriormente (passadas 2h) essa folha foi seccionada pelo pecíolo e colocada no interior de uma câmara de pressão (conforme a Figura 10), com o pecíolo para fora. À câmara estava ligada uma fonte de gás comprimido que permitia fazer aumentar gradualmente a pressão no seu interior, até surgir seiva na superfície seccionada do pecíolo. Momento, em que a pressão dentro da câmara (lida através do manómetro) corresponderia ao  $\Psi_w$ .



Adaptado de: Taiz *et al.* (2015).

**Figura 10** – Ilustração representativa da medição do  $\Psi_w$  através de uma câmara de pressão.

As folhas utilizadas nestas medições faziam também parte das plantas já assinaladas para as medições da  $g_s$ , contudo, para este indicador fisiológico ( $\Psi_w$ ), as medições foram feitas apenas uma vez por semana, entre as 12:00h e as 13:00h (meio-dia solar), com 3 repetições por tratamento, tendo em consideração os trabalhos de Acevedo-Opazo *et al.* (2010; 2013), cujo número de repetições variou entre 2 a 5 por tratamento.

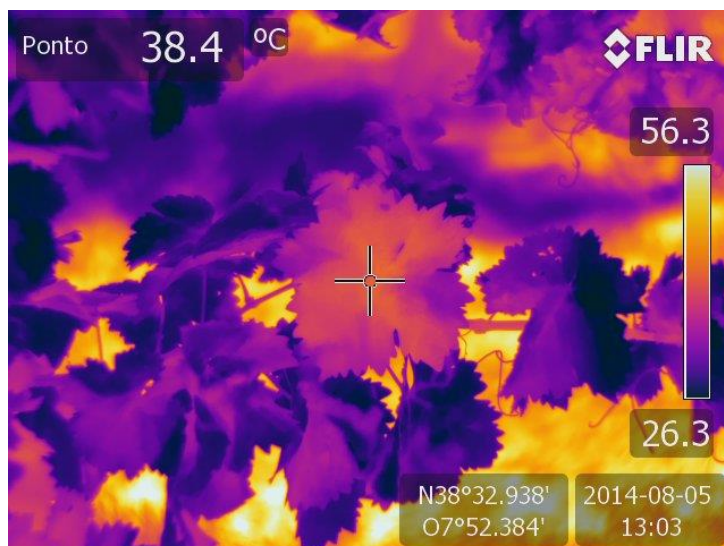
### 3.3.4. Termografia de Infravermelhos

Foram feitas fotografias térmicas (Figura 11) nos mesmos locais e datas em que ocorreram as medições da  $g_s$ , e também do  $\Psi_w$ , recolhidas por uma câmara de infravermelhos *FLIR T-series*, modelo *T620* (*FLIR Systems, Wilsonville, OR97070, USA*). Utilizaram-se folhas de referência para estabelecer os limites de temperatura da copa. Antes das medições eram selecionadas duas folhas expostas ao sol, numa era aplicada vaselina líquida e na outra água, nos dois lados da folha, e ao fim de cerca de 2 minutos fazia-se uma fotografia de cada uma delas com a câmara térmica. A fotografia da folha

onde se aplicou vaselina permite determinar a temperatura de uma folha com os estomas totalmente fechados, correspondendo à temperatura máxima que a copa pode atingir (Tmax) e a outra fotografia corresponde à situação de uma folha com os estomas totalmente abertos, correspondendo à temperatura mínima que a copa pode atingir (Tmin). Este procedimento permite depois tratar informaticamente as imagens limpando-as da informação que está fora deste intervalo, excluindo assim os valores de temperatura de tudo o que não se tratava de material vegetal (pontos com temperaturas acima ou abaixo dos limites estabelecidos – ex. solo, estruturas para a condução da copa, etc.). As fotografias da copa foram realizadas ao meio dia solar (Möller *et al.*, 2007; Fuentes *et al.*, 2012). Estas foram depois analisadas com o software *ResearchIR 3.x (FLIR systems)*, e os dados foram exportados para uma folha de cálculo onde a informação foi tratada de modo a determinar a temperatura correta da copa (Tcopa). A temperatura da copa foi calculada como o valor médio das temperaturas medidas no intervalo entre a Tmax e Tmin. Estas temperaturas foram depois utilizadas para obter o índice de stress hídrico da cultura (CWSI – Crop Water Stress Index) (Jones *et al.*, 2002) (equação 3):

$$CWSI = \frac{(T_{copa} - T_{min})}{(T_{max} - T_{min})} \quad (3)$$

O valor do CWSI normalmente varia entre 0 e 1. Valores perto do 0 indicam uma folha/cultura num processo normal de transpiração (sem stress), enquanto valores perto de 1 indicam uma folha/cultura que não está a transpirar (stress máximo). As medições da temperatura e o cálculo do CWSI, ocorreram exclusivamente no ano de 2014, porque a análise aos resultados obtidos revelaram-se pouco uteis na determinação do stress hídrico das videiras, para estas condições experimentais.



**Figura 11** – Exemplo de uma fotografia térmica.

### **3.3.5. Características das uvas à colheita (alguns parâmetros)**

À colheita foram recolhidas, nos três tratamentos considerados no ensaio do ponto 3.2.2.1, amostras de uva com 6 repetições de 100 bagos, a partir das quais foram determinados o teor em álcool provável, a concentração em antocianinas totais e o índice de polifenóis totais, por serem parâmetros muito importantes associados à qualidade das uvas (tintas) e mostos. Nos restantes ensaios, por questões de amostragem insuficiente, não foi possível realizar observações.

O teor em álcool provável foi determinado por refratometria, colocando umas gotas do suco das uvas num refratómetro manual modelo *standard* da *ALLA (France)*. O refratómetro indica o Brix (sólidos solúveis), que depois se converte em álcool provável através de uma escala apropriada para o efeito.

A concentração de antocianinas totais e o índice de polifenóis totais foi determinada por espectrofotometria através do equipamento *Perkin Elmer*, modelo *Lambda 25 UV/Vis (Shelton, USA)*. O teor de antocianinas totais foi determinado usando o método da descoloração por bissulfito de sódio, segundo Ribereau-Gayon e Stonestreet (1965), medindo a absorvância a 520 nm. Para o índice de polifenóis totais utilizou-se o método proposto por Curvelo-Garcia (1988), medindo a absorvância a 280 nm.

### **3.4. OPERAÇÕES DE COLHEITA E VINIFICAÇÃO**

A colheita das uvas foi feita manualmente e para cada tratamento separadamente.

O processo de vinificação foi levado a cabo por fermentações espontâneas em depósitos de aço inox com 1.100 litros de capacidade (minivinificações). As uvas foram previamente desengaçadas e ligeiramente esmagadas, tendo ficado em maceração pelicular a uma temperatura de 12°C, durante 2 a 3 dias. Após este período aumentou-se a temperatura para 26°C para favorecer o processo de fermentação alcoólica, e arejou-se o mosto. Foram feitas correções do azoto assimilável para 200 mg/L, sempre que necessário.

Durante a fermentação alcoólica foram feitas remontagens com bomba, e na fase final foram utilizados pisadores robotizados.

Terminada a fermentação alcoólica (4 g/L de açúcar residual), o vinho foi deixado em maceração pós-fermentativa cerca de 8 a 10 dias, após os quais foi sangrado. Para este estudo apenas foi considerado o vinho de sangria, que sofreu fermentação maloláctica (FML), a uma temperatura controlada de 19°C. A FML considerou-se terminada quando o vinho apresentou um teor de ácido málico inferior a 0,5 g/L.

Por fim, procedeu-se à trasfega do vinho e à adição de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) numa proporção de 4 g/hL.

Todo o processo de vinificação foi acompanhado pelo enólogo da FEA, Pedro Baptista (2013), durante os anos em que decorreu este estudo.

### **3.5. CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DOS VINHOS**

Os vinhos obtidos a partir das uvas provenientes dos tratamentos considerados, foram submetidos à apreciação de um painel composto por seis provadores experientes (três do género feminino e três do género masculino) que há vários anos avaliam as

características organoléticas dos vinhos da já referida empresa vitivinícola, tendo sido avaliados os seguintes parâmetros: i) Cor; ii) Intensidade do Aroma; iii) Qualidade do Aroma; iv) Frutado; v) Maduro; vi) Fresco; vii) Vegetal; viii) Complexidade; ix) Intensidade do Sabor; x) Qualidade do Sabor; xi) Acidez; xii) Volume/Concentração; xiii) Suavidade; xiv) Extração/Amargor; xv) Estrutura; xvi) Final de Boca.

As pontuações para estes parâmetros foram atribuídas numa escala de 0 a 20. E os vinhos foram todos provados no ano em que foram produzidos.

A bibliografia sugere inúmeras referências normativas para a realização de provas sensoriais, contudo para este estudo decidiu-se usufruir do trabalho que já é desenvolvido habitualmente pela FEA (que segue as diretrizes da ISO 13299) no controlo de qualidade dos seus vinhos, cujo protocolo consiste na distribuição de uma amostra de cada vinho, com cerca de 50 mL, num copo de prova, a cada elemento que constitui o painel de provadores. A cada prova, cada um dos provadores atribuía uma pontuação a cada um dos parâmetros acima referidos.

Não foi possível vinificar separadamente as uvas provenientes de alguns tratamentos, como tal não foi possível determinar a qualidade sensorial dos vinhos dos ensaios dos pontos 3.2.1 e 3.2.2.2 relativamente à casta Trincadeira, e do ensaio do ponto 3.2.2.3 em ambas as castas.

### **3.6. MÉTODOS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Para o tratamento estatístico dos resultados, foi utilizado o software *IBM SPSS Statistics 22* e os seguintes métodos estatísticos: i) análise de variância (ANOVA); ii) comparação de médias através do teste de *Tukey*, para um nível de significância de 0,05; e iii) regressões lineares estabelecidas entre algumas variáveis. Relativamente a estas últimas foi ainda feita uma análise de variância aos parâmetros da regressão considerando um nível de significância de 0,05.



## **IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. NÍVEL VEGETATIVO**

Ao longo dos 4 anos de estudo, a vinha apresentou níveis de vegetação (NDVI) distintos, como pode ser observado, em termos quantitativos pelas Tabelas 9, 10, 11 e 12, e também em termos qualitativos pela Figura 12.

Em Junho de 2013 e 2014 (Figuras 12c e 12e) observaram-se padrões vegetativos relativamente semelhantes (na vinha em geral) e com índices de vegetação relativamente elevados. No entanto, no mesmo mês em 2012 e 2015 (Figuras 12a e 12g), observaram-se índices de vegetação mais baixos, indicando para o mesmo período, comportamentos vegetativos distintos face a 2013 e 2014. O mesmo tipo de padrão foi encontrado à colheita (Figuras 12b, 12d, 12f, 12h).

Estas diferenças, seguramente, não se ficaram a dever às regas, pois estas foram em média de 55 mm para a casta Aragonês e 33 mm para a casta Trincadeira, nestes anos; e só começaram a ser efetuadas em Julho, sendo que já se registavam diferenças nos valores de NDVI em Junho (Figuras 12a, 12c, 12e e 12g). Além disso, 55 mm e 33 mm são dotações relativamente baixas para influenciar a dinâmica da vegetação apresentada na Figura 12.

**Tabela 9** – Estatística descritiva do NDVI referente aos 23 talhões da Figura 2b, analisados em Junho e Setembro de 2012.

Talhão	Junho 2012						Setembro 2012					
	Nº células	Mín.	Máx.	Méd.	Desv.Pad.	Σ	Nº células	Mín.	Máx.	Méd.	Desv.Pad.	Σ
1	270	0,4903	0,8156	0,7133	0,0473	192,604	270	0,3677	0,7309	0,5630	0,0521	152,022
2	530	0,4375	0,8021	0,6280	0,0662	332,850	530	0,2357	0,6608	0,4697	0,0627	248,954
3	504	0,3240	0,7390	0,5388	0,0668	271,549	504	0,1636	0,6705	0,3748	0,0792	188,923
4	497	0,4815	0,8137	0,6900	0,0616	342,909	497	0,3226	0,7288	0,5550	0,0637	275,812
5	426	0,2561	0,7370	0,5724	0,0630	243,847	426	0,2819	0,6717	0,4941	0,0623	210,500
6	417	0,4499	0,7795	0,6440	0,0524	268,543	417	0,2863	0,7656	0,4854	0,0560	202,412
7	412	0,2773	0,7803	0,5840	0,0731	240,608	412	0,2391	0,6721	0,4764	0,0647	196,266
8	361	0,3067	0,7604	0,5847	0,0659	211,060	361	0,2382	0,6480	0,5067	0,0655	182,925
9	439	0,3832	0,8491	0,6343	0,0957	278,464	439	0,2157	0,7433	0,4963	0,0834	217,892
10	463	0,2060	0,6909	0,4427	0,0681	204,985	463	0,0811	0,6500	0,3771	0,0670	174,580
11	354	0,2596	0,7324	0,5731	0,0675	202,892	354	0,2129	0,6230	0,4348	0,0764	153,922
12	331	0,2252	0,7455	0,5126	0,0777	169,654	331	0,1979	0,6023	0,3976	0,0654	131,597
13	379	0,2272	0,7914	0,6329	0,0757	239,877	379	0,2150	0,6957	0,4885	0,0746	185,133
14	413	0,3279	0,8217	0,6673	0,0727	275,612	413	0,3102	0,7317	0,5246	0,0668	216,679
15	412	0,3181	0,7640	0,5683	0,0627	234,149	412	0,1178	0,6649	0,4355	0,0708	179,445
16	423	0,2789	0,7229	0,5409	0,0729	228,783	423	0,2060	0,7032	0,4430	0,0847	187,406
17	323	0,1947	0,8416	0,7470	0,0879	241,288	323	0,2777	0,7720	0,6422	0,0817	207,430
18	357	0,3249	0,8399	0,7611	0,0444	271,696	357	0,5303	0,7725	0,6836	0,0424	244,044
19	310	0,5806	0,8606	0,7737	0,0517	239,839	310	0,2070	0,8282	0,6753	0,0903	209,333
20	70	0,4658	0,8273	0,7236	0,0682	50,650	70	0,3883	0,7642	0,6047	0,0842	42,326
21	275	0,5685	0,8170	0,7666	0,0298	210,814	275	0,3723	0,7879	0,6605	0,0456	181,645
22	359	0,3785	0,8473	0,7771	0,0510	278,973	359	0,2521	0,7674	0,6643	0,0610	238,490
23	136	0,5452	0,8502	0,7872	0,0434	107,053	136	0,4156	0,8238	0,7369	0,0430	100,219

Nº células: número de células da grelha (cada célula corresponde a 100 m<sup>2</sup>); Mín.: valor mínimo de NDVI observado; Máx.: valor máximo de NDVI observado; Méd.: valor da média do NDVI; Desv.Pad.: desvio padrão; Σ: somatório dos valores de NDVI de cada célula.

**Tabela 10** – Estatística descritiva do NDVI referente aos 23 talhões da Figura 2b, analisados em Junho e Setembro de 2013.

Talhão	Junho 2013						Setembro 2013					
	Nº células	Mín.	Máx	Méd.	Desv.Pad.	Σ	Nº células	Mín.	Máx.	Méd.	Desv.Pad.	Σ
1	270	0,4889	0,8289	0,7488	0,0443	202,175	270	0,3827	0,7571	0,6049	0,0615	163,331
2	530	0,3178	0,8056	0,6691	0,0644	354,598	530	0,2831	0,7603	0,5519	0,0671	292,524
3	504	0,3576	0,7613	0,6030	0,0651	303,926	504	0,2481	0,7565	0,5269	0,0778	265,555
4	497	0,4948	0,8447	0,7336	0,0534	364,579	497	0,3996	0,7787	0,6291	0,0624	312,646
5	426	0,4002	0,7929	0,6522	0,0607	277,830	426	0,2816	0,7238	0,5619	0,0635	239,380
6	417	0,5670	0,8414	0,7241	0,0472	301,947	417	0,3346	0,7997	0,5844	0,0644	243,697
7	412	0,4168	0,8139	0,7089	0,0555	292,068	412	0,2740	0,7841	0,5771	0,0733	237,760
8	362	0,3107	0,8236	0,6724	0,0577	243,413	362	0,2943	0,7288	0,5824	0,0646	210,843
9	439	0,2448	0,8339	0,7092	0,0697	311,355	439	0,3388	0,7755	0,5632	0,0789	247,246
10	463	0,3637	0,7504	0,5877	0,0583	272,123	463	0,2334	0,7230	0,5050	0,0724	233,805
11	354	0,2030	0,7726	0,6107	0,0747	216,200	354	0,1755	0,7542	0,5355	0,0960	189,582
12	331	0,3315	0,7536	0,6061	0,0613	200,610	331	0,2862	0,7499	0,4719	0,0703	156,195
13	379	0,4558	0,8299	0,7047	0,0596	267,099	379	0,3066	0,7469	0,5720	0,0794	216,782
14	413	0,4978	0,8330	0,7218	0,0541	298,106	413	0,2967	0,7733	0,5795	0,0746	239,326
15	412	0,3836	0,7436	0,6114	0,0720	251,902	412	0,2258	0,7369	0,4733	0,0761	194,996
16	423	0,3179	0,7883	0,5928	0,0753	250,745	423	0,2190	0,7392	0,4881	0,0897	206,477
17	323	0,2445	0,8372	0,7488	0,0852	241,871	323	0,3228	0,7825	0,6728	0,0746	217,303
18	357	0,6025	0,8720	0,8223	0,0313	293,557	357	0,4284	0,8052	0,7060	0,0619	252,050
19	310	0,5449	0,8776	0,8119	0,0515	251,699	310	0,4066	0,8197	0,7061	0,0825	218,892
20	70	0,4327	0,8436	0,7366	0,0862	51,565	70	0,2519	0,7393	0,6113	0,0898	42,789
21	275	0,5872	0,8399	0,7959	0,0304	218,861	275	0,3927	0,7920	0,7117	0,0467	195,729
22	359	0,2677	0,8336	0,7668	0,0593	275,279	359	0,2174	0,8093	0,6950	0,0699	249,517
23	136	0,3526	0,8587	0,8082	0,0580	109,919	136	0,5294	0,8114	0,7266	0,0387	98,821

Nº células: número de células da grelha (cada célula corresponde a 100 m<sup>2</sup>); Mín.: valor mínimo de NDVI observado; Máx.: valor máximo de NDVI observado; Méd.: valor da média do NDVI; Desv.Pad.: desvio padrão; Σ: somatório dos valores de NDVI de cada célula.

**Tabela 11** – Estatística descritiva do NDVI referente aos 23 talhões da Figura 2b, analisados em Junho e Setembro de 2014.

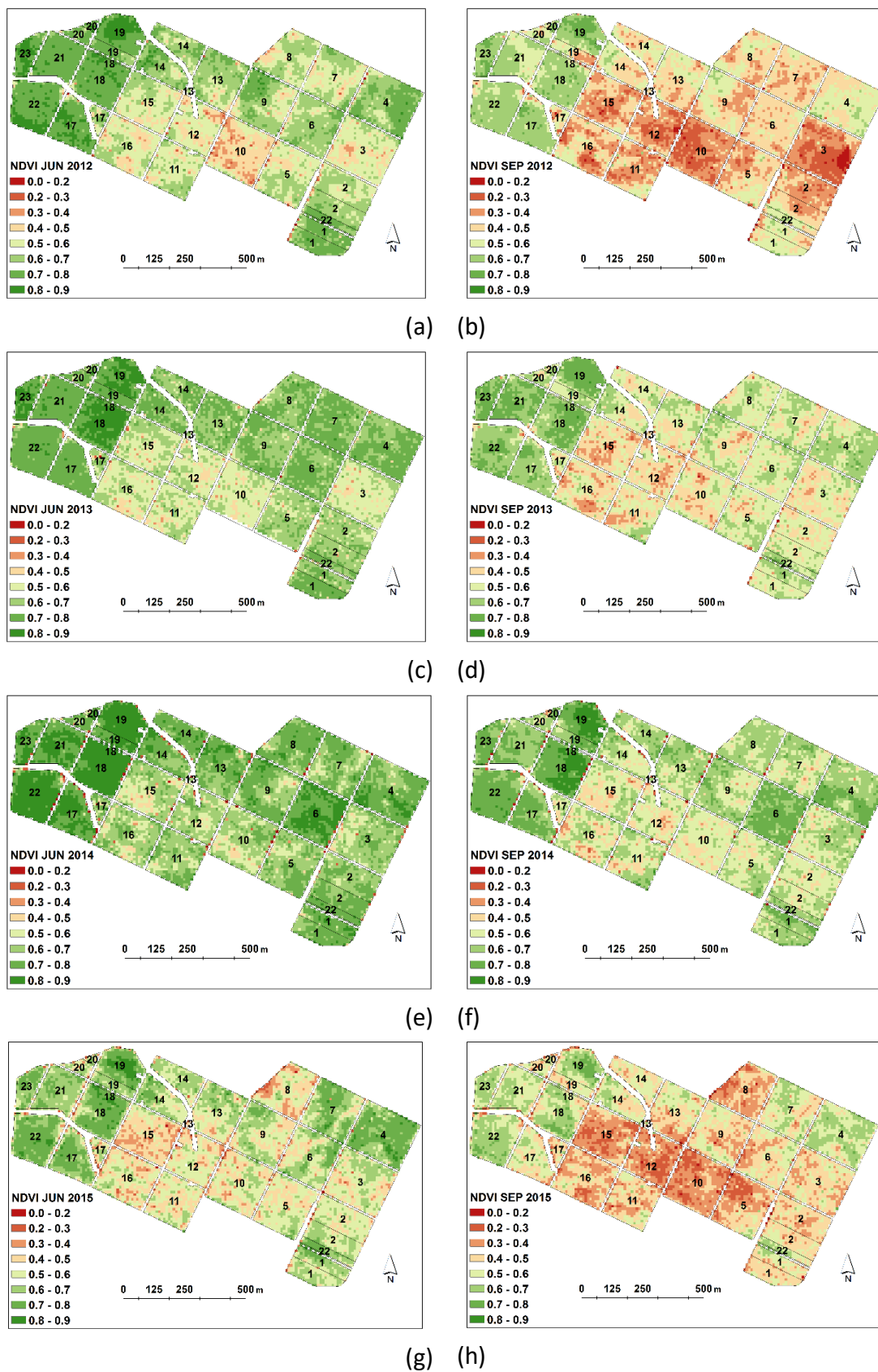
Talhão	Junho 2014						Setembro 2014					
	Nº células	Mín.	Máx	Méd.	Desv.Pad.	Σ	Nº células	Mín.	Máx.	Méd.	Desv.Pad.	Σ
1	267	0,1827	0,8280	0,7027	0,0806	187,617	267	0,1432	0,7942	0,6542	0,0714	174,677
2	525	0,2093	0,8599	0,6541	0,0763	343,398	521	0,2428	0,7478	0,5713	0,0689	297,661
3	502	0,2708	0,7918	0,6244	0,0697	313,440	502	0,1935	0,7938	0,5886	0,0730	295,490
4	492	0,4095	0,8720	0,7229	0,0689	355,690	492	0,3162	0,8229	0,6704	0,0680	329,822
5	426	0,1474	0,8091	0,6248	0,0899	266,178	426	0,3379	0,7590	0,5819	0,0665	247,886
6	413	0,2068	0,8845	0,7884	0,0723	325,611	413	0,2210	0,8378	0,7134	0,0625	294,646
7	412	0,1708	0,8506	0,6626	0,0880	272,974	412	0,3842	0,7823	0,5914	0,0697	243,663
8	358	0,2108	0,8175	0,6843	0,0694	244,966	358	0,1944	0,7061	0,6126	0,0547	219,322
9	438	0,1334	0,8322	0,6741	0,0970	295,269	439	0,2555	0,8003	0,6155	0,0732	270,215
10	459	0,1216	0,7839	0,5825	0,0817	267,346	459	0,1750	0,6873	0,5331	0,0551	244,697
11	353	0,1807	0,7988	0,6488	0,0870	229,035	352	0,1437	0,8095	0,5746	0,0947	202,266
12	331	0,1904	0,7758	0,5963	0,0894	197,375	331	0,1166	0,7336	0,5241	0,0837	173,473
13	377	0,1336	0,8422	0,6824	0,1036	257,247	377	0,1593	0,7956	0,6127	0,0877	231,005
14	410	0,0989	0,8873	0,6946	0,0986	284,770	410	0,1560	0,7840	0,6074	0,0861	249,046
15	410	0,2437	0,7922	0,5882	0,0833	241,148	411	0,2067	0,7207	0,5402	0,0776	222,022
16	423	0,3268	0,7931	0,6227	0,0854	263,391	420	0,2265	0,7151	0,5373	0,0887	225,654
17	323	0,0513	0,8587	0,7406	0,1283	239,229	323	0,1695	0,7958	0,6630	0,1042	214,159
18	346	0,1702	0,8801	0,8155	0,0924	282,147	347	0,1381	0,8670	0,7752	0,0823	268,980
19	310	0,1415	0,8888	0,8124	0,0971	251,829	310	0,2116	0,8717	0,7552	0,0925	234,116
20	70	0,2252	0,8419	0,7127	0,1049	49,886	70	0,2232	0,7806	0,6153	0,1121	43,073
21	275	0,0965	0,8358	0,7706	0,0816	211,926	275	0,1010	0,7677	0,6738	0,0702	185,286
22	359	0,1256	0,8656	0,7991	0,1076	286,860	359	0,1804	0,8077	0,7293	0,0896	261,833
23	136	0,1610	0,8696	0,7842	0,0770	106,650	136	0,1378	0,8397	0,7053	0,1034	95,917

Nº células: número de células da grelha (cada célula corresponde a 100 m<sup>2</sup>); Mín.: valor mínimo de NDVI observado; Máx.: valor máximo de NDVI observado; Méd.: valor da média do NDVI; Desv.Pad.: desvio padrão; Σ: somatório dos valores de NDVI de cada célula.

**Tabela 12** – Estatística descritiva do NDVI referente aos 23 talhões da Figura 2b, analisados em Junho e Setembro de 2015.

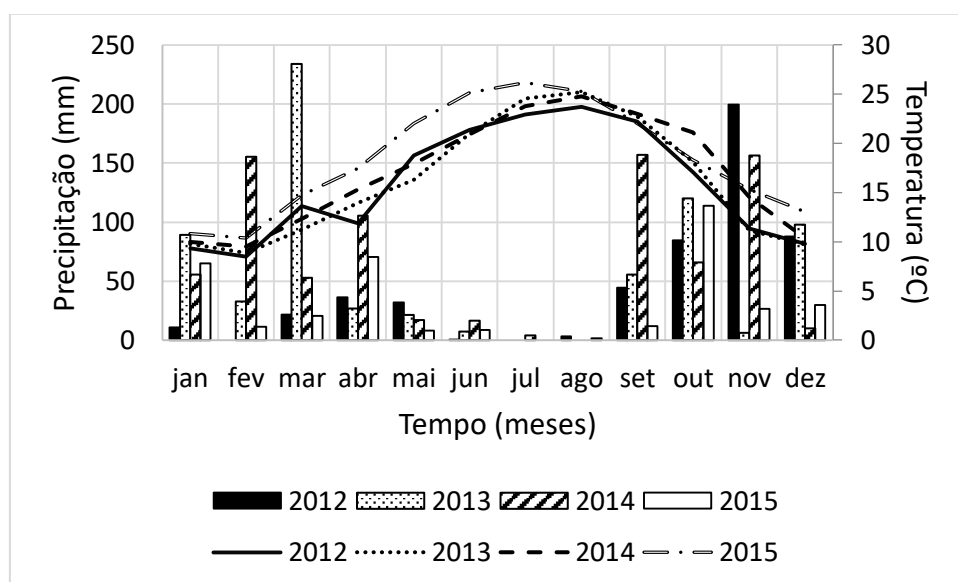
Talhão	Junho 2015						Setembro 2015					
	Nº células	Mín.	Máx	Méd.	Desv.Pad.	Σ	Nº células	Mín.	Máx.	Méd.	Desv.Pad.	Σ
1	270	0,2304	0,8027	0,6096	0,0810	164,594	270	0,1799	0,6895	0,4781	0,0744	129,079
2	529	0,2307	0,8160	0,5793	0,0849	306,465	529	0,1421	0,7060	0,4675	0,0762	247,313
3	504	0,1507	0,7352	0,5406	0,0810	272,455	504	0,2480	0,7766	0,4567	0,0679	230,198
4	496	0,2621	0,8323	0,7151	0,0684	354,703	496	0,3187	0,7403	0,5908	0,0639	293,057
5	426	0,3056	0,7631	0,5314	0,0721	226,376	426	0,1874	0,6734	0,3897	0,0911	165,999
6	416	0,2920	0,8181	0,5925	0,0967	246,484	416	0,2436	0,6786	0,4649	0,0787	193,400
7	411	0,3074	0,8649	0,6628	0,0901	272,415	411	0,2848	0,7179	0,5391	0,0773	221,550
8	361	0,1320	0,7471	0,4722	0,0960	170,477	361	0,1791	0,5677	0,3790	0,0614	136,833
9	439	0,3033	0,7961	0,5745	0,0945	252,216	439	0,1512	0,6663	0,4655	0,0769	204,335
10	462	0,2493	0,7623	0,5143	0,0823	237,627	462	0,1113	0,5115	0,3352	0,0574	154,872
11	352	0,2063	0,7197	0,5147	0,0707	181,174	352	0,1823	0,6720	0,4344	0,0772	152,899
12	329	0,1987	0,7368	0,4977	0,0818	163,759	330	0,1892	0,6157	0,3312	0,0655	109,307
13	378	0,2432	0,8165	0,5762	0,0939	217,797	378	0,1902	0,6673	0,4697	0,0913	177,565
14	412	0,2092	0,8321	0,6135	0,0789	252,755	412	0,2808	0,7605	0,5164	0,0760	212,762
15	412	0,1514	0,6675	0,4418	0,0720	182,018	412	0,2037	0,6355	0,3502	0,0701	144,273
16	422	0,1961	0,7064	0,4988	0,0859	210,502	422	0,2083	0,6278	0,4074	0,0734	171,936
17	323	0,2163	0,8118	0,6507	0,1134	210,166	323	0,2167	0,6898	0,5003	0,0783	161,582
18	356	0,2977	0,8415	0,7121	0,0918	253,491	356	0,2499	0,7949	0,5931	0,0947	211,129
19	308	0,3015	0,8634	0,7159	0,0948	220,493	308	0,2366	0,7853	0,5922	0,1135	182,407
20	70	0,2920	0,7725	0,5677	0,1001	39,741	70	0,2573	0,6560	0,4982	0,0887	34,877
21	274	0,3237	0,7918	0,6562	0,0654	179,796	274	0,2833	0,7241	0,5788	0,0606	158,605
22	358	0,2264	0,8367	0,7104	0,0863	254,340	358	0,2291	0,7576	0,6187	0,0814	221,508
23	136	0,2854	0,8176	0,6744	0,0821	91,725	136	0,2603	0,7263	0,5998	0,0658	81,574

Nº células: número de células da grelha (cada célula corresponde a 100 m<sup>2</sup>); Mín.: valor mínimo de NDVI observado; Máx.: valor máximo de NDVI observado; Méd.: valor da média do NDVI; Desv.Pad.: desvio padrão; Σ: somatório dos valores de NDVI de cada célula.



**Figura 12** – Variação espacial e temporal do NDVI (nos 23 talhões da Figura 2b) em: a) Junho de 2012; b) Setembro de 2012; c) Junho de 2013; d) Setembro de 2013; e) Junho de 2014; f) Setembro de 2014; g) Junho de 2015; h) Setembro de 2015.

Pela observação da Figura 12 parece evidente que as características meteorológicas têm um papel decisivo no comportamento vegetativo da vinha, nomeadamente a precipitação que antecede cada campanha, bem como, a temperatura que ocorre durante a campanha (Figura 13).

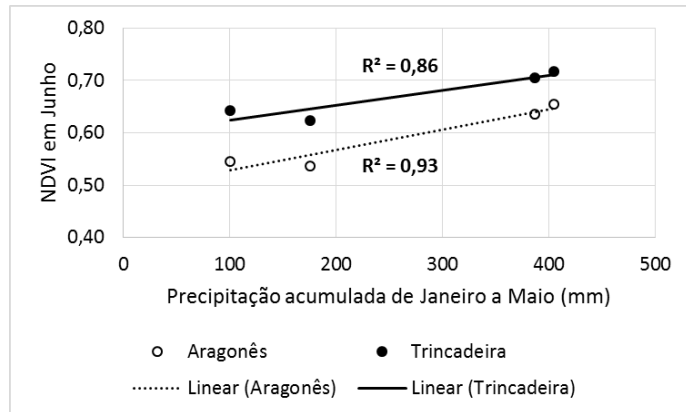


**Figura 13** – Precipitação mensal acumulada (mm) e temperatura média do ar (°C) nos anos de 2012 a 2015.

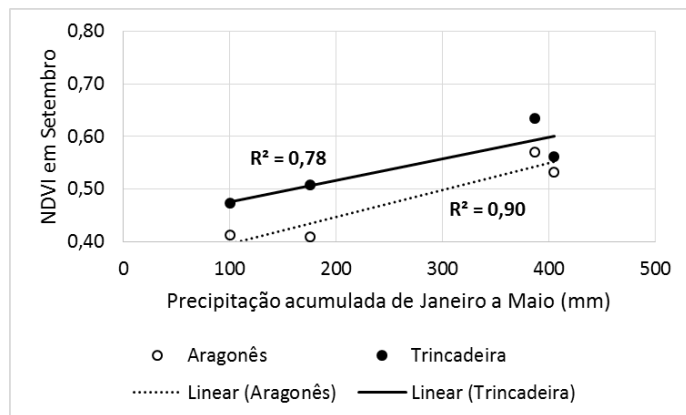
A precipitação acumulada de Janeiro a Maio em 2012, 2013, 2014 e 2015, foi respetivamente de 101 mm, 405 mm, 387 mm e 175 mm, o que explica de algum modo o comportamento vegetativo da vinha observado na Figura 12 onde se pode notar que os anos de 2012 e 2015 apresentam um índice de vegetação inferior (NDVI) em Junho (Figuras 12a e 12g) e à colheita (Setembro, Figuras 12b e 12h) quando comparados com os anos de 2013 e 2014 (Figuras 12c e 12e; 12d e 12f). Este comportamento parece ser condicionado pela precipitação acumulada entre Janeiro e Maio, que foi menor em 2012 e 2015 (101 mm e 175 mm, respetivamente) e mais elevada em 2013 e 2014 (405 mm e 387 mm, respetivamente).

É pois o que mostram os resultados da Figura 14, relativos a regressões lineares estabelecidas entre o NDVI médio em Junho e em Setembro (colheita), dos talhões ocupados pelas castas Aragonês (2, 5, 10, 12, 15, 20 e 21) ou Trincadeira (4, 6, 7, 9, 13 e

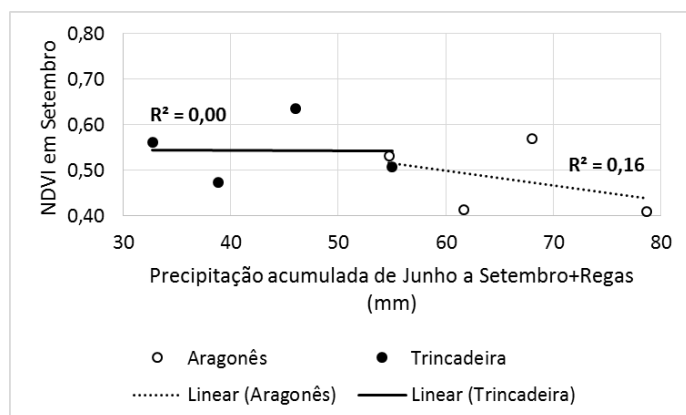
14), durante os anos de 2012 a 2015, e: i) a precipitação acumulada de Janeiro a Maio; ii) a precipitação acumulada de Junho a Setembro mais a quantidade total de água administrada através das regas, em cada ano.



(a)



(b)



(c)

**Figura 14** – Resultados das regressões lineares estabelecidas entre a disponibilidade hídrica (precipitação acumulada de Janeiro a Maio (a, b) e, precipitação acumulada de Junho a Setembro mais as regas (c) e o NDVI médio em Junho (a) e em Setembro (b, c), dos talhões com Aragonês e Trincadeira, durante os anos de 2012 a 2015.



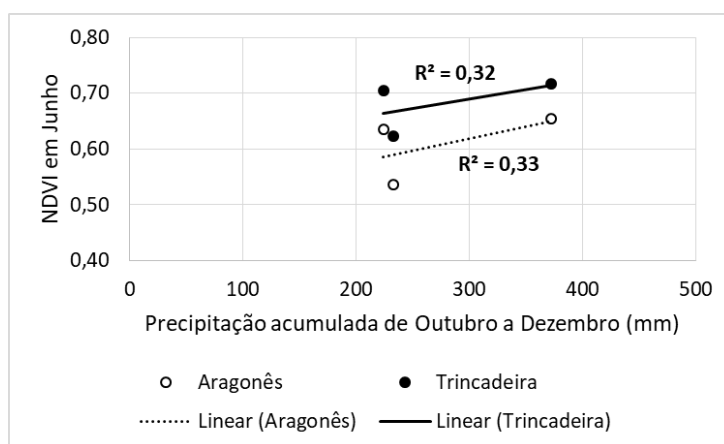
Verifica-se então, que o NDVI (em Junho e em Setembro) está bem correlacionado ( $R^2$ ), e de forma significativa para a casta Aragonês, com a precipitação acumulada de Janeiro a Maio (Figuras 14a e 14b), provando-se que de facto o crescimento vegetativo das videiras é fortemente condicionado pela precipitação acumulada durante os primeiros meses do ano, o que significa que quanto maior for a precipitação acumulada de Janeiro a Maio, maior será o valor do NDVI médio, para as condições experimentais em que ocorreu este estudo. Contudo verificam-se fracas correlações entre o NDVI em Setembro e a precipitação acumulada de Junho a Setembro mais as regas (Figura 14c), algo perfeitamente compreensível, uma vez que entre Junho e Setembro, nas condições Mediterrânicas, a precipitação é escassa e a água que foi administrada através das regas não será suficiente para alterar os padrões vegetativos, mas sim unicamente para manter a atividade fisiológica das plantas.

Ao analisar as equações das retas de regressão das Figura 14a e 14b, nota-se que a casta Trincadeira apresentou sempre um NDVI superior ao da casta Aragonês (ordenadas na origem, Tabela 13). Por sua vez, em termos de resposta ao fator água, a casta Aragonês parece responder de forma mais rápida que a Trincadeira, pois ao comparar os declives das retas de ambas as castas verifica-se que os declives no Aragonês são sempre mais elevados que na Trincadeira (Tabela 13), ou seja, a casta Aragonês aumenta mais rapidamente o seu índice vegetativo (NDVI) para a mesma quantidade de água chovida de Janeiro a Maio, quando comparada com a casta Trincadeira.

**Tabela 13** – Parâmetros das regressões lineares da Figura 14.

	Aragonês			Trincadeira		
	eq. reta regressão	$R^2$	valor p	eq. reta regressão	$R^2$	valor p
<b>Figura 12a</b>	$y = 0,00039x + 0,49$	0,93	0,03	$y = 0,00028x + 0,60$	0,86	0,07
<b>Figura 12b</b>	$y = 0,00051x + 0,34$	0,90	0,05	$y = 0,00041x + 0,43$	0,78	0,12

Para despistar estes resultados, analisou-se também a precipitação acumulada de Outubro a Dezembro do ano anterior, e constatou-se que esta não tem tanta influência sobre a dinâmica da vegetação apresentada na Figura 12 (Figura 15) como tem a precipitação acumulada de Janeiro a Maio do próprio ano (Figura 14). Repare-se que, a precipitação acumulada de Outubro a Dezembro em 2012 foi de 372 mm, em 2013 foi de 224 mm e em 2014 foi de 232 mm, como tal as videiras em 2013 terão beneficiado de mais 148 mm (de 2012) que as videiras em 2014 (de 2013), mas o valor de NDVI das videiras em Junho foi semelhante nestes dois anos (2013 e 2014). Já em 2015 as videiras beneficiaram de uma quantidade de água do ano anterior (232 mm de 2014) semelhante à quantidade de que beneficiaram em 2014 (224 mm de 2013), no entanto o NDVI em Junho de 2015 revelou-se manifestamente inferior ao de Junho de 2014 (Figura 12).



Correlações não significativas (para um nível de significância de 0,05).

**Figura 15** – Resultados das regressões lineares estabelecidas entre a precipitação acumulada de Outubro a Dezembro e o NDVI médio em Junho, dos talhões com Aragonês e Trincadeira, durante os anos de 2013 a 2015.

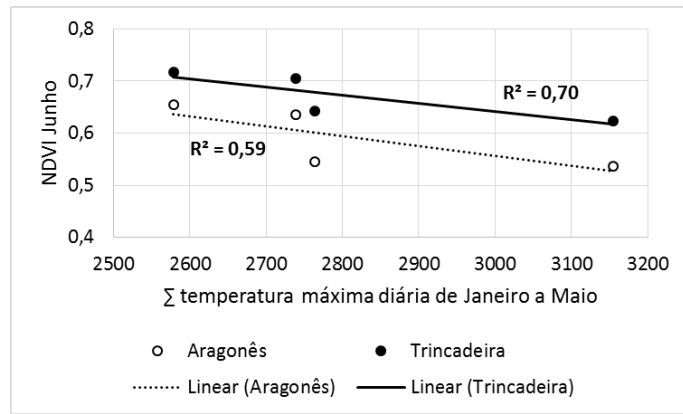
Todavia, verifica-se que o efeito da disponibilidade hídrica sobre o crescimento vegetativo é maior nuns talhões do que noutros. A casta Aragonês é cultivada nos talhões 2, 5, 10, 12, 15, 20 e 21, sendo possível observar que as videiras do talhão 21 apresentaram sempre um NDVI (Figura 12) significativamente superior ( $p \leq 0,05$ )

comparativamente com os demais talhões de Aragonês em Junho, e comparativamente com os talhões 10, 12 e 15 à colheita; e o talhão 10 foi o que apresentou um menor NDVI à colheita em 2012 e 2015. Na casta Trincadeira, cultivada nos talhões 4, 6, 7, 9, 13 e 14, não se verificaram diferenças significativas entre as características da vegetação, porém, é possível observar que o talhão 6 é o que, em termos vegetativos, reage mais à disponibilidade hídrica, em contraste com o talhão 4 cujo padrão vegetativo, independentemente das características meteorológicas dos anos, menos se alterou (Figura 12). Estas diferenças ficar-se-ão a dever, seguramente, a aspetos associados à variabilidade de algumas características do solo.

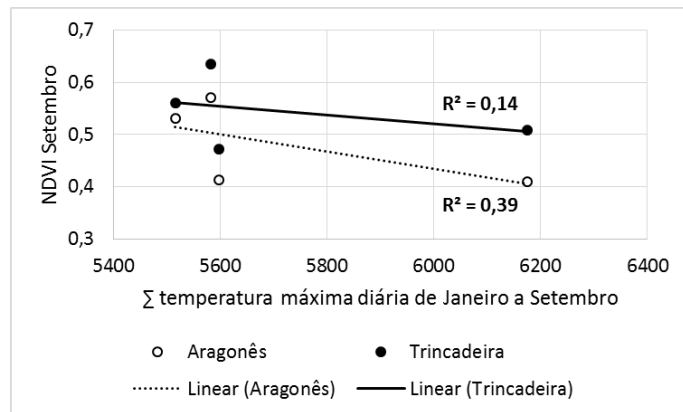
Esta informação permite modelar a quantidade de vegetação pretendida à colheita, pois conhecendo as características climáticas do ano é possível ajustar a quantidade de água a fornecer às plantas logo no início da campanha por forma a melhor gerir o stress hídrico final. Por outro lado, com este tipo de informação, passamos a conhecer os talhões que poderão responder com maior ou menor facilidade ao efeito rega/stress hídrico do ponto de vista da resposta da vegetação.

Também o perfil térmico foi diferente durante os 4 anos em análise. Atendendo às Figuras 12 e 13, constata-se que a temperatura não parece ser uma condicionante forte da vegetação a exemplo da precipitação, pois em 2015 as temperaturas (máximas e mínimas) foram, desde o início do ano até Agosto, superiores a 2012, contudo, a diferença entre o NDVI foi relativamente semelhante (Figuras 12a, 12b, 12g e 12h).

A temperatura terá impacto sobre a vegetação na medida em que desempenha um papel importante na redução da água no solo devido ao aumento da evapotranspiração, como tal, terá um efeito complementar e não determinante sobre a vegetação. Terá sido esse o motivo pelo qual, em geral, não se verificaram correlações ( $R^2$ ) muito elevadas, nem significativas, quer entre o NDVI em Junho e o somatório da temperatura máxima diária de Janeiro a Maio (Figura 16a), quer entre o NDVI em Setembro e o somatório da temperatura máxima diária de Janeiro a Setembro (Figura 16b).



(a)



(b)

**Figura 16** – Resultados das regressões lineares estabelecidas entre o NDVI médio em Junho e o somatório da temperatura máxima diária de Janeiro a Maio (a), e o NDVI médio em Setembro e o somatório da temperatura máxima diária de Janeiro a Setembro (b), nas castas Aragonês e Trincadeira, durante os anos de 2012 a 2015.

Comparando as duas castas nota-se que o Aragonês também responde de forma mais rápida ao efeito da temperatura, pois os declives das retas de regressão são mais negativos que na Trincadeira (Tabela 14). Assim, pode dizer-se que a casta Aragonês perde biomassa verde mais rapidamente que a casta Trincadeira, atendendo ao integral térmico considerado (ordenadas na origem, Tabela 14).

**Tabela 14** – Parâmetros das regressões lineares da Figura 16.

	Aragonês			Trincadeira		
	eq. reta regressão	R <sup>2</sup>	valor p	eq. reta regressão	R <sup>2</sup>	valor p
<b>Figura 13a</b>	$y = -0,00019x + 1,13$	0,59	0,23	$y = -0,00016x + 1,12$	0,70	0,16
<b>Figura 13b</b>	$y = -0,00017x + 1,44$	0,39	0,38	$y = -8,5 \cdot 10^{-5}x + 1,03$	0,14	0,63

Há no entanto, que ter em consideração que a medição instantânea da biomassa verde não está apenas dependente dos fenómenos meteorológicos, mas representa sim, o resultado integrado de uma sucessão de variáveis passíveis de condicionar o estado de hidratação das plantas, ou seja, independentemente da quantidade de água, esta pode não estar disponível de igual forma para todas as plantas. A Figura 17, é reveladora disso mesmo, pois no mesmo talhão (21, Aragonês) e na mesma data (04/09/2015) verificaram-se padrões vegetativos distintos, apesar das plantas estarem sujeitas às mesmas condições meteorológicas, mas presumivelmente devido à pressão das características pedológicas existentes, houve plantas que a determinada altura sofreram mais com o stress hídrico do que outras. No local da Figura 17a registou-se um valor de NDVI igual a 0,648 (100%) em Junho, e igual a 0,620 (95,7%) em Setembro, pelo que durante este período estimou-se que neste local houve uma perda de 4,3 pontos percentuais de biomassa verde. No local da Figura 17b registou-se um valor de NDVI de 0,587 (100%) em Junho, e de 0,499 (85%) em Setembro, e portanto estimou-se uma perda de 15 pontos percentuais de biomassa verde nesta zona, durante o referido período. E assim, a evolução da vegetação foi distinta para condições aparentemente semelhantes.



(a) (b)

**Figura 17** – Fotografias representativas de diferentes níveis vegetativos no mesmo talhão e na mesma data, constituído por uma única casta.

Tendo em conta que a gestão da vegetação e do stress hídrico da vinha são fatores de grande importância para a gestão da qualidade das uvas e do vinho, há que pensar no plano de regas considerando as características climáticas do ano, por forma a obter o resultado desejado.

Estas questões fazem com que seja importante perceber a relação entre o volume vegetativo e o défice hídrico, pois parece ser importante entender a relação entre os mesmos tendo em conta as alterações climáticas que já são sentidas na região, bem como, a sustentabilidade do sistema. A correta avaliação das necessidades hídricas da vinha é um requisito básico para gerir a rega, de modo a aumentar o rendimento e/ou qualidade dos vinhos, principalmente em regiões influenciadas pelo clima Mediterrânico (Picón-Toro *et al.*, 2012).

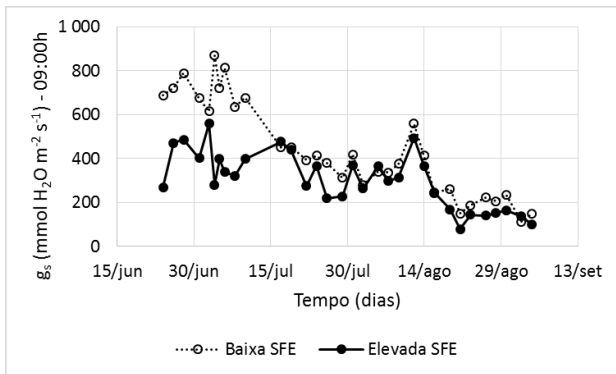
## 4.2. NÍVEL VEGETATIVO, DÉFICE HÍDRICO E QUALIDADE DOS VINHOS

Face ao exposto no ponto anterior, sentiu-se, desde o início, que era fundamental acompanhar o crescimento vegetativo das plantas, mas também, perceber qual o seu estado hídrico, e como é que estes fatores influenciam as características dos vinhos. Como tal, durante as campanhas em análise foram medidos o potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) do caule ao meio-dia solar e a condutância estomática ( $g_s$ ) das plantas e, feitas avaliações organoléticas aos vinhos obtidos, entre 2013 e 2015.

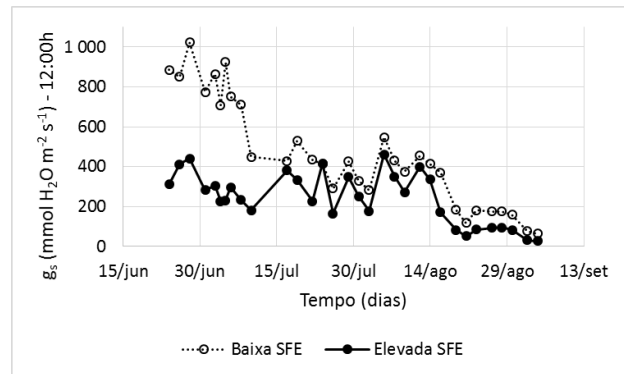
### 4.2.1. Casta Aragonês

A Figura 18 apresenta a evolução da  $g_s$  entre videiras com diferentes volumes vegetativos, relativamente à casta Aragonês. Os resultados obtidos, concretamente no final da Primavera/início do Verão de 2013, revelaram-se bastante elevados, não se tendo encontrado qualquer outro estudo, e principalmente em condições edafo-climáticas semelhantes, que documentasse valores desta ordem. Ainda assim, estes resultados foram obtidos através do mesmo equipamento, com a mesma curva de calibração, com o mesmo operador e sempre nas mesmas videiras que já tinham sido previamente assinaladas para o efeito. Como tal, decidiu-se considerar estes resultados “excepcionais”, por não se encontrar qualquer justificação que levasse a crer que não fossem corretos, mas tão somente distintos do habitual.

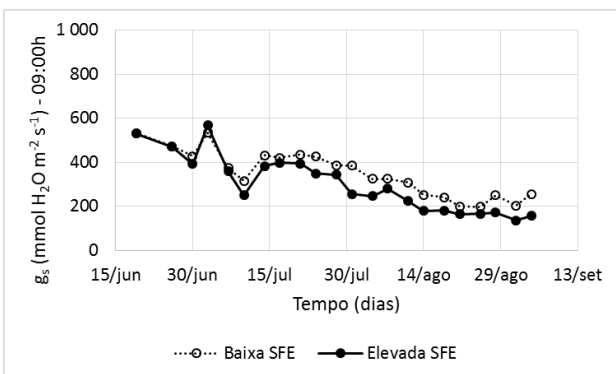
Verificou-se, através da Figura 18, que até ao dia 10/07/2013 os dois tratamentos considerados, baixa SFE (BSFE  $\approx 2,30 \text{ m}^2$ ; Tabela 2) e elevada SFE (ESFE  $\approx 4,50 \text{ m}^2$ ; Tabela 2), apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre eles, quer às 09:00h, quer às 12:00h, no entanto, a partir desta data deixaram de existir diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. Pode ainda observar-se, pelas Figuras 18a e 18b, que até ao dia 10/07/2013 as plantas que pertenciam ao tratamento de BSFE tinham em média uma  $g_s$  mais elevada,  $\approx 700 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  às 09:00h e  $\approx 800 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  às 12:00h, indiciando dessa forma, até essa data, uma maior disponibilidade hídrica devido ao menor número de folhas, quando comparadas com as plantas do tratamento de ESFE, com  $\approx 400 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  às 09:00h e  $\approx 300 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  às 12:00h.



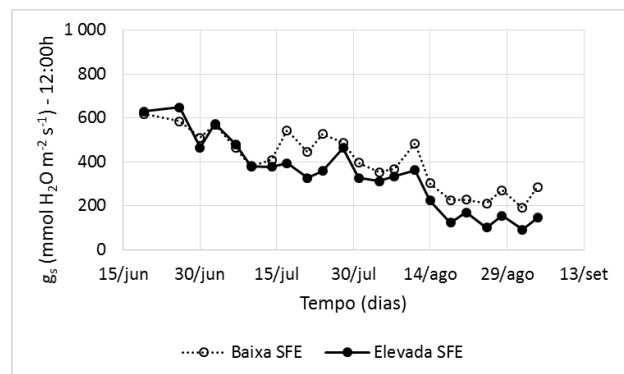
(a)



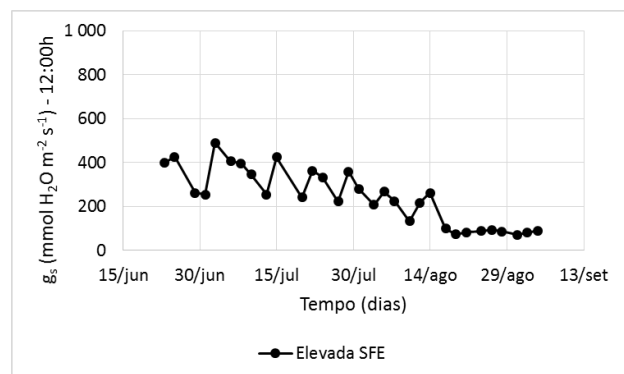
(b)



(c)



(d)



(e)

**Figura 18** – Resultados relativos à evolução da  $g_s$  ( $n = 10$ ) às 09:00h (a, c) e às 12:00h (b, d, e), no ensaio para estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de: a/b) 2013; c/d) 2014; e) 2015.

Na primeira semana de Julho (2013) iniciou-se a rega (Tabela 4), o que permitiu manter a  $g_s$  em torno de 400 a 200  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , às 09:00h e às 12:00h. Nota-se ainda que após o término da rega, no início da 2ª semana de Agosto, a  $g_s$  passa para valores a rondar os 200 a 80  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  nos dois horários (Figuras 18a e 18b).



No ano de 2014, só se verificaram diferenças estatisticamente significativas para os valores de  $g_s$  entre os tratamentos (BSFE e ESFE) próximo da colheita (a partir de 25/08) no horário das 12:00h, sendo o tratamento de BSFE o que revelava um menor stress hídrico por apresentar valores de  $g_s$  mais elevados. A amplitude dos valores da  $g_s$  entre cada tratamento e face aos dois horários, é menor que no ano anterior, rondando  $\approx 600$  a  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  entre o início e o final da campanha (Figuras 18c e 18d). E o efeito das regas sobre a  $g_s$ , também foi menos acentuado neste ano. Contudo são as regas que vão mantendo a  $g_s$  mais ou menos elevada até 14 de Agosto, pois apesar de ir baixando continuamente ao longo da campanha, se não existisse a rega talvez a  $g_s$  baixasse muito mais.

Pelas Figuras 18a, 18b, 18c e 18d pode constatar-se que o tratamento BSFE apresentou uma  $g_s$  mais elevada em 2013 relativamente a 2014, no final de Junho. A precipitação acumulada de Janeiro a Maio foi de cerca de 400 mm em ambos os anos, portanto parece que esta diferença nos valores da  $g_s$  devem estar relacionados com a diferença entre as temperaturas médias, e principalmente com a diferença entre as temperaturas médias máximas que foram superiores em cerca de  $10^\circ\text{C}$  em 2013 quando comparadas com 2014, neste período (final de Junho); ou seja, as temperaturas mais elevadas com alguma disponibilidade hídrica no solo favoreceram a  $g_s$  em 2013. Numa situação de menor disponibilidade hídrica no solo o comportamento é inverso, ou seja, temperaturas mais elevadas provocam a diminuição da  $g_s$ , e tal pode ser observado quando terminam as regas (2ª metade de Agosto), pois a  $g_s$  em 2013 desceu um pouco mais do que em 2014, tendo-se registado temperaturas médias máximas mais baixas em 2014, que permitiram manter a  $g_s$  um pouco mais elevada neste ano (2014), comparativamente com 2013 (apesar das temperaturas médias serem semelhantes).

A menor amplitude para os valores médios da  $g_s$  foi registada no ano de 2015, sendo de  $\approx 300 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  no início da campanha e de  $\approx 100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  no final (Figura 18e). Neste ano são as regas que conseguem manter a  $g_s$  em cerca de  $300 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , pois nota-se uma evolução no sentido da diminuição da  $g_s$  antes do início das regas (02/07), que sobe logo após a primeira rega. Do mesmo modo, pouco depois das regas cessarem (11/08) a  $g_s$  cai para valores próximo dos  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Considerando o tratamento ESFE pode constatar-se que no fim de Junho a  $g_s$  em 2014 era um pouco mais elevada que em 2013 e 2015 (Figura 18) face à maior disponibilidade hídrica no solo, motivo de alguma precipitação (16,3 mm) que ocorreu durante esse mês, desse mesmo ano.

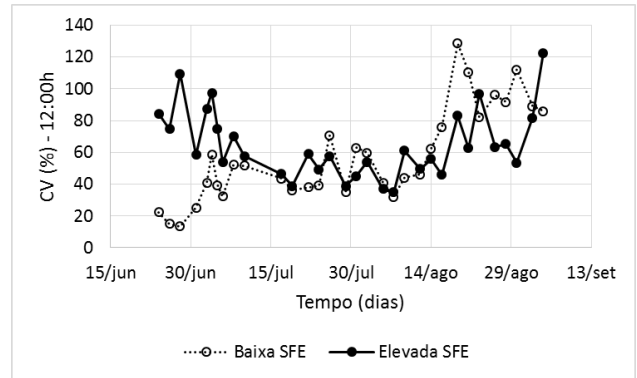
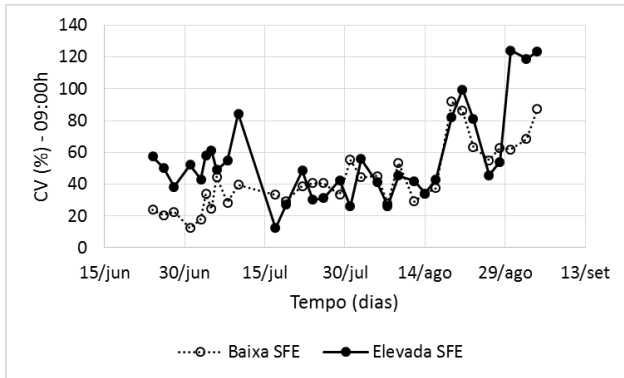
Assim, constata-se que quando há humidade no solo, o aumento da temperatura leva a um aumento da  $g_s$ , mas quando esta humidade é reduzida a temperatura mais elevada conduz a uma diminuição da  $g_s$  e deste modo as plantas evitam perdas de água excessivas, as quais dificilmente voltariam a recuperar.

Pelas Figuras 18a, 18b, 18c e 18d também é perceptível que, em geral, o tratamento ESFE apresentou uma  $g_s$  inferior ao tratamento BSFE, em 2013 e 2014, porque as plantas com maior quantidade de folhagem (nível vegetativo) necessitarão de uma maior quantidade de água por terem um maior número de órgãos fotossinteticamente ativos. Posto isto, e dada a reação das videiras ( $g_s$ ) face à disponibilidade hídrica no solo e às variações da temperatura, a gestão da copa parece ser uma estratégia oportuna para a adaptação das plantas às alterações climáticas.

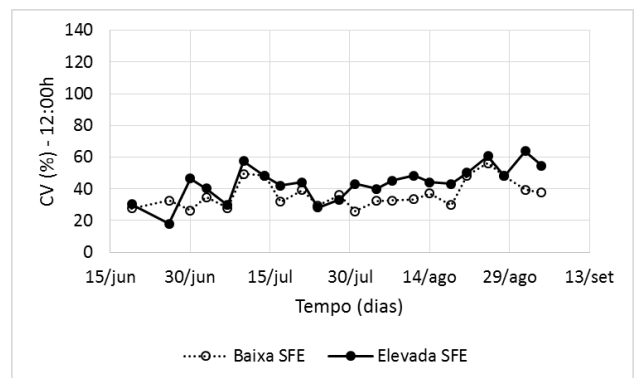
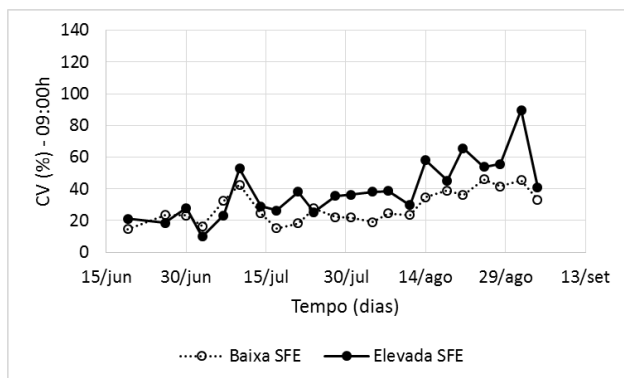
Um cenário de aumento das temperaturas médias máximas irá colocar uma maior tensão nas plantas desta casta, pelo que o corte de alguma vegetação possibilitaria libertar um pouco as plantas da pressão climática a fim de evitar um stress hídrico severo, mas no caso de anos mais húmidos e/ou com temperaturas mais baixas há que deixar as videiras com um volume vegetativo mais elevado, para ajudar a esgotar mais rapidamente a água no solo e dessa forma poder controlar o stress hídrico desejado na fase final da maturação. Do mesmo modo, em anos com temperatura mais elevada ter-se-á talvez que regar até mais tarde e, em anos com temperaturas mais baixas pode não se conseguir que as plantas desenvolvam o stress hídrico necessário à concentração de determinados parâmetros de qualidade dos vinhos, algo que será discutido mais à frente.

Através das medições da  $g_s$  também foi possível perceber a dinâmica fisiológica a que as videiras estão sujeitas, e quer haja mais ou menos água no solo verifica-se a existência de plantas com maior ou menor stress hídrico, decerto, motivo da variabilidade intrínseca de cada videira e da possibilidade da água não estar disponível

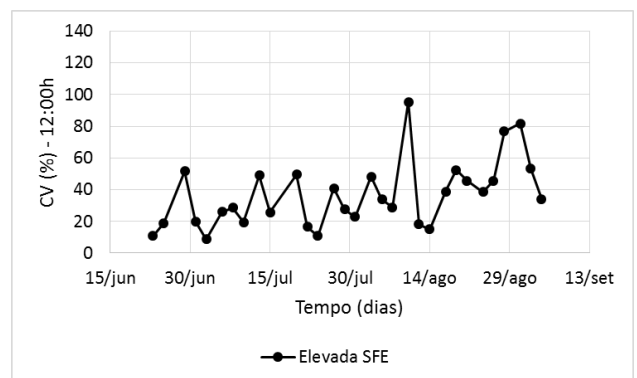
da mesma forma em todos os locais. Assim, pela observação da Figura 19 é perceptível a variabilidade da  $g_s$  associada a cada tratamento, expressa sob a forma de coeficiente de variação (CV, %).



(a) (b)



(c) (d)



(e)

**Figura 19** – Resultados relativos à evolução do CV da  $g_s$  ( $n = 10$ ) às 09:00h (a, c) e às 12:00h (b, d, e), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de: a/b) 2013; c/d) 2014; e) 2015.

Pela análise das Figuras 19a e 19b nota-se que o CV da  $g_s$  varia consideravelmente de tratamento para tratamento, em 2013. Pode observar-se que até ao dia 10/07/2013 as plantas com BSFE tinham em média um CV da  $g_s$  mais baixo, entre 20% a 30% às 09:00h e entre 20% a 50% às 12:00h, indicando dessa forma menor variabilidade amostral quando comparadas com as plantas de ESFE, 40% a 60% às 09:00h e 60% a 100% às 12:00h. Aparentemente a passagem de períodos com menor déficit hídrico para períodos de maior déficit hídrico, promove um comportamento mais variável das plantas (CV da  $g_s$  elevados), sendo esse efeito mais evidente após o término das regas (2ª metade de Agosto), pois passa-se de um CV da  $g_s$  de cerca de 20% a 60% para um CV da  $g_s$  de 50% a 120%. Isto significa que dentro de cada tratamento, e portanto para as mesmas condições experimentais, as plantas apresentaram comportamentos fisiologicamente distintos no que toca à regulação da atividade estomática, pois se a  $g_s$  fosse semelhante em todas as plantas, o CV da  $g_s$  seria baixo.

Em 2014 (Figuras 19c e 19d) e 2015 (Figura 19e), a variabilidade da amostra expressa através do CV da  $g_s$  foi menor que em 2013 (Figuras 19a e 19b), tendo-se constatado que temperaturas máximas consecutivas acima dos 35°C têm grande efeito sobre a variabilidade do CV da  $g_s$ . Daí que no início da campanha de 2013 os resultados do CV da  $g_s$  (12:00h) tenham sido relativamente elevados no tratamento ESFE, pois entre 24 de Junho e 10 de Julho registaram-se 15 dias quase consecutivos (com exceção de 1 e 2 de Julho) com temperatura máxima acima dos 35°C, e com alguma disponibilidade hídrica no solo (precipitação acumulada de Janeiro a Maio – 405 mm). Em 2014 não houve mais do que 3 dias ininterruptos com temperatura acima de 35°C e assim o CV da  $g_s$  foi mais baixo para ambos os tratamentos em igual período. Portanto, para uma precipitação acumulada de Janeiro a Maio semelhante (405 e 387 mm, em 2013 e 2014 respetivamente), as temperaturas máximas mais elevadas em 2013, ocasionaram maior variabilidade na regulação estomática entre as videiras, face a 2014. Todavia, quando a humidade no solo é mais baixa, mesmo com temperaturas mais elevadas o CV da  $g_s$  é tendencialmente mais baixo do que quando existe alguma humidade no solo. O ano de 2015 em relação a 2013, vem confirmar esta questão, pois apresenta menor precipitação acumulada de Janeiro a Maio (175 mm e 405 mm, respetivamente) e consequentemente apresentou menor CV da  $g_s$ . Conclui-se então que a temperatura

umenta o CV da  $g_s$ , sendo tal efeito ampliado pela disponibilidade hídrica do solo. Ou seja, é o facto de esta ser uma vinha regada que permite manter as videiras com os estomas razoavelmente abertos (período das regas) ou razoavelmente fechados (término das regas), pois se as videiras não fossem regadas, pelo menos em Verões quentes e secos, os estomas estariam seguramente, na sua maioria, fechados e o CV da  $g_s$  seria baixo.

Também o nível de vegetação tem aqui um papel importante, pois com temperaturas mais elevadas e com maior disponibilidade hídrica as plantas com menos vegetação aparentemente apresentam menor CV da  $g_s$ , comparativamente às que têm mais vegetação (Figuras 19a e 19b, início da campanha). Por outro lado, nota-se também (nas mesmas Figuras, 19a e 19b) que a rega nivela a  $g_s$  e o CV da  $g_s$  entre os tratamentos BSFE e ESFE, sendo uma atividade decisiva na gestão do stress hídrico das plantas, de uma forma especial nos anos secos e quentes. Julga-se ainda que nos anos húmidos e frescos (temperaturas médias máximas abaixo de 35°C) a rega poderá ser reduzida ou até mesmo eliminada (dependendo do objetivo comercial das empresas vitivinícolas, ou seja, se a estratégia for produções mais baixas e vinhos de qualidade superior).

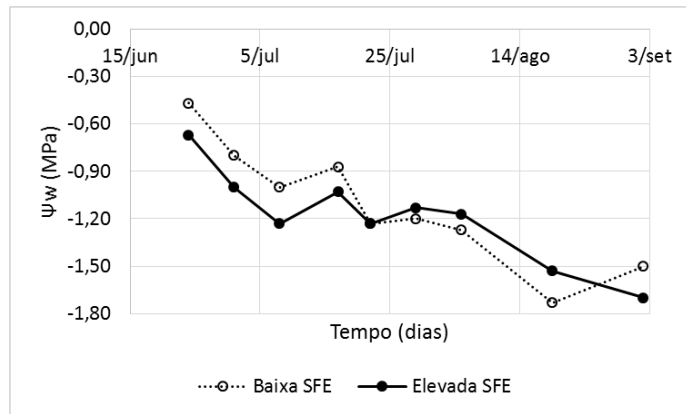
Estas diferenças das plantas na forma de gerir o stress hídrico estarão também relacionadas com as tendências genóticas das videiras para adotarem comportamentos iso ou anisohídrico face à escassez de água. Contudo neste caso não se pode atribuir à variabilidade genética esta variação comportamental, pois as plantas pertencem à mesma casta (Aragonês) e foram enxertadas no mesmo tipo de porta-enxerto (1103P). Assim, isto vai ao encontro do que defendem Medrano *et al.* (2003), Chaves *et al.* (2010) Lovisolo *et al.* (2010), Pou *et al.* (2012), que uma classificação estritamente iso ou anisohídrica pode revelar-se inapropriada, pois a mesma casta pode comportar-se de forma diferente de acordo com a combinação particular dos fatores que a condicionam. Também Zhang *et al.* (2012) afirmam que a classificação iso ou anisohídrica das castas é desadequada, pois reflete apenas uma visão simplista da atividade estomática que não representa devidamente a complexidade do funcionamento dos estomas face à escassez de água no solo.

Segundo Vaz *et al.* (2016) a casta Aragonês revela tendência para um comportamento anisohídrico, devido à fraca eficiência no controlo estomático associado à redução da disponibilidade hídrica. Mas considerando a lista de castas e respetivas categorias estabelecidas em função do seu comportamento face ao stress hídrico, apresentada por Chaves *et al.* (2010), o comportamento da casta Aragonês (iso ou anisohídrico) não é claro, pois esta variedade experimentou vários tipos de comportamentos consoante os vários ensaios a que foi submetida. Como parece ter acontecido com as videiras alvo do presente estudo, que de acordo com as características climáticas dos diferentes anos, os mesmos tratamentos (BSFE e ESFE) apresentaram comportamentos fisiológicos diferentes no que toca à variação da  $g_s$ .

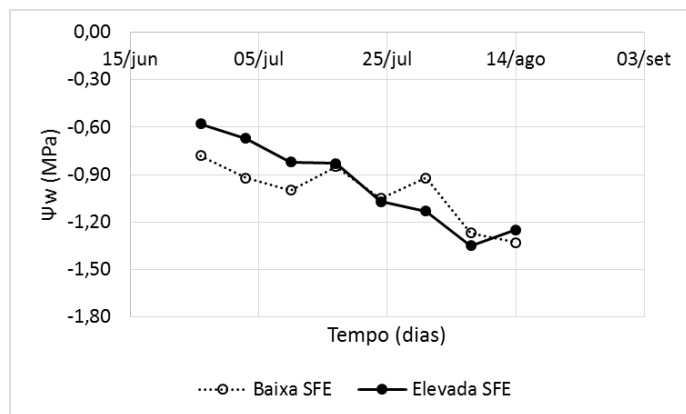
Em relação às medições do  $\Psi_w$ , verificou-se não existirem diferenças significativas entre os tratamentos (BSFE e ESFE) no ano de 2013. Através da Figura 20a nota-se que até ao dia 22/07/2013 o  $\Psi_w$  das videiras do tratamento de BSFE foi superior ao do tratamento de ESFE, no entanto, a partir desta data, esta tendência inverte-se e o  $\Psi_w$  das videiras do tratamento de BSFE passou a ser inferior ao de ESFE, tornando-se novamente menos negativo pouco antes da colheita, em contraste com os resultados da  $g_s$  (12:00h), que em geral são sempre superiores no tratamento de BSFE (Figura 18b).

No ano de 2014, apenas no dia 10 de Julho se registaram valores de  $\Psi_w$  significativamente superiores no tratamento de ESFE, em relação aos do tratamento de BSFE. Neste segundo ano de medições (2014) o tratamento de BSFE apresentou, numa fase inicial, um  $\Psi_w$  inferior, comparativamente ao do tratamento de ESFE (Figura 20b), já no que à  $g_s$  diz respeito, os valores eram relativamente semelhantes entre os tratamentos. Contudo, a partir de 24 de Julho, o  $\Psi_w$  do tratamento de ESFE desceu mais acentuadamente, tornando-se, em geral, inferior ao do tratamento de BSFE (Figura 20b).

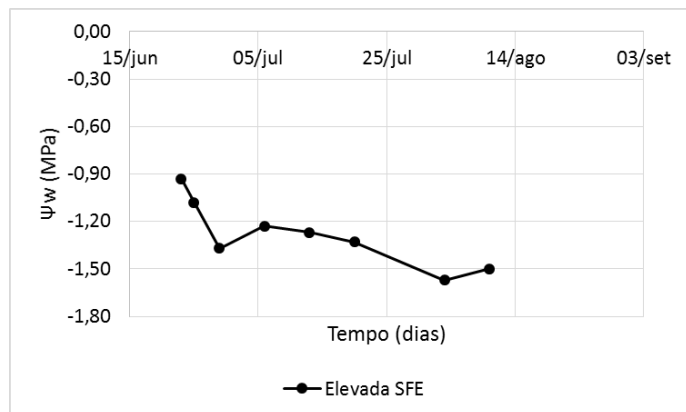
Em 2015, dadas as condições climáticas mais adversas (mais temperatura e menos precipitação; Figura 13), registou-se para o tratamento ESFE o menor valor de  $\Psi_w$  no início da campanha face aos anos anteriores (2013 e 2014; Figura 20).



(a)



(b)



(c)

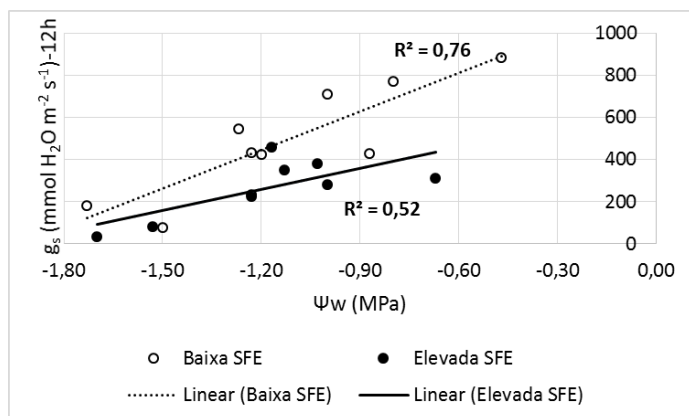
**Figura 20** – Resultados relativos à evolução do  $\Psi_w$  ( $n = 3$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de: a) 2013; b) 2014; c) 2015.

Os resultados apresentados pela Figura 20 estão de acordo com os que foram apontados por Ferreyra *et al.* (2003), Girona *et al.* (2006) e Van Leeuwen *et al.* (2008).

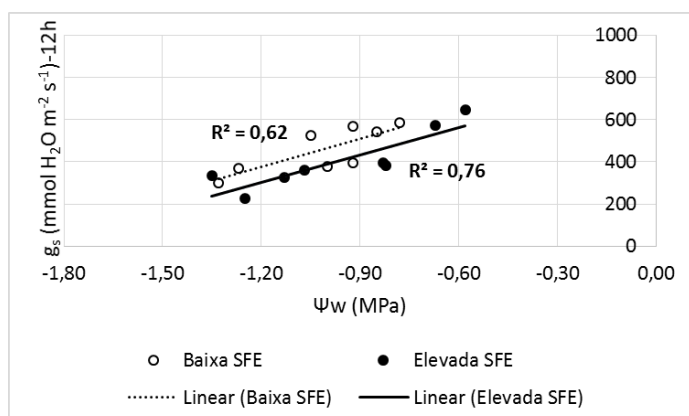
Nos anos de 2013 e 2014, em que a precipitação acumulada de Janeiro a Maio foi mais elevada (405 e 387 mm, respetivamente), o  $\Psi_w$  foi superior a -0,8 MPa até ao final de Junho, indicando que neste período as videiras estariam sob um stress hídrico baixo. Em 2015 a precipitação acumulada de Janeiro a Maio foi inferior, e as temperaturas médias e médias máximas foram superiores, relativamente aos dois anos anteriores (2013 e 2014), e como tal o  $\Psi_w$  no final de Junho também foi inferior, com valores entre -0,9 e -1,4 MPa, denotando-se que as plantas passaram rapidamente de um stress hídrico relativamente baixo para um stress hídrico elevado. A partir de Julho as regas (Tabela 4) permitiram manter as videiras sob um stress hídrico moderado, entre -0,9 e -1,3 MPa, em 2013 e 2014; mas em 2015 apesar das dotações terem sido superiores, dadas a características climáticas do ano, o  $\Psi_w$  ficou entre -1,2 a -1,5 MPa, indicando que as videiras se encontravam sob um stress hídrico moderado a elevado. Em 2013, num período próximo da colheita o  $\Psi_w$  desce para valores inferiores a -1,5 MPa, o que significa que as plantas estariam sob um stress hídrico elevado, o que, como se discutirá mais à frente, terá favorecido a qualidade sensorial dos vinhos deste ano.

À semelhança do que fizeram Vaz *et al.* (2016), decidiu-se estabelecer uma análise de regressão entre o  $\Psi_w$  e a  $g_s$ . Pela observação da Figura 21, constata-se que existe uma correlação moderada a forte ( $0,52 \leq R^2 \leq 0,76$ ), e significativa ( $p \leq 0,05$ ), entre o  $\Psi_w$  e a  $g_s$ , o que revela a existência de alguma redundância entre estes dois parâmetros.

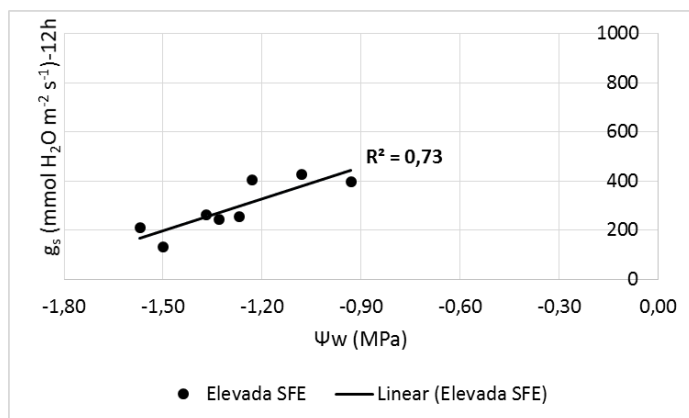




(a)



(b)



(c)

Nestas regressões lineares foram usados os valores médios de  $g_s$  medidos exatamente nas mesmas videiras onde se mediu o  $\Psi_w$ .

**Figura 21** – Resultados relativos à análise de regressão estabelecida entre o  $\Psi_w$  ( $n = 3$ ) e a  $g_s$  ( $n = 3$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês, nos anos de: a) 2013; b) 2014; c) 2015.

Crê-se que as diferenças encontradas entre a evolução do  $\Psi_w$  e da  $g_s$  ao longo das campanhas de cada ano, ficam a dever-se aos aspetos fisiológicos para os quais Rodrigues *et al.* (2012) chamam a atenção, dizendo que os valores de  $\Psi_w$  para plantas com elevada taxa de transpiração podem ser semelhantes aos valores de  $\Psi_w$  das plantas que sofrem stress hídrico, uma vez que: i) quando existe muita água no solo e as plantas conseguem extraí-la com facilidade, verificam-se elevadas taxas de transpiração que induzem a uma queda da pressão da água nas folhas e consequentemente um abaixamento do  $\Psi_w$  (mais negativo); e ii) quando as reservas de água no solo são escassas, as plantas fecham os estomas para impedir perdas de água que dificilmente seriam recuperadas, e portanto o  $\Psi_w$  torna-se nesta situação menos negativo. Estes fenómenos podem de alguma forma contradizer o estado hídrico atual das plantas.

Comstock (2002) menciona outra desvantagem associada ao  $\Psi_w$ , afirmando que este se correlaciona fracamente com o défice hídrico do solo, enquanto o fecho dos estomas está bem correlacionado com o défice hídrico do solo, devido à eficiência da sinalização química (ABA) nas videiras.

Além do que foi apontado por estes dois autores (Comstock, 2002 e Rodrigues *et al.*, 2012), há maior facilidade em operar com o porómetro (Figura 9) por ser pequeno, leve e de fácil transporte, contrariamente à câmara de pressão (Figura 10), à qual ainda acrescem a morosidade dos procedimentos associados à metodologia de determinação do  $\Psi_w$ , e os cuidados a ter no manuseamento de gás (azoto) sob pressão. Motivos pelos quais, as medições do  $\Psi_w$  apenas ocorreram uma vez por semana e contavam somente com 3 repetições por tratamento, comparativamente à  $g_s$ , que era medida 2 a 3 vezes por semana com 10 repetições por tratamento.

Posto isto, e constatada a relação existente entre a  $g_s$  e o  $\Psi_w$  (Figura 21), também testemunhada por Vaz *et al.* (2016), optou-se apenas por discutir os resultados da  $g_s$  em detrimento dos do  $\Psi_w$ , ao longo deste trabalho.

Outro fator a considerar no comportamento fisiológico das plantas tem a ver com a dinâmica temporal da vegetação, pois o volume vegetativo de partida nem sempre será igual ao volume vegetativo à colheita, diferença esta que pode ocorrer em maior ou menor grau como se mostra mais adiante. Tal diferença (pelo menos na casta

Aragonês) condiciona seguramente o comportamento das plantas no que toca à gestão do stress hídrico, bem como, à qualidade do produto final, como se revela de seguida.

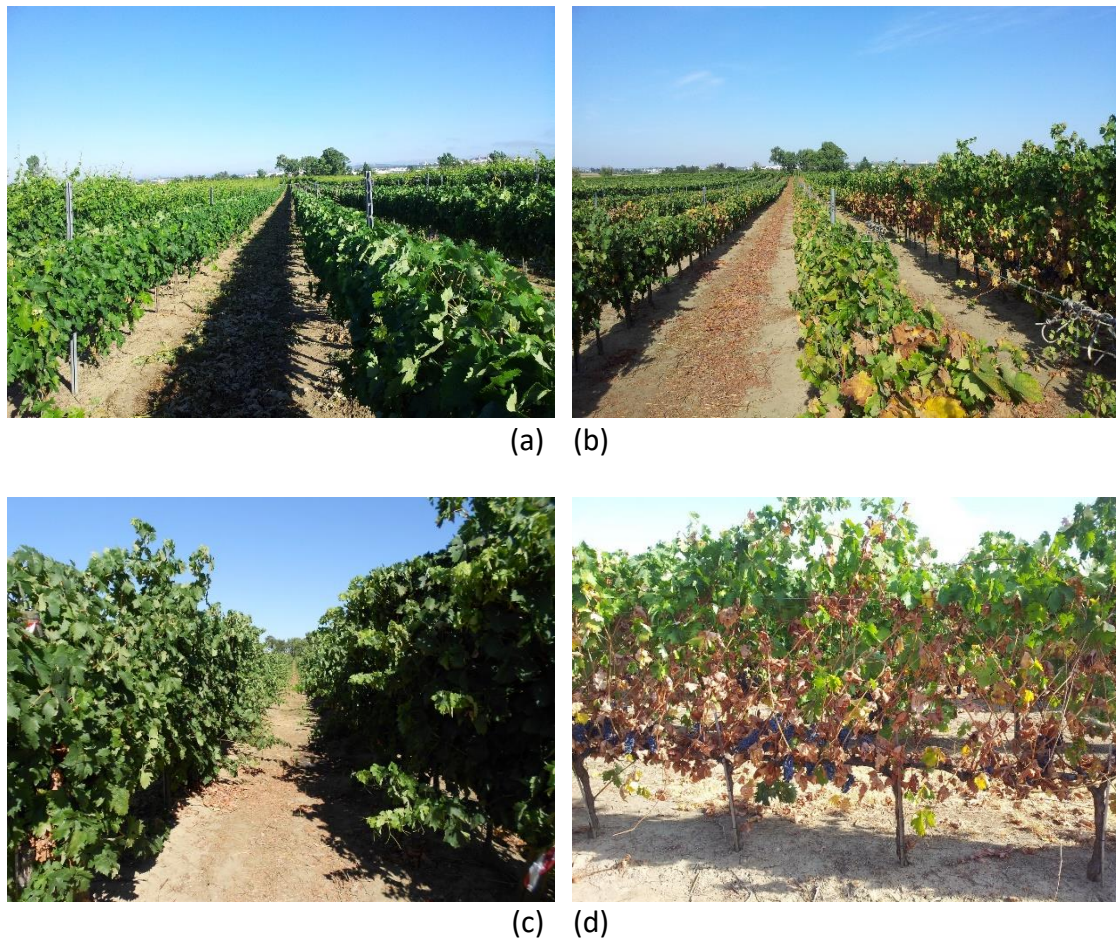
Pela observação da Tabela 15 que mostra os resultados estatísticos da análise sensorial dos vinhos que tiveram origem nos dois tratamentos considerados (BSFE, ESFE), pode verificar-se que em 2013 o vinho proveniente do tratamento ESFE, obteve uma pontuação significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) nos parâmetros Cor, Frutado, Complexidade, Estrutura e Final de Boca.

**Tabela 15** – Resultados estatísticos da avaliação sensorial (n = 6) dos vinhos, do ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Aragonês.

	2013		2014		2015
	BSFE	ESFE	BSFE	ESFE	ESFE
<b>Cor</b>	14,2 <sup>b</sup> ± 1,2	16,7 <sup>a</sup> ± 1,5	13,2 <sup>ab</sup> ± 1,1	14,0 <sup>b</sup> ± 1,6	13,8 <sup>b</sup> ± 1,5
<b>Intensidade aroma</b>	13,7 <sup>a</sup> ± 0,5	14,7 <sup>a</sup> ± 1,0	13,2 <sup>a</sup> ± 1,8	13,4 <sup>a</sup> ± 1,1	14,0 <sup>a</sup> ± 1,5
<b>Qualidade aroma</b>	13,7 <sup>a</sup> ± 0,8	15,0 <sup>a</sup> ± 1,3	13,4 <sup>a</sup> ± 1,5	12,8 <sup>a</sup> ± 3,1	14,0 <sup>a</sup> ± 1,4
<b>Frutado</b>	13,2 <sup>b</sup> ± 0,8	14,7 <sup>a</sup> ± 1,0	13,0 <sup>ab</sup> ± 1,6	13,6 <sup>ab</sup> ± 2,3	13,5 <sup>ab</sup> ± 1,5
<b>Maduro</b>	13,7 <sup>ab</sup> ± 2,0	14,7 <sup>a</sup> ± 1,8	13,8 <sup>ab</sup> ± 1,8	14,0 <sup>ab</sup> ± 2,0	12,2 <sup>b</sup> ± 1,6
<b>Fresco</b>	12,2 <sup>a</sup> ± 1,2	13,0 <sup>a</sup> ± 1,7	12,6 <sup>a</sup> ± 1,9	13,6 <sup>a</sup> ± 2,2	13,5 <sup>a</sup> ± 2,4
<b>Vegetal</b>	14,2 <sup>ab</sup> ± 1,5	14,2 <sup>ab</sup> ± 1,3	14,8 <sup>ab</sup> ± 1,3	15,8 <sup>a</sup> ± 1,7	12,5 <sup>b</sup> ± 2,1
<b>Complexo</b>	12,8 <sup>b</sup> ± 0,8	14,8 <sup>a</sup> ± 1,2	12,4 <sup>ab</sup> ± 2,1	12,2 <sup>ab</sup> ± 4,5	13,2 <sup>ab</sup> ± 1,7
<b>Intensidade sabor</b>	15,0 <sup>ab</sup> ± 0,6	15,5 <sup>a</sup> ± 0,5	13,8 <sup>ab</sup> ± 1,8	14,0 <sup>b</sup> ± 1,0	14,2 <sup>ab</sup> ± 1,3
<b>Qualidade sabor</b>	14,5 <sup>a</sup> ± 1,0	15,5 <sup>a</sup> ± 1,0	14,0 <sup>a</sup> ± 2,3	13,6 <sup>a</sup> ± 1,8	14,3 <sup>a</sup> ± 1,4
<b>Acidez</b>	14,0 <sup>a</sup> ± 0,9	13,5 <sup>a</sup> ± 1,0	11,4 <sup>a</sup> ± 4,2	12,2 <sup>a</sup> ± 4,6	12,0 <sup>a</sup> ± 1,8
<b>Volume/ Concentração</b>	14,2 <sup>a</sup> ± 1,5	15,2 <sup>a</sup> ± 1,0	13,6 <sup>a</sup> ± 2,7	14,0 <sup>a</sup> ± 2,3	14,3 <sup>a</sup> ± 1,5
<b>Suavidade</b>	12,2 <sup>a</sup> ± 1,2	13,5 <sup>a</sup> ± 1,0	12,2 <sup>a</sup> ± 2,9	11,6 <sup>a</sup> ± 2,7	13,3 <sup>a</sup> ± 0,8
<b>Extração/ Amargor</b>	16,2 <sup>a</sup> ± 1,2	16,2 <sup>a</sup> ± 1,2	13,8 <sup>a</sup> ± 2,5	12,8 <sup>a</sup> ± 4,8	14,2 <sup>a</sup> ± 2,1
<b>Estrutura</b>	14,7 <sup>b</sup> ± 1,2	16,3 <sup>a</sup> ± 0,5	13,2 <sup>ab</sup> ± 1,8	14,2 <sup>b</sup> ± 2,3	14,3 <sup>b</sup> ± 1,9
<b>Final boca</b>	14,2 <sup>b</sup> ± 1,0	15,5 <sup>a</sup> ± 0,8	13,2 <sup>ab</sup> ± 1,8	14,4 <sup>ab</sup> ± 2,1	14,2 <sup>ab</sup> ± 1,8

As médias com a mesma letra não são significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Pela observação das Figuras 22c e 22d é perceptível que o tratamento ESFE, com mais vegetação no início da campanha (Figura 22c) perdeu uma quantidade considerável da mesma até à colheita (Figura 22d), enquanto o tratamento BSFE não foi afetado do mesmo modo (Figuras 22a e 22b). Portanto, o stress hídrico a que o tratamento ESFE (Figuras 22c e 22d) foi sujeito, fê-lo sacrificar grande parte da sua vegetação até à colheita, por forma a regular a tensão hídrica, o que deu origem a copas menos densas e mais arejadas, condições estas que se revelaram vantajosas para a qualidade sensorial do produto final, em conformidade com o que sugerem Palliotti *et al.* (2012), Zhang *et al.* (2014), Song *et al.* (2014, 2015), Baiano *et al.* (2015), Feng *et al.* (2015), Gupta *et al.* (2015).



**Figura 22** – Evolução da vegetação no tratamento BSFE no início (a) e no final (b) da campanha, e no tratamento ESFE no início (c) e no final (d) da campanha, no ano de 2013 – casta Aragonês.

Em 2014 nenhum parâmetro sensorial evidenciou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos BSFE e ESFE. Talvez porque em 2014 nenhum dos tratamentos apresentou o stress hídrico à colheita desejado, ou seja,  $g_s$  inferiores a  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Figuras 15c e 15d), valor médio para o qual Medrano *et al.* (2002), Flexas *et al.* (2004) e Cifre *et al.* (2005) referem que o impacto na atividade fotossintética está no limite das insuficiências estomáticas e início das não estomáticas.

Quando comparados os anos de 2013 e 2014 nota-se que o tratamento BSFE não apresenta diferenças estatisticamente significativas face à qualidade sensorial dos vinhos, no entanto, quando comparado com o tratamento ESFE entre os dois anos, verificam-se diferenças significativas nos parâmetros Cor, Intensidade do Sabor e Estrutura, com pontuações mais elevadas em 2013. Crê-se que isso se ficou a dever ao facto de se ter registado um maior stress hídrico à colheita nas plantas em 2013 ( $<100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; Figuras 18a e 18b), comparativamente com 2014. Desta forma em anos com temperaturas médias máximas mais baixas (2014) haverá que ponderar o binómio vegetação/rega por forma a conseguir stress hídrico à colheita inferior a  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Quando comparado o tratamento ESFE entre os anos de 2013 e 2015 verificam-se diferenças significativas nos parâmetros Cor, Maduro e Estrutura, com pontuações mais elevadas em 2013. Acredita-se que as diferenças para estes parâmetros de qualidade em particular (Cor, Maduro e Estrutura) entre estes dois anos (2013 e 2015), ficam a dever-se ao stress hídrico mais elevado em 2013, face a 2015, ter ocorrido já numa fase final da maturação (final de Agosto, próximo da colheita), enquanto que em 2015 as plantas estiveram durante todo o ciclo sob uma pressão superior devido às temperaturas mais elevadas e menor disponibilidade hídrica (Figura 13). Tal pode ser observado nas Figuras 18b e 18e, pois o efeito da subida (picos) da  $g_s$  após a rega é menor em 2015 quando comparado com 2013 (Tabela 4), pois não se nota tanto os picos de  $g_s$  face à elevada tensão climática existente durante a campanha (até Agosto) em 2015.

Segundo Bergqvist *et al.* (2001) e Sadras e Moran (2012) as temperaturas mais elevadas também têm efeitos negativos sobre a acumulação de açúcares (Maduro,

Estrutura) e sobre a Cor (antocianinas), e em 2015 o número de dias com temperaturas máximas superiores a 35°C durante a campanha, foram cerca de 1,7 vezes superior a 2013.

Em suma, a tensão hídrica sobre as plantas parece ser favorável à qualidade sensorial de algumas características enológicas, todavia tal tensão deverá ser controlada pela rega por forma a não termos tensões muito elevadas ( $<100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) antes da fase final do ciclo de maturação, nomeadamente em anos em que se registem baixas precipitações acumuladas de Janeiro a Maio e temperaturas muito elevadas de forma continuada.

Ao comparar os anos de 2014 e 2015, a única diferença significativa existente nos atributos sensoriais dos vinhos entre estes dois anos, está relacionada com a sensação de um vinho com características mais herbáceas (Vegetal) em 2014, face a 2015. Esta é uma situação razoável, pois em 2014 as plantas sofreram de um stress hídrico menos elevado no final da maturação (Figuras 18c, 18d, 18e, 19c, 19d, 19e) apresentando uma  $g_s$  superior a  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , enquanto em 2015 foi inferior a esta.

Em conclusão, parece que as plantas se vão ajustando fisiologicamente à menor disponibilidade hídrica do solo, seja pela perda de folhas (Figura 22), seja por outros processos fisiológicos ( $g_s$ , Figura 18). Aparentemente, a qualidade da uva para vinho beneficia da adição de vários fatores: i)  $g_s$  inferior a  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na fase final da maturação e não antes; ii) SFE verde, na fase final da maturação, inferior (metade ou menos) à SFE verde máxima conseguida durante a campanha; e iii) temperaturas médias máximas inferiores a 35°C.

A Tabela 16 resume as possíveis situações em termos da influência que as condições climáticas e o volume vegetativo têm sobre a gestão da regulação estomática ( $g_s$  e CV da  $g_s$ ) e sobre a qualidade potencial dos vinhos, observados entre 2013 e 2015.

**Tabela 16** – Representação da influência do nível de vegetação e das condições meteorológicas sobre a  $g_s$  e a qualidade potencial dos vinhos.

Situação	Vegetação	Precipitação Jan. a Mai.	Temperatura	$g_s$	CV da $g_s$	Qualidade potencial vinhos	Exemplo
1	+	+	+	-	+	+	2013
2	+	+	-	-	-	-	2014
3	+	-	+	-	+	-	2015
4	+	-	-	+/-	+/-	+/-	x
5	-	+	+	+	-	-	2013
6	-	+	-	-	-	-	2014
7	-	-	+	+/-	+/-	+/-	x
8	-	-	-	+/-	+/-	+/-	x

x: situações possíveis, mas não verificadas durante o trabalho experimental.

Como resultado desta análise (Tabela 16), conclui-se que se deve dar privilégio ao elevado volume vegetativo e ir controlando o stress hídrico através das regas, em conformidade com as características climáticas do ano, e num período mais próximo da colheita suprimir a rega para promover stress hídrico no final da maturação dos frutos (tendo em consideração a perda de folhas nesta casta), o que irá contribuir para a concentração de determinadas substâncias nas uvas, importantes para a qualidade sensorial dos vinhos.

Em contrapartida, quando a tensão climática é baixa há que equacionar a prática da rega, pois esta pode ser desnecessária e não se conseguir um stress hídrico à colheita capaz de beneficiar os atributos sensoriais dos vinhos.

#### **4.2.2. Casta Trincadeira**

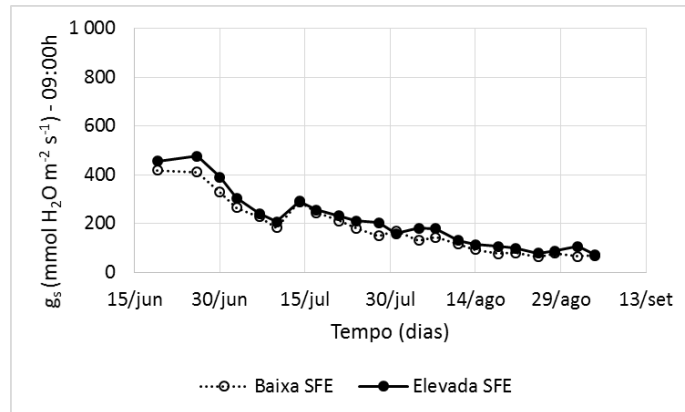
Relativamente à evolução da  $g_s$  na casta Trincadeira, pela observação da Figura 23, constata-se que no ano de 2014, o tratamento BSFE apresenta em média uma  $g_s$  ligeiramente inferior à do tratamento ESFE, sem que se verifiquem diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre ambos, nos dois horários.

Nota-se também que até cerca de 14/08/2014 as plantas fizeram subir a  $g_s$  das 09:00h para as 12:00h, denunciando desta forma algum conforto hídrico (aumento da temperatura e conseqüente aumento da  $g_s$ ). Apesar disso é perceptível que as regas (Tabela 5) tiveram um papel fundamental na manutenção da  $g_s$  em torno dos  $200 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , porque os gráficos das Figuras 23a e 23b mostram uma subida da  $g_s$  depois do dia 10 de Julho (primeira rega), bem evidente principalmente às 12:00h, e a partir desta data o abaixamento dos valores da  $g_s$  já não apresenta um declive tão acentuado como apresentavam antes do dia 10 de Julho.

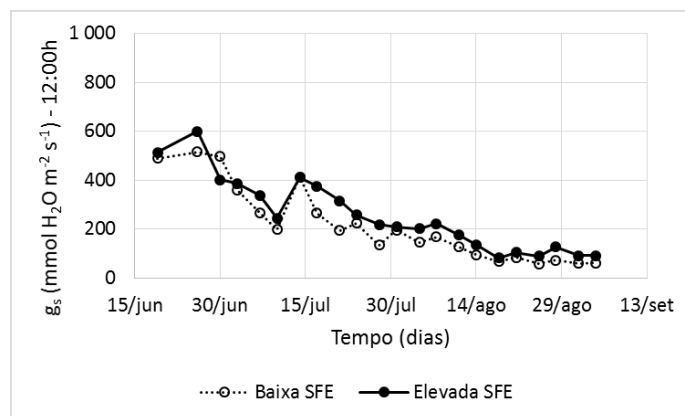
Em 2015 a  $g_s$  foi mais baixa do que em 2014 (ESFE, 12:00h), indicador da menor disponibilidade hídrica em 2015 face a 2014, fruto das condições meteorológicas (Figura 13). As duas primeiras regas conseguiram manter as plantas com uma  $g_s$  de



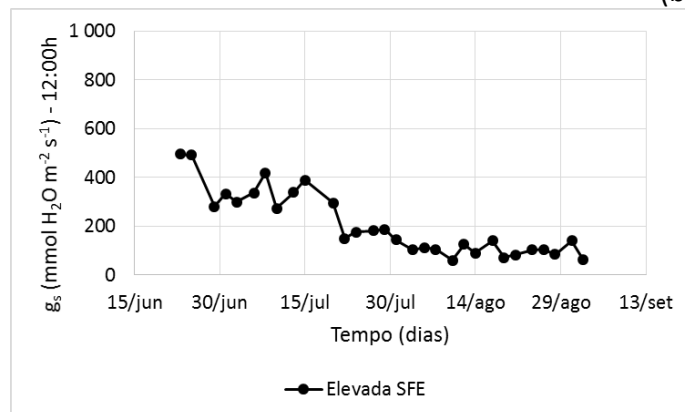
$\approx 300 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , mas a partir da 2ª metade de Julho, as regas deixaram de ser suficientes, e no início de Agosto a  $g_s$  já era de apenas  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .



(a)



(b)



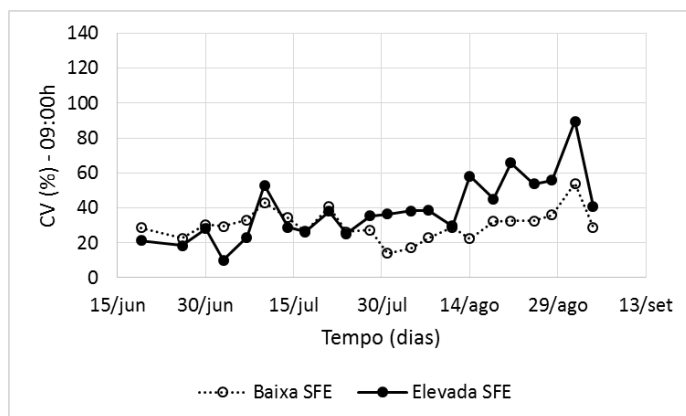
(c)

**Figura 23** – Resultados relativos à evolução da  $g_s$  ( $n = 10$ ) às 09:00h (a) e às 12:00h (b, c), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de: a/b) 2014; c) 2015.

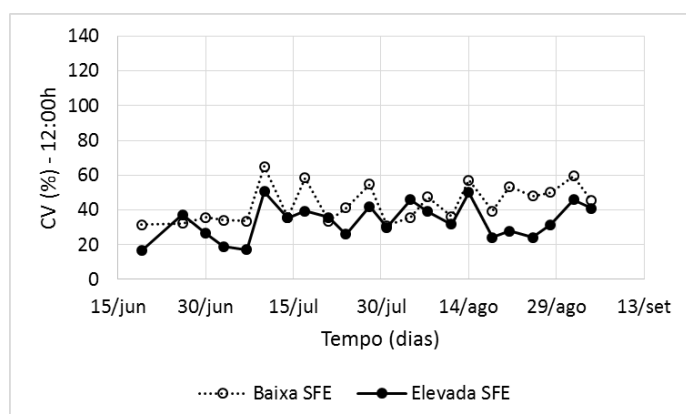
Considerando a Figura 24, que diz respeito ao CV da  $g_s$ , observa-se que em 2014 o CV da  $g_s$  do tratamento BSFE foi às 09:00h geralmente inferior e de menor amplitude, 20% a 40%, comparativamente aos 20% a 80% do tratamento ESFE. Às 12:00h esta situação inverte-se e desta vez é o tratamento ESFE (20% a 40%) que apresenta um CV da  $g_s$  ligeiramente inferior ao BSFE (40% a 60%).

No tratamento onde havia um maior número de folhas (ESFE) as plantas sentiram necessidade de fazer uma gestão mais rigorosa da água que tinham disponível, e apesar do aumento da  $g_s$  entre as 09:00h e as 12:00h, esse aumento foi de certo modo moderado e regular entre as plantas deste tratamento, a fim de evitar perdas de água excessivas. Já no tratamento BSFE, apesar de apresentarem uma  $g_s$  sempre inferior, também devido a terem menos folhas e, portanto, menor capacidade fotossintética por planta, o CV da  $g_s$  aumenta das 09:00h para as 12:00h, dando a ideia que a maior quantidade de água por unidade de folha fez com que algumas plantas elevassem mais a  $g_s$ , acompanhando o aumento da temperatura, o que promoveu o aumento do CV da  $g_s$ .

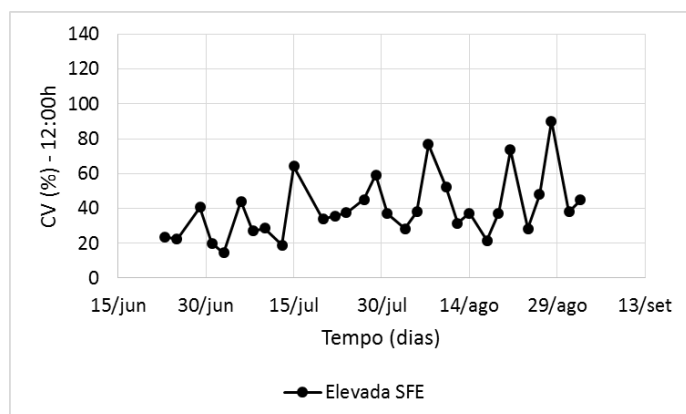
A menor disponibilidade hídrica e as temperaturas mais elevadas fizeram com que houvesse uma maior oscilação do CV da  $g_s$  em 2015, indicador de maior instabilidade fisiológica entre as plantas.



(a)



(b)



(c)

**Figura 24** – Resultados relativos à evolução do CV da  $g_s$  ( $n = 10$ ) às 09:00h (a) e às 12:00h (b, c), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face ao seu nível vegetativo, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de: a/b) 2014; c) 2015.

Não foi possível perceber em que medida o volume vegetativo (BSFE e ESFE) e o stress hídrico ( $g_s$ ) afetaram fisiologicamente a casta Trincadeira e conseqüentemente as

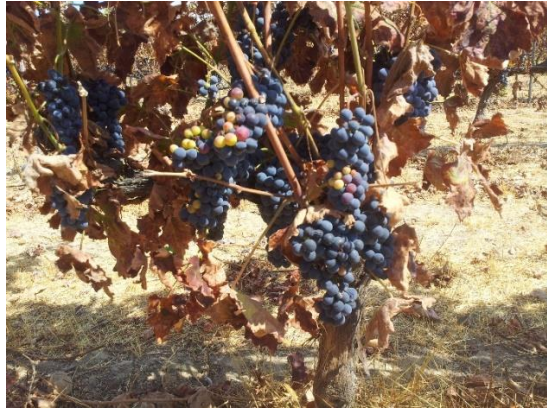
características das uvas, por não ter sido possível apresentar resultados para a qualidade sensorial dos vinhos.

#### **4.2.3. Considerações Finais**

Os resultados obtidos mostram diferentes estratégias no uso da água entre as castas estudadas. Verificou-se uma maior sensibilidade da casta Aragonês à variação das condições meteorológicas, quer pela precipitação quer pela temperatura (disponibilidade hídrica), comparativamente com a casta Trincadeira. Pois em 2014, com um ano mais húmido e fresco, a casta Aragonês revelou uma atividade fotossintética mais intensa, refletindo-se numa  $g_s$  mais elevada comparativamente à  $g_s$  do ano de 2015, que foi mais quente e seco, enquanto a casta Trincadeira nunca fez subir ou baixar a  $g_s$  tanto quanto a casta Aragonês, nas mesmas condições experimentais (Figuras 18 e 23).

Estes resultados estão de acordo com os descritos por Vaz *et al.* (2016) que referem a Trincadeira como a casta que melhor se adapta à escassez de água por ser mais eficiente no controlo estomático (tendência para um comportamento isohídrico), e portanto mais resistente ao stress hídrico severo, comparativamente com a casta Aragonês.

Pelas observações de campo verifica-se que quando a casta Aragonês passa por uma situação de stress hídrico elevado, sacrifica folhas, aparentemente para fazer diminuir desta forma elevadas perdas de água por transpiração (Figura 25a). Já a casta Trincadeira, não prescinde das folhas na mesma medida que a casta Aragonês, contudo, havendo necessidade, vai buscar água aos frutos promovendo a desidratação dos mesmos (Figura 25b).



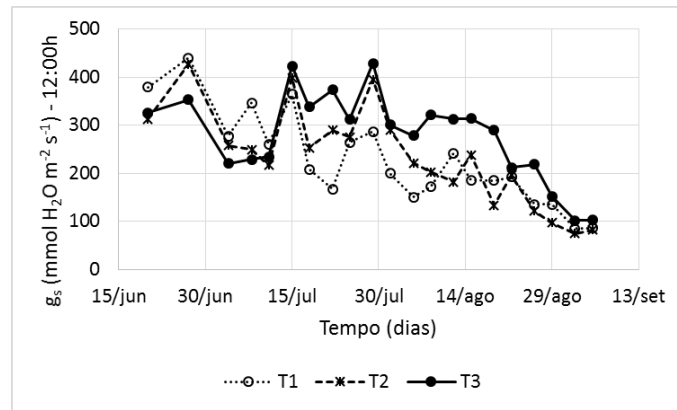
(a) (b)

**Figura 25** – Sintomas de stress hídrico nas castas Aragonês (a) e Trincadeira (b), em talhões contíguos (04/09/2015).

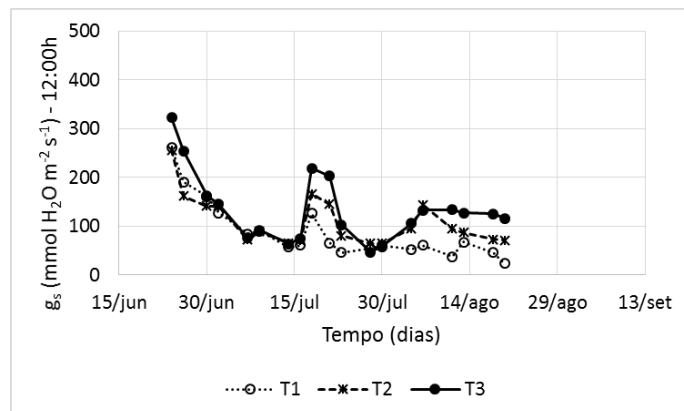
### 4.3. RESULTADOS COMPLEMENTARES

#### 4.3.1. Rega, Déficit Hídrico e Qualidade dos Vinhos

A Figura 26 apresenta a evolução da  $g_s$  de videiras da casta Trincadeira em três tratamentos que diferiam entre si pela quantidade de água que lhes era aplicada através das regas (Tabela 6), por forma a manter a  $g_s$  nos limites indicados para cada tratamento (T1:  $<100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; T2: 100 a 200  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; T3: 200 a 300  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). É possível observar que a  $g_s$  dos diferentes tratamentos foi superior e com uma maior variabilidade entre eles no ano de 2014 (Figura 26a), quando comparado a 2015 (Figura 26b). Seguramente, esta situação ficar-se-á a dever às características meteorológicas entre estes dois anos, sendo que em 2015 se registaram temperaturas superiores e menor disponibilidade hídrica, quando comparado com 2014 (Figura 13). Em suma, as características meteorológicas condicionaram o comportamento da  $g_s$  das plantas, uma vez que, em termos de quantidade de água aplicada (T2 e T3) temos valores semelhantes em 2014 (52,8 mm e 61,6 mm, respetivamente; Tabela 6) e 2015 (44,9 mm e 68,6 mm, respetivamente; Tabela 6).



(a)



(b)

**Figura 26** – Resultados relativos à evolução da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de: a) 2014; b) 2015.

Face à Figura 26b, é bem evidente, e de forma quase uniforme, o elevado nível de stress hídrico na primeira quinzena de Julho de 2015, nos três tratamentos considerados, pois devido a problemas técnicos não foi possível iniciar a rega antes. A partir do dia 15 de Julho, notou-se uma evolução diferenciada da  $g_s$  das plantas em função da quantidade de água admitida (Tabela 6), ou seja, devido ao elevado stress hídrico, as plantas tiveram uma resposta quase imediata, ajustando automaticamente a  $g_s$  à admissão de água. Face à impossibilidade de regar entre os dias 20 e 29 de Julho, devido novamente a problemas técnicos, as  $g_s$  foram novamente niveladas entre os três tratamentos, atingindo de novo valores inferiores a  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Apesar das dificuldades do ensaio, pelas questões técnicas já referidas, o mesmo veio demonstrar

que as plantas reagem rapidamente à admissão de água, revelando-se desta forma a rega como fundamental para modelar a  $g_s$  pretendida.

Já em 2014, com as condições climáticas mais favoráveis, qualquer quantidade de água administrada fez subir muito mais rapidamente a  $g_s$  das videiras, comparativamente a 2015. Por conseguinte, 17,6 mm de água administrada através das duas primeiras regas em 2014 (9 e 11 Jul.), fizeram subir a  $g_s$  das plantas em quase 200 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, enquanto em 2015, 19,4 mm de água administrada através das três primeiras regas (15, 16 e 17 Jul.), apenas fizeram subir a  $g_s$  em cerca de 120 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (T3). Portanto, parece que uma quantidade de água mais ou menos semelhante tem impactos distintos em anos diferentes, certamente devido às questões climáticas em curso.

Assim, em nosso entender, em anos com menos precipitação e/ou temperaturas mais elevadas, há que começar a regar mais cedo ou com dotações de rega superiores (relativamente à Tabela 6), para garantir que as plantas não entrem em stress hídrico severo muito antes da colheita, o que terá um impacto negativo no processo de amadurecimento e composição dos frutos (Orduña, 2010; Sadras e Moran, 2012; Bonada *et al.*, 2015).

Interessa no entanto ainda perceber e modelar, qual o perfil de resposta ideal para atingir o objetivo de promover um maior stress hídrico na fase final da maturação dos frutos (pouco antes da colheita) favorecendo desta forma a concentração de compostos nas uvas (Acevedo-Opazo *et al.*, 2010). Face ao que se pode observar na Tabela 17, em que se consideraram períodos de 10 ou mais dias com ausência total de água, percebe-se que o aumento da temperatura média máxima diária favorece a descida mais rápida da  $g_s$ , ou seja, com 33,8 °C de temperatura média máxima diária a  $g_s$  desce em média por dia 12,54 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e, com 36,3 °C de temperatura média máxima diária a  $g_s$  desce em média por dia 19,01 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Face ao exposto, para modelar o perfil de resposta do stress hídrico ideal na fase final da maturação, há que considerar este fenómeno nas decisões de rega ou não rega até à fase de colheita. É possível observar que com temperaturas médias máximas mais elevadas a descida da  $g_s$  é mais rápida do que com temperaturas médias máximas mais reduzidas, assim se a



expectativa das temperaturas máximas for de temperaturas elevadas há que regar até mais tarde, sendo o contrário também verdade.

Esta avaliação final também será com toda a certeza influenciada pelo volume de vegetação existente. Seguramente que com mais vegetação o efeito do aumento da temperatura sobre a descida da  $g_s$  será ainda mais potenciado.

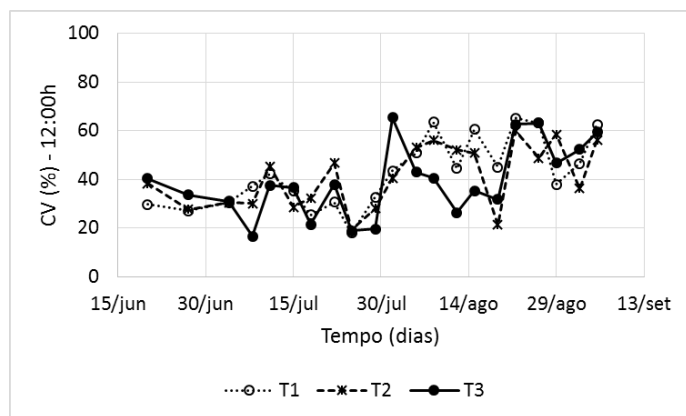
**Tabela 17** – Variação da  $g_s$  face a diferentes temperaturas médias máximas observadas.

$g_s$ inicial	Dias	T°C méd. máx.	$g_s$ final	$\Sigma$ T°C máx.	mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> /°C	mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> /dia
289,98	15	33,81	101,79	507,21	0,37	12,54
219,28	10	35,38	46,90	353,75	0,49	17,24
322,78	13	36,29	75,68	471,83	0,52	19,01

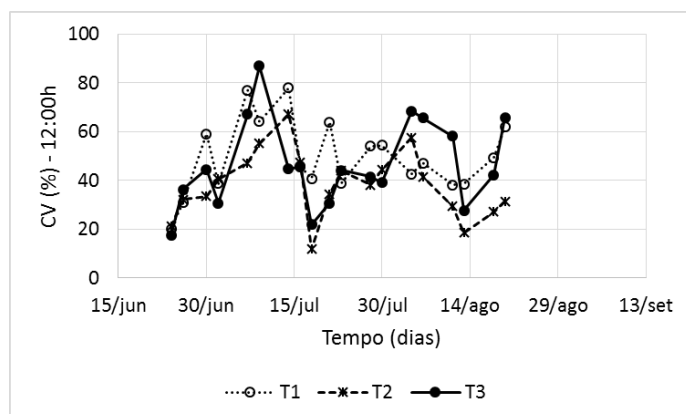
$g_s$  inicial:  $g_s$  registada imediatamente antes de um período de 10 ou mais dias com ausência total de água; Dias: número de dias com ausência total de água; T°C méd. máx.: temperaturas médias máximas diárias;  $g_s$  final:  $g_s$  registada após 10 ou mais dias com ausência total de água face às temperaturas máximas observadas;  $\Sigma$  T°C máx.: somatório das temperaturas máximas observadas; mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>/°C: descida da  $g_s$  face às temperaturas máximas observadas; mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>/dia: descida da  $g_s$  face às temperaturas médias máximas diárias.

Em termos estatísticos, no ano de 2014, depois de se ter iniciado a rega, só a partir de 18 de Julho é que se verificou que o tratamento que recebia mais água (T3) apresentava uma  $g_s$  significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) à dos restantes tratamentos deste ensaio. Tais resultados estão de acordo com as melhores condições hídricas nesse ano, face à precipitação que ocorreu em Junho e no início de Julho. Em 2015, depois de se ter iniciado a rega, não se registaram diferenças significativas entre os tratamentos, com exceção dos dias 21 e 23 de Julho, onde no primeiro todos os tratamentos diferiam entre si ( $T3 > T2 > T1$ ), e no dia 23 de Julho, T3 é significativamente superior a T1. Todavia, com os já referidos problemas técnicos, os três tratamentos voltaram a apresentar níveis de stress muito elevados, de forma muito igual, e portanto sem diferenças significativas, e só quando se começou novamente a regar é que T3 se voltou a distanciar significativamente dos restantes, nomeadamente a partir de 6 de Agosto até à colheita.

A exemplo do que já foi discutido anteriormente (4.2.1. e 4.2.2.), um maior conforto hídrico das plantas promove CV da  $g_s$  mais baixos (Figura 27).



(a)

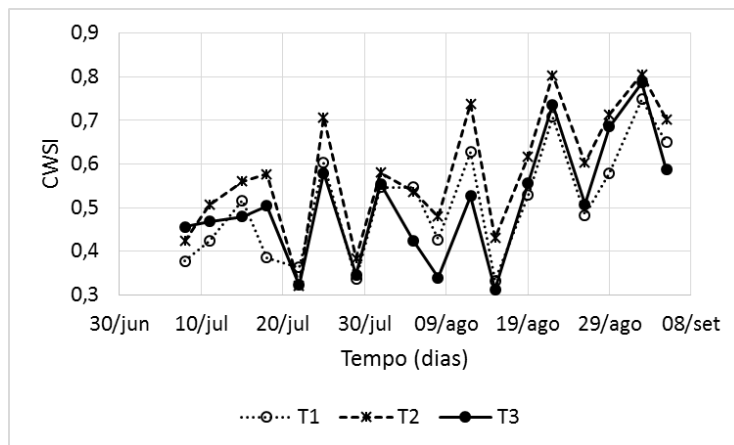


(b)

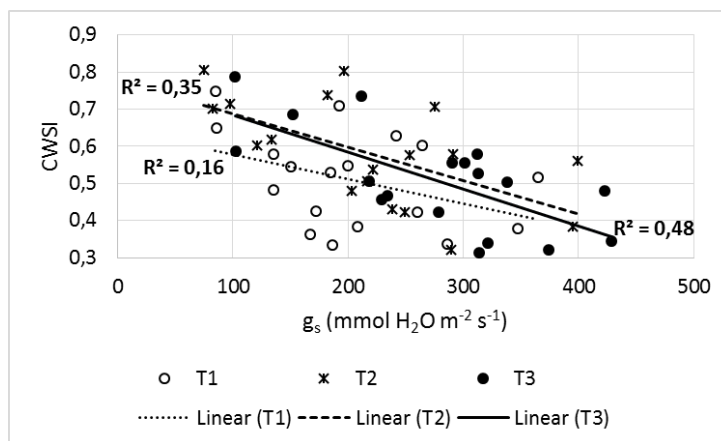
**Figura 27** – Resultados relativos à evolução do CV da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira, nos anos de: a) 2014; b) 2015.

A Figura 28 apresenta a evolução dos resultados do CWSI obtidos através da metodologia da termografia de infravermelhos. Constata-se que houve uma grande variação destes valores ao longo da campanha, mas que foi menos acentuada entre os tratamentos. Entre 18 de Julho e 1 de Agosto o CWSI diminui de cada vez que se regava (Tabela 6) e volta a aumentar logo a seguir, contudo baixa novamente a 15 e 26 de Agosto e a 5 de Setembro sem que se tenha regado antes ou ocorrido precipitação. Além disso, T2 apresenta sempre um CWSI superior ao de T1, indicando que T2, que era regado, estaria sob um stress hídrico superior ao de T1, que nunca foi regado (para as mesmas condições experimentais). Assim ficou-se na dúvida se o CWSI estaria a indicar convenientemente o estado de hidratação das videiras deste ensaio.

Möller *et al.* (2007), Baluja *et al.* (2012), Costa *et al.* (2012) e Pou *et al.* (2014) constaram que existia uma forte correlação entre a  $g_s$  e o CWSI, e com base neste pressuposto decidiu-se testar a relação de correspondência entre estes dois fatores (ano de 2014). Contudo, ao estabelecer a análise de regressão entre o CWSI e a  $g_s$ , verificaram-se apenas correlações fracas a moderadas ( $0,16 \leq R^2 \leq 0,48$ ; Figura 29), em contraste com os resultados dos referidos autores.



**Figura 28** – Resultados relativos à determinação do CWSI ( $n = 10$ ) ao longo da campanha, no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira (2014).



**Figura 29** – Resultados relativos à análise de regressão estabelecida entre a  $g_s$  ( $n = 10$ ) e o CWSI ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira (2014).

Este índice de stress hídrico (CWSI) tem sido utilizado com sucesso na determinação do estado de hidratação das plantas (Möller *et al.*, 2007; Baluja *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2012; Pou *et al.*, 2014), mas considerando os resultados observados (Figuras 28 e 29), revelou-se pouco adequado (pelo menos como meio para caracterizar a transpiração das videiras nestas condições experimentais). Repare-se, por exemplo, que: i) no dia 22 de Julho o CWSI é muito baixo em todos os tratamentos (Figura 28), mas só no T3 é que a  $g_s$  é relativamente elevada (Figura 26a); e ii) nos dias 12, 15 e 19 de Agosto registou-se uma variabilidade bem marcada do CWSI, em todos os tratamentos (Figura 28), contudo a  $g_s$  manteve-se mais ou menos constante nestes dias, não variando numa proporção semelhante à do CWSI (Figura 26a). Portanto, nem sempre um CWSI mais elevado, que à partida denunciaria um maior stress hídrico, se refletiu numa  $g_s$  mais baixa, e vice-versa. Todavia o ano de 2014, onde este ensaio foi efetuado, apresentou tensões hídricas inferiores ao ano de 2015, onde infelizmente não foi possível repetir a experiência, sendo necessário por isso testar esta técnica em anos mais secos e quentes como o de 2015.

Algo que foi, no entanto, ensaiado por Costa *et al.* (2016b), que verificaram correlações mais fortes e significativas entre a temperatura da copa e, a  $g_s$  ou o  $\Psi_w$  de base, em anos de maior stress. Ou seja, estes autores constataram que houve variabilidade inter-anual nas correlações obtidas, o que foi motivado pela variabilidade das condições climáticas. Concretamente, estes autores observaram que, o ano de 2013 provocou um maior stress hídrico nas videiras que o ano de 2014, e gerou correlações mais fortes e significativas que as observadas em 2014.

Dadas as diferentes tensões climáticas em que ocorreram as maturações das uvas em 2014 e 2015, esperar-se-ia que os vinhos obtidos apresentassem características distintas, mas sobre este aspeto não se verificaram diferenças estatisticamente significativas para cada um dos parâmetros sensoriais avaliados, a partir dos vinhos de cada um dos tratamentos considerados (Tabela 18), quer entre anos (2014 e 2015), quer entre tratamentos (T1, T2, T3).

**Tabela 18** – Resultados estatísticos da avaliação sensorial (n = 6) dos vinhos, do ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira.

	2014			2015		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
<b>Cor</b>	15,2 <sup>a</sup> ± 1,1	13,6 <sup>a</sup> ± 1,7	14,4 <sup>a</sup> ± 1,1	14,3 <sup>a</sup> ± 1,4	14,3 <sup>a</sup> ± 1,8	14,0 <sup>a</sup> ± 1,7
<b>Intensidade aroma</b>	14,4 <sup>a</sup> ± 2,9	14,2 <sup>a</sup> ± 2,3	14,4 <sup>a</sup> ± 0,9	13,5 <sup>a</sup> ± 2,3	14,3 <sup>a</sup> ± 1,4	13,3 <sup>a</sup> ± 1,5
<b>Qualidade aroma</b>	13,0 <sup>a</sup> ± 3,2	13,6 <sup>a</sup> ± 1,9	14,2 <sup>a</sup> ± 0,8	13,0 <sup>a</sup> ± 1,7	14,5 <sup>a</sup> ± 1,0	13,8 <sup>a</sup> ± 1,5
<b>Frutado</b>	13,0 <sup>a</sup> ± 3,1	13,2 <sup>a</sup> ± 2,6	14,0 <sup>a</sup> ± 1,4	13,0 <sup>a</sup> ± 2,2	15,0 <sup>a</sup> ± 1,1	13,3 <sup>a</sup> ± 0,8
<b>Maduro</b>	15,4 <sup>a</sup> ± 2,1	14,6 <sup>a</sup> ± 2,1	14,4 <sup>a</sup> ± 1,8	13,0 <sup>a</sup> ± 2,4	13,2 <sup>a</sup> ± 2,8	12,7 <sup>a</sup> ± 3,6
<b>Fresco</b>	12,6 <sup>a</sup> ± 2,8	12,8 <sup>a</sup> ± 2,3	12,4 <sup>a</sup> ± 1,8	12,5 <sup>a</sup> ± 1,0	13,5 <sup>a</sup> ± 1,0	12,8 <sup>a</sup> ± 1,2
<b>Vegetal</b>	15,4 <sup>a</sup> ± 1,8	15,3 <sup>a</sup> ± 2,5	15,0 <sup>a</sup> ± 2,4	13,3 <sup>a</sup> ± 1,8	14,2 <sup>a</sup> ± 1,5	13,7 <sup>a</sup> ± 1,2
<b>Complexo</b>	12,4 <sup>a</sup> ± 4,6	13,0 <sup>a</sup> ± 3,0	12,2 <sup>a</sup> ± 4,3	12,0 <sup>a</sup> ± 2,3	13,7 <sup>a</sup> ± 2,1	12,5 <sup>a</sup> ± 2,0
<b>Intensidade sabor</b>	14,2 <sup>a</sup> ± 1,9	15,4 <sup>a</sup> ± 1,7	15,2 <sup>a</sup> ± 1,1	13,5 <sup>a</sup> ± 1,4	14,7 <sup>a</sup> ± 1,4	13,8 <sup>a</sup> ± 1,0
<b>Qualidade sabor</b>	14,0 <sup>a</sup> ± 2,7	14,6 <sup>a</sup> ± 2,2	14,8 <sup>a</sup> ± 1,3	13,3 <sup>a</sup> ± 2,1	14,5 <sup>a</sup> ± 1,6	13,3 <sup>a</sup> ± 1,8
<b>Acidez</b>	11,8 <sup>a</sup> ± 4,6	11,6 <sup>a</sup> ± 3,9	11,6 <sup>a</sup> ± 4,5	12,7 <sup>a</sup> ± 1,6	12,5 <sup>a</sup> ± 2,0	12,2 <sup>a</sup> ± 1,3
<b>Volume/ Concentração</b>	13,0 <sup>a</sup> ± 3,0	13,4 <sup>a</sup> ± 2,9	14,2 <sup>a</sup> ± 1,8	12,7 <sup>a</sup> ± 1,9	14,5 <sup>a</sup> ± 2,0	13,0 <sup>a</sup> ± 1,9
<b>Suavidade</b>	14,0 <sup>a</sup> ± 2,4	13,8 <sup>a</sup> ± 3,5	13,8 <sup>a</sup> ± 2,6	13,5 <sup>a</sup> ± 3,1	15,0 <sup>a</sup> ± 1,1	13,8 <sup>a</sup> ± 1,6
<b>Extração/ Amargor</b>	12,4 <sup>a</sup> ± 3,3	12,2 <sup>a</sup> ± 3,2	12,2 <sup>a</sup> ± 3,0	11,0 <sup>a</sup> ± 3,3	9,8 <sup>a</sup> ± 2,7	11,8 <sup>a</sup> ± 2,9
<b>Estrutura</b>	12,8 <sup>a</sup> ± 2,8	13,8 <sup>a</sup> ± 2,5	13,6 <sup>a</sup> ± 1,5	12,2 <sup>a</sup> ± 1,9	14,2 <sup>a</sup> ± 1,2	13,3 <sup>a</sup> ± 1,9
<b>Final boca</b>	13,8 <sup>a</sup> ± 3,0	14,6 <sup>a</sup> ± 2,4	14,4 <sup>a</sup> ± 1,1	12,8 <sup>a</sup> ± 2,2	14,5 <sup>a</sup> ± 1,6	13,0 <sup>a</sup> ± 1,8

As médias com a mesma letra não são significativamente diferentes (p >0,05).

Ficou-se então na dúvida se a não existência de diferenças significativas a nível da análise sensorial aos vinhos, ocorreu por falta de stress hídrico em 2014 ou por excesso de stress hídrico em 2015. Com esta dúvida em mente, decidiu-se olhar para os resultados das análises realizadas a três parâmetros que caracterizam as uvas, à colheita, nomeadamente o teor em álcool provável, a concentração em antocianinas totais e o índice de polifenóis totais, tendo tais resultados revelado em 2014, diferenças significativas na qualidade dos frutos entre os tratamentos. Relativamente aos parâmetros anteriores, as uvas do T3 apresentaram valores significativamente mais elevados quando comparados às uvas do T1 e T2 (Tabela 19). Constatou-se contudo, que o teor em álcool provável nas uvas do T1 foi significativamente menor do que nas uvas do T2, que por sua vez foi significativamente menor do que nas uvas de T3 ( $T1 < T2 < T3$ ). Resultados estes, que estão de acordo com Van Leeuwen *et al.* (2008), ao constatar que em condições de stress hídrico mais elevado, o teor de açúcares nas uvas foi baixo devido a limitações na fotossíntese. Estes mesmos autores referem ainda que o teor de antocianinas aumentou quando as videiras (Merlot) estiveram sujeitas a défice hídrico, mesmo quando o défice hídrico foi severo. Contudo os resultados obtidos no ensaio realizado na FEA, contradizem os destes autores, pois a concentração em antocianinas totais e o índice de polifenóis totais foi significativamente superior nas uvas provenientes do T3, relativamente aos restantes (T1 e T2) (Tabela 19).

Em 2015, para além de não se registarem diferenças estatisticamente significativas nas características das uvas à colheita entre cada tratamento, os constrangimentos meteorológicos desse ano, determinaram que o teor em álcool provável e a concentração em antocianinas totais fosse significativamente inferior à dos tratamentos homólogos no ano anterior (Tabela 19), seguramente porque a menor disponibilidade hídrica em associação com as elevadas temperaturas tiveram impacto sobre o metabolismo das videiras, inibindo a síntese e a acumulação de metabolitos, o que afetou a composição das uvas (Orduña, 2010; Sadras e Moran, 2012; Bonada *et al.*, 2015).

Os resultados sugerem então que em 2014, pela atividade fotossintética estar à partida menos limitada (condições de humidade e temperatura), as uvas provenientes



de T3 apresentaram um valor para o teor em álcool provável superior, uma maior concentração em antocianinas totais e um índice de polifenóis totais mais elevado, e portanto, aparentemente a quantidade de água de que o T3 beneficiou não foi suficiente para diluir os açúcares nem para diminuir o rácio película/polpa.

**Tabela 19** – Resultados estatísticos da análise a parâmetros característicos das uvas (n = 6\*100 bagos), à colheita, do ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a diferentes dotações de rega, em plantas da casta Trincadeira.

	2014			2015		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
<b>Teor em Álcool Provável (%)</b>	14,7 <sup>c</sup> ± 0,2	15,0 <sup>b</sup> ± 0,1	15,3 <sup>a</sup> ± 0,2	13,7 <sup>d</sup> ± 0,5	13,7 <sup>d</sup> ± 0,4	13,4 <sup>d</sup> ± 0,4
<b>Antocianinas totais (mg/L)</b>	178,8 <sup>b</sup> ± 7,7	177,0 <sup>b</sup> ± 1,9	209,1 <sup>a</sup> ± 6,1	93,4 <sup>c</sup> ± 12,7	88,8 <sup>c</sup> ± 1,1	88,9 <sup>c</sup> ± 10,6
<b>Índice de Polifenóis totais</b>	9,4 <sup>b</sup> ± 0,9	9,1 <sup>b</sup> ± 0,2	10,4 <sup>a</sup> ± 0,1	--	--	--

As médias com a mesma letra não são significativamente diferentes (p >0,05).

#### 4.3.1.1. Considerações Finais

Neste ensaio, destaca-se o facto das características medidas na uva à colheita apresentarem diferenças significativas, nomeadamente o teor em álcool provável, concentração de antocianinas totais e o índice de polifenóis totais (Tabela 19), todavia, tais diferenças não se refletiram nas características sensoriais do produto final (Tabela 18), quer em 2014, quer em 2015. Como tal, os estudos em vitivinicultura não devem terminar na qualidade da fruta, (como por exemplo os trabalhos de Acevedo-Opazo *et al.*, 2010 e de Santesteban *et al.*, 2011), sob o risco de não se conseguir melhorar as características do produto final. Assim, fica evidente que não basta produzir uvas de melhor qualidade, pois, apesar da qualidade ser estatisticamente superior, a mesma pode não ser reconhecida nas características finais do produto, não originando dessa forma, vinhos sensorialmente mais ricos.

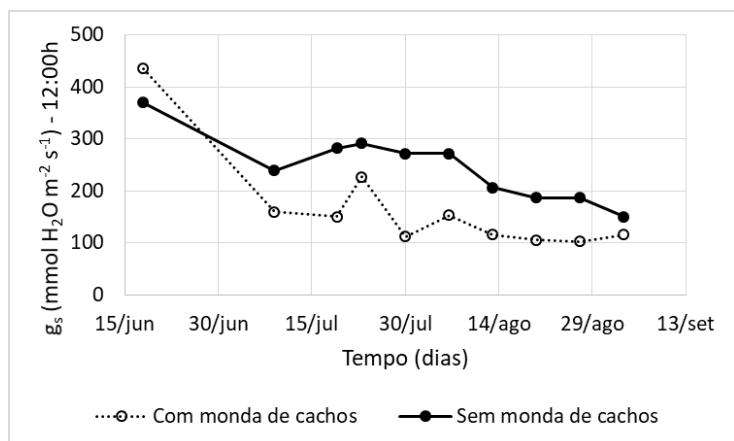
### **4.3.2. Carga por Planta, Déficit Hídrico e Qualidade dos Vinhos**

#### **4.3.2.1. Casta Aragonês**

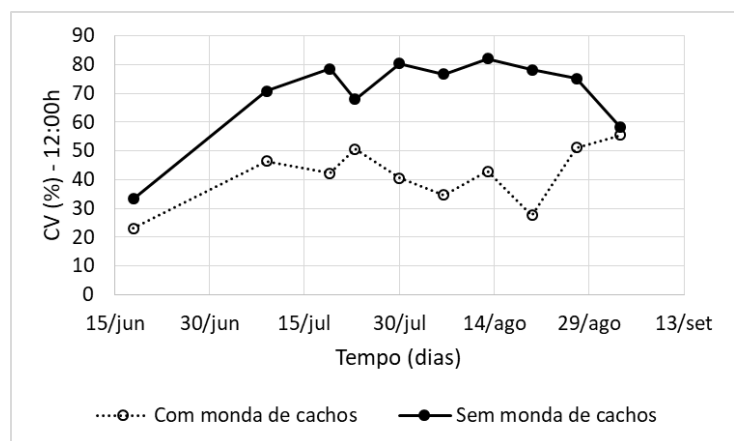
Quis-se analisar se a quantidade de frutos por videira teria impacto sobre o stress hídrico da planta, e se teria impacto sobre a qualidade sensorial dos vinhos. Como tal, estabeleceu-se um ensaio com dois tratamentos: i) monda de cachos, a fim de reduzir a carga para metade; e ii) sem monda de cachos, deixando a videiras com a carga total desse ano (3.2.2.2).

Em termos gerais, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) relativamente à  $g_s$  entre os tratamentos (mais e menos carga), mas quando excecionalmente isso acontece, são as plantas do tratamento com monda de cachos que apresentam uma  $g_s$  inferior. Aliás, as plantas do tratamento com monda de cachos apresentaram sempre uma  $g_s$  inferior quando comparadas às do tratamento sem monda de cachos (Figura 30), mas nem sempre essas diferenças foram significativas.

Posto isto, um maior número de cachos por planta parece propiciar  $g_s$  mais elevadas (Figura 30), talvez como resultado de um metabolismo superior para assegurar um maior rendimento, tendo a  $g_s$  sido consistentemente superior em cerca de  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , o que ocasionou um CV da  $g_s$  também superior em cerca de 40% (Figura 31), no tratamento com mais cachos, relativamente ao tratamento com menos cachos.



**Figura 30** – Resultados relativos à evolução da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas da casta Aragonês (2014).



**Figura 31** – Resultados relativos à evolução do CV da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas da casta Aragonês (2014).

Relativamente à qualidade sensorial dos vinhos, não se registaram diferenças significativas entre cada um dos tratamentos considerados neste ensaio (Tabela 20), ou seja, neste caso a quantidade de frutos por planta não depreciou a sua qualidade sensorial.

Posto isto, surgem duas questões: i) será que vale a pena proceder à monda de cachos e diminuir o rendimento vitivinícola? ou ii) a partir de que quantidade de frutos por planta se deve proceder a uma monda de cachos, sob o prejuízo da qualidade das uvas/vinhos ser baixo?

Segundo Van Leeuwen *et al.*, 2008, quando o stress ambiental é moderado, a elevada qualidade dos vinhos tintos pode ser combinada com rendimentos razoavelmente altos, mas quando o stress ambiental é severo, é necessário um baixo rendimento para obter uma qualidade mais elevada. Assim, como no ano de 2014 as características climáticas não foram muito severas (temperaturas mais baixas e precipitação), o rendimento não terá sido determinante. Contudo, necessitar-se-ia de um estudo mais aprofundado neste sentido para perceber em que medida é que a quantidade de frutos por planta pode influenciar a qualidade sensorial do produto final, e determinar os limites e as condições em que continua a ser possível um binómio produtividade/qualidade elevados (atendendo ao que concluíram Prajitna *et al.*, 2007; Marcon Filho *et al.*, 2015; Concurso *et al.*, 2016). Mas considerando os resultados obtidos, e pelo menos para estas condições experimentais, parece ser possível manter a produção total por videira sem diferenças significativas do ponto de vista organolético, em contraste com os resultados de Gil *et al.* (2013) e Gamero *et al.* (2014a, b).

**Tabela 20** – Resultados estatísticos da avaliação sensorial (n = 6) dos vinhos, do ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, na casta Aragonês (2014).

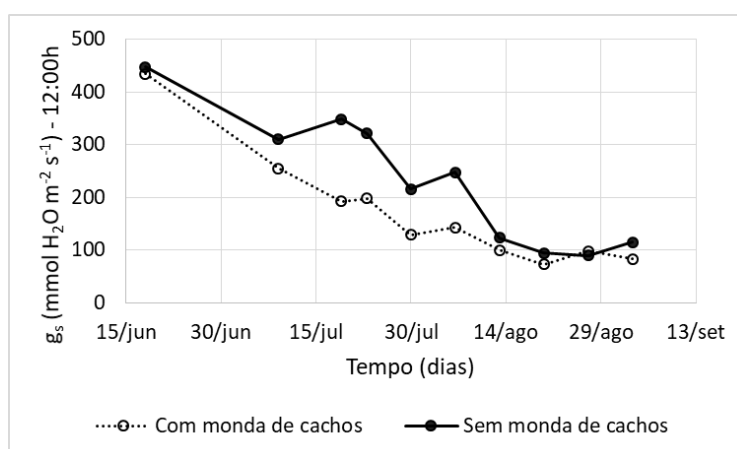
	<b>Com monda de cachos</b>	<b>Sem monda de cachos</b>
<b>Cor</b>	15,2 <sup>a</sup> ± 0,8	15,0 <sup>a</sup> ± 1,2
<b>Intensidade aroma</b>	15,6 <sup>a</sup> ± 1,8	14,6 <sup>a</sup> ± 1,7
<b>Qualidade aroma</b>	14,8 <sup>a</sup> ± 2,3	13,8 <sup>a</sup> ± 1,5
<b>Frutado</b>	15,4 <sup>a</sup> ± 1,7	14,2 <sup>a</sup> ± 1,6
<b>Maduro</b>	15,0 <sup>a</sup> ± 1,7	14,0 <sup>a</sup> ± 2,1
<b>Fresco</b>	14,4 <sup>a</sup> ± 2,5	13,0 <sup>a</sup> ± 2,7
<b>Vegetal</b>	15,4 <sup>a</sup> ± 2,3	15,8 <sup>a</sup> ± 1,3
<b>Complexo</b>	12,6 <sup>a</sup> ± 4,8	11,4 <sup>a</sup> ± 4,4
<b>Intensidade sabor</b>	15,8 <sup>a</sup> ± 1,6	15,6 <sup>a</sup> ± 1,8
<b>Qualidade sabor</b>	15,4 <sup>a</sup> ± 0,9	14,2 <sup>a</sup> ± 2,7
<b>Acidez</b>	12,8 <sup>a</sup> ± 4,7	12,4 <sup>a</sup> ± 4,4
<b>Volume/ Concentração</b>	14,8 <sup>a</sup> ± 1,9	14,2 <sup>a</sup> ± 2,6
<b>Suavidade</b>	13,0 <sup>a</sup> ± 4,5	12,6 <sup>a</sup> ± 4,4
<b>Extração/ Amargor</b>	12,0 <sup>a</sup> ± 3,1	13,8 <sup>a</sup> ± 2,8
<b>Estrutura</b>	15,0 <sup>a</sup> ± 1,9	14,4 <sup>a</sup> ± 1,9
<b>Final boca</b>	15,8 <sup>a</sup> ± 2,2	14,8 <sup>a</sup> ± 1,8

As médias com a mesma letra não são significativamente diferentes (p >0,05).

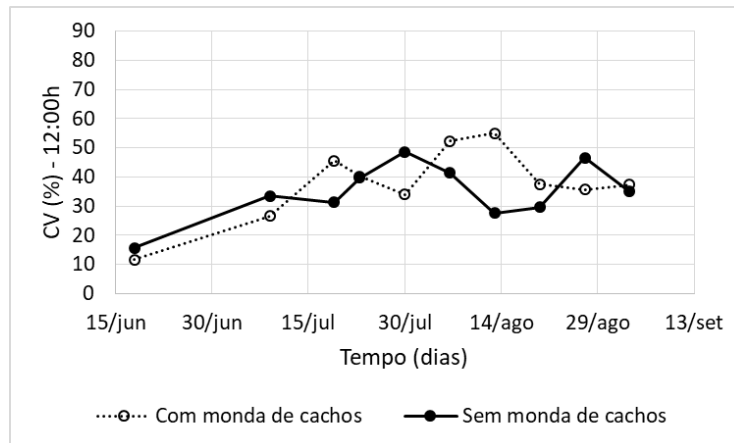
#### 4.3.2.2. Casta Trincadeira

Pela observação da Figura 32 constata-se que a  $g_s$  foi, em geral, inferior no tratamento com monda de cachos, mas nem sempre as diferenças foram estatisticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos valores da  $g_s$  no tratamento sem monda de cachos. Já o CV da  $g_s$ , a partir de 09 de Julho, em termos gráficos, apresenta-se quase simetricamente alternado entre os dois tratamentos, ou seja, quando o CV da  $g_s$  é maior no tratamento com monda de cachos, no tratamento sem monda de cachos o CV da  $g_s$  é quase simetricamente inferior (Figura 33).

Posto isto, apesar do efeito da quantidade de frutos por planta ter mantido a  $g_s$  no tratamento com mais cachos, superior em cerca de  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , relativamente ao tratamento com menos cachos, entre 15 de Julho e 06 de Agosto (Figura 30), neste ensaio com esta casta, a carga não foi determinante para, de alguma forma, distinguir o CV da  $g_s$  entre os tratamentos (Figura 33). Ou seja, quer as videiras tivessem mais ou menos frutos, condição passível de alterar o seu metabolismo, o número de plantas que apresentam uma  $g_s$  inferior ou superior em relação à média, foi pouco afetado, o que revela mais uma vez que, geneticamente, esta casta tem uma maior capacidade no controlo da atividade estomática, comparativamente ao Aragonês (Vaz *et al.*, 2016).



**Figura 32** – Resultados relativos à evolução da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas da casta Trincadeira (2014).



**Figura 33** – Resultados relativos à evolução do CV da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face a dois objetivos produtivos distintos, em plantas da casta Trincadeira (2014).

Para esta casta não foi possível apresentar resultados relativos à qualidade sensorial dos vinhos, para perceber se a quantidade de frutos por planta teve algum impacto sobre as características do produto final.

#### 4.3.2.3. Considerações Finais

O tratamento com menos cachos por planta revelou uma  $g_s$  geralmente inferior e por vezes de forma significativa, à do tratamento com mais cachos por planta, para ambas as castas, aparentemente porque um maior número de cachos promove um metabolismo mais elevado.

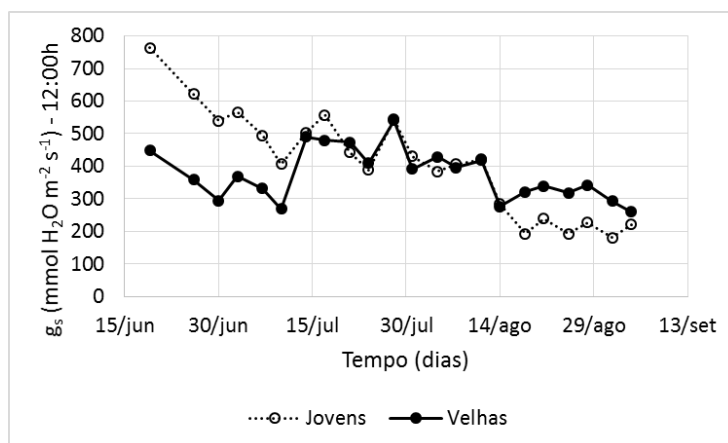
A monda de cachos, ainda que não tenha tido impacto na qualidade sensorial dos vinhos, é uma opção a ter em consideração nos anos mais secos para uma melhor adaptação das plantas ao stress hídrico, uma vez que a  $g_s$  foi sempre inferior nas videiras com menos frutos.

### 4.3.3. Idade e Défice Hídrico

#### 4.3.3.1. Casta Aragonês

Na avaliação do stress hídrico entre videiras jovens e videiras mais velhas, verificou-se que as plantas jovens apresentaram uma  $g_s$  significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) à das plantas mais velhas até dia 10 de Julho (inclusive), a partir desta data e até 14 de Agosto deixaram de existir diferenças estatisticamente significativas. Depois de 14 de Agosto são as plantas mais velhas que apresentam uma  $g_s$  significativamente superior.

A  $g_s$  mais elevada nas videiras jovens que se registou no início da campanha (Figura 34), deverá estar associada à necessidade que este grupo de plantas têm em aumentar o teor de matéria seca (lenha; relação C/N), e portanto crê-se que a  $g_s$  superior está associada a um metabolismo também superior, numa época do ano em que o solo ainda não estaria demasiadamente seco face à precipitação acumulada de Janeiro a Maio, à precipitação que caiu nesse ano (2014) em Junho e Julho, e também às temperaturas médias inferiores a 25°C até Julho.



**Figura 34** – Resultados relativos à evolução da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas da casta Aragonês (2014).

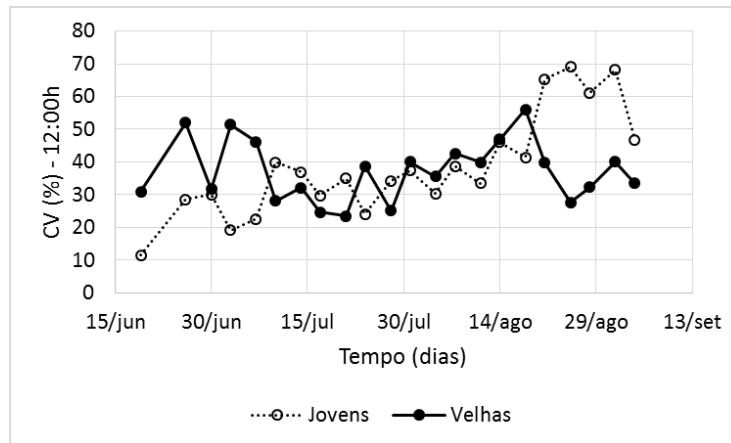


Apesar da quantidade de água aplicada através das regas às videiras mais velhas ter sido cerca do dobro da que foi aplicada às videiras jovens (Tabela 8) (recorde-se que, a não ser no ensaio mencionado no ponto 3.2.2.1, não se interferiu na gestão das regas realizadas pela empresa (FEA), apenas se registou a  $g_s$  destas plantas, contudo a decisão de regar era tomada de acordo com o acompanhamento da evolução do  $\Psi_w$  das videiras), pela observação da Figura 34 torna-se evidente que isso não proporcionou uma  $g_s$  mais elevada nas videiras mais velhas relativamente às videiras mais jovens. Aparentemente as videiras mais velhas têm um metabolismo mais lento, e portanto, uma resposta menos imediata à disponibilidade hídrica.

As regas permitiram então, somente nivelar a  $g_s$  entre os dois tratamentos, ao fazer-la subir de 300/400 para 400/500  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  nas videiras velhas e, mantendo-a em cerca de 400/500  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , impedindo a sua tendência de abaixamento brusco, nas videiras jovens (Figura 34).

A Figura 35 ajuda a explicar a ideia exposta anteriormente. No início da campanha, pela possibilidade da regulação estomática ser mais lenta, as videiras mais velhas revelaram um CV da  $g_s$  superior ao das jovens. No entanto, no final da campanha em que a escassez de água era maior, as plantas jovens apresentaram um CV da  $g_s$  mais elevado devido ao maior stress hídrico por ainda não possuírem um sistema radicular tão desenvolvido quanto o que as plantas mais velhas à partida terão.

Ao mesmo tempo o CV da  $g_s$  nas plantas mais velhas apenas oscilou entre os 20% e os 40%, enquanto nas plantas jovens oscilou entre os 20% e os 60%, tal como a amplitude dos valores da  $g_s$  também foi menor no tratamento que considerava as plantas mais velhas (entre 550 a 250  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) relativamente ao que considerava as plantas jovens (entre 800 a 200  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), evidenciando que as videiras jovens são mais sensíveis (resposta mais rápida) à disponibilidade hídrica do que as videiras mais velhas.



**Figura 35** – Resultados relativos à evolução do CV da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas da casta Aragonês (2014).

#### 4.3.3.2. Casta Trincadeira

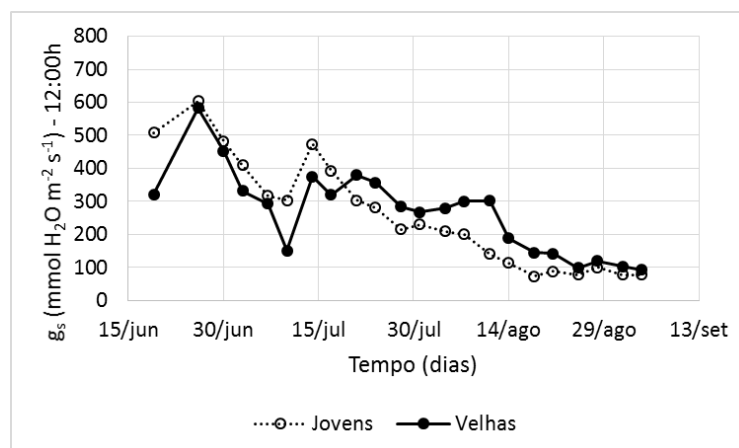
Na casta Trincadeira a gestão do stress hídrico não parece ser muito afetada pela idade das plantas, pois a  $g_s$  foi semelhante entre os dois tratamentos (videiras jovens e videiras mais velhas), apesar de ter sido admitida através da rega cerca do triplo da água às videiras mais velhas, comparativamente às mais jovens (Tabela 8).

Estatisticamente, a  $g_s$  foi semelhante entre os dois tratamentos (videiras jovens e videiras mais velhas), salvo poucas exceções, e só no período de 04 a 21 de Agosto se verificou que as plantas mais velhas apresentaram, de forma contínua, uma  $g_s$  significativamente superior à das jovens ( $p \leq 0,05$ ).

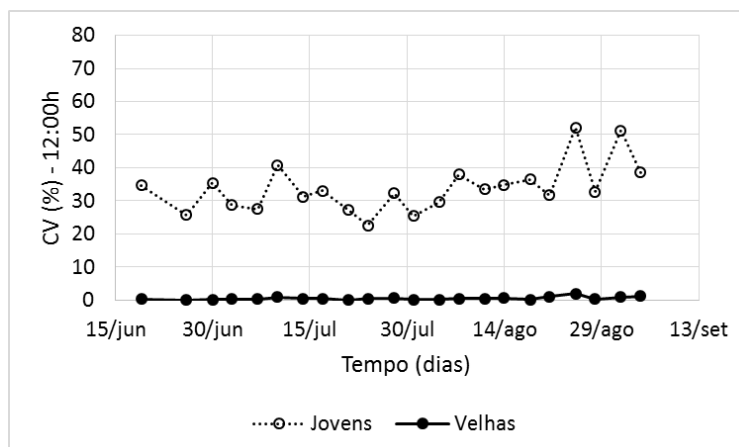
Portanto, tal como acontece com a casta Aragonês, embora com muito menos expressividade, no início da campanha quando os constrangimentos climáticos são menores (mais humidade e menos temperatura), as plantas jovens revelam uma atividade fotossintética um pouco superior, crê-se que no sentido de aumentar a relação C/N, traduzida numa  $g_s$  mais elevada (Figura 36) e, quando começa a haver um agravamento das condições climáticas (temperaturas mais elevadas e menor disponibilidade hídrica), as plantas mais velhas por terem à partida um sistema radicular mais desenvolvido e um metabolismo mais lento, revelam uma maior capacidade de

resiliência a estas condições, e a sua  $g_s$  diminui um pouco menos que nas plantas jovens (Figura 36). Algo que é confirmado através do CV da  $g_s$  (Figura 37), face ao que já foi discutido anteriormente.

Todavia, é evidente a diferença entre o CV da  $g_s$  das plantas mais velhas quando comparado com o das plantas mais jovens. As plantas mais velhas desta casta apresentaram um CV da  $g_s$  muitíssimo baixo (0% a 2%) e uniforme ao longo da campanha, revelando que o comportamento fisiológico entre as plantas desta casta, face à disponibilidade hídrica, é altamente condicionado pela diferença de idade. De salientar ainda, que as plantas mais jovens apresentaram um CV da  $g_s$  mais elevado que o das plantas mais velhas, mas o mesmo também é relativamente uniforme no tempo ( $\approx 30\%$  a  $40\%$ ), o que significa que, em geral, na casta Trincadeira há uma regulação da atividade estomática semelhante entre as plantas dentro de cada tratamento.



**Figura 36** – Resultados relativos à evolução da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas da casta Trincadeira (2014).



**Figura 37** – Resultados relativos à evolução do CV da  $g_s$  ( $n = 10$ ), no ensaio para o estudo do stress hídrico das videiras face à idade, em plantas da casta Trincadeira (2014).

#### 4.3.3.3. Considerações Finais

Quer relativamente à casta Aragonês, quer em relação à casta Trincadeira, as plantas mais jovens apresentaram uma  $g_s$  superior à das plantas mais velhas no início da campanha. Já mais próximo da colheita, foram as plantas mais velhas que revelaram uma  $g_s$  superior, significativa na casta Aragonês e não significativa na casta Trincadeira. Contudo, a diferença entre a  $g_s$  dos dois tratamentos (jovens e velhas) não foi tão acentuada para a casta Trincadeira como foi para a casta Aragonês, seguramente devido às características genóticas que as distinguem no que diz respeito à regulação estomática face à disponibilidade hídrica (Chaves *et al.* 2010; Vaz *et al.*, 2016).

Por impossibilidade de apresentar resultados alusivos à qualidade sensorial dos vinhos, não se pode inferir acerca do impacto da idade das videiras sobre os atributos de qualidade sensorial dos mesmos. No entanto, do ponto de vista da resiliência/capacidade de adaptação a condições de maior escassez de água, as plantas mais velhas parecem ter vantagem relativamente às mais jovens, e sobre este aspeto existe um padrão distinto entre castas. Sendo que as plantas mais jovens terão que se ajustar às limitações hídricas a partir da rega.

## V. CONCLUSÕES

Nas regiões influenciadas pelo clima Mediterrânico determinadas fases críticas do ciclo produtivo (período pós-floração) das videiras coincidem com o período de seca sazonal, e dado que os modelos climáticos globais apontam para que o clima se torne cada vez mais quente e seco, importa pois perceber, que atitudes do ponto de vista da gestão vitícola poderão ser consideradas como forma de mitigar o impacto que as alterações climáticas terão sobre a atividade vitivinícola alentejana (bem como de outras regiões).

Nesta Tese demonstrou-se, a partir de índices multiespectrais, que em climas Mediterrânicos as características meteorológicas do ano têm impacto sobre o comportamento vegetativo das plantas, e por isso importa perceber tal influência para definir estratégias de gestão da vinha face aos resultados que se pretendem obter. Demonstrou-se também, que a quantidade de precipitação que ocorre entre os meses de Janeiro e Maio no Alentejo tem um papel decisivo sobre o crescimento vegetativo das videiras, todavia, o efeito das particularidades dos anos em termos de precipitação não se manifestou de igual modo em todos os talhões, informação essa relevante para gerir a rega de cada talhão. Verificou-se ainda, que o perfil térmico da campanha condiciona os resultados enológicos, que podem ser potenciados ou minorados de acordo com as opções técnicas de gestão do nível de vegetação e do stress hídrico das plantas.

Este trabalho mostrou que a modelação do volume vegetativo das plantas pode ter um papel decisivo na gestão da água do solo e do respetivo stress hídrico. Um volume de vegetação baixo apresenta diferenças significativas na condutância estomática quando comparado com um volume de vegetação elevado, contudo, a partir de determinado nível de água no solo, o efeito positivo de ter menos vegetação é cancelado, ou seja, a partir de certo nível de água no solo as plantas com diferentes níveis de vegetação não apresentam diferenças significativas ao nível da condutância estomática. Em suma, e na sequência do anterior, existindo necessidade de promover maior condutância estomática nas plantas, em períodos de maior disponibilidade hídrica no solo, deve fomentar-se um volume de vegetação elevado para esgotar mais

rapidamente a água no solo, no entanto, com baixo teor de água no solo o efeito de ter mais vegetação parece não influir na condutância estomática uma vez que as plantas a partir de determinado nível de teor de água no solo se defendem para a perda da mesma, encerrando os estomas, e em casos extremos prescindindo de folhas e sacrificando frutos. Como tal, num ano que se perspetive relativamente mais quente e seco, a redução da vegetação logo no início da campanha irá aliviar o stress hídrico das videiras pela redução da superfície de transpiração e, pela redução das necessidades hídricas de cada planta por ter uma menor quantidade de órgãos fotossinteticamente ativos.

Os estudos desenvolvidos, revelaram então, que a modelação do volume vegetativo pode ser uma ferramenta muito importante para enfrentar a problemática da disponibilidade e do uso da água, bem como a sua importância na gestão dos atributos sensoriais dos vinhos.

Constatou-se ainda que a casta Trincadeira é menos sensível ao stress hídrico e aos constrangimentos meteorológicos, e como tal será mais eficiente no controlo da atividade estomática, relativamente à casta Aragonês. Observou-se também que o metabolismo das videiras da casta Aragonês, quando comparado com a casta Trincadeira, foi sempre mais afetado nos diferentes fatores estudados (nível vegetativo, carga por planta e idade), pois estas plantas apresentaram uma maior amplitude para os valores de condutância estomática e respetivos coeficientes de variação comparativamente com a casta Trincadeira, para as mesmas condições experimentais.

Verificou-se também que a redução da carga total de cada videira para metade, não influenciou a qualidade do produto final, pelo menos no que diz respeito aos vinhos provenientes da casta Aragonês, portanto parece ser possível, para as condições e limites produtivos estudados, ter qualidade e quantidade em simultâneo. Curiosamente, as videiras com uma carga superior apresentaram sistematicamente uma condutância estomática mais elevada, pelo que a gestão da carga de frutos também poderá ser uma ferramenta a utilizar na adaptação das videiras ao stress hídrico e em situações de alterações climáticas extremas.

Foi também possível observar que a condutância estomática nas plantas mais jovens foi superior à das plantas mais velhas, presumivelmente pela necessidade de aumentar a relação C/N das mais jovens, contudo, a partir de determinado nível de stress hídrico, esta tendência inverte-se, em princípio porque as plantas mais velhas têm um sistema radicular mais desenvolvido e um metabolismo mais lento, sendo este comportamento mais evidente na casta Aragonês quando comparado com a casta Trincadeira. Portanto, aparentemente as plantas mais velhas resistem melhor à escassez de água.

Esta Tese quanto a nós é inovadora, por se ter arriscado ligar a viticultura e a enologia, nomeadamente as características sensoriais dos vinhos, com todos os riscos que daí poderiam surgir, pois no início da mesma existia um sentimento de que nem sempre o que se faz no campo se traduz no produto final, por isso, a motivação em estudar tal ligação. Relativamente a esta questão verificou-se que os vinhos melhor pontuados tiveram origem em videiras com elevado volume vegetativo, sujeitas a um stress hídrico moderado durante a campanha e a um stress hídrico mais elevado na parte final da maturação, próximo da colheita. Notou-se ainda, que para imprimir esse stress hídrico no final da campanha é fundamental existir um nível de vegetação elevado na planta, caso contrário, a planta com um nível de vegetação baixo, não atinge os patamares de stress necessários para aumentar a qualidade da fruta (face às características meteorológicas de 2013). A acrescentar dificuldade a este processo tem-se ainda as temperaturas mais amenas de Setembro que normalmente já se fazem sentir perto da colheita e que dificultam ainda mais atingir a meta do tal stress hídrico final que se sabe ser fundamental para imprimir melhores atributos sensoriais nos vinhos.

Face aos resultados desta Tese e para otimizar o binómio colheitas consistentes e vinhos “sensorialmente mais ricos” é fundamental ser capaz de modelar o volume vegetativo inicial e o stress hídrico final das plantas e o último, aparentemente, não se consegue sem o primeiro. Para garantir um nível vegetativo inicial elevado nas plantas (garantir maior potencial produtivo e melhor gestão do stress hídrico final) tem que se garantir recursos hídricos disponíveis no solo no início da campanha e tal pode não acontecer em anos secos (reduzida precipitação de Janeiro a Maio). Aqui surge um de

dois cenários, ou se atua regando logo no início da Primavera, ou se deixa a natureza seguir o seu curso normal. O primeiro cenário, quanto a nós, é o mais favorável no que toca ao objetivo de conseguir colheitas consistentes e vinhos com melhores características sensoriais e à sustentabilidade da atividade vitivinícola Alentejana, contudo, obriga a uma disponibilidade hídrica que pode não existir. O segundo cenário é a nosso ver menos favorável, pois com maior instabilidade climática e sem água, será difícil ajustar o binómio produção/"qualidade" do vinho, podendo colocar em causa a sustentabilidade económica desta atividade.

Assim, de acordo com o que foi observado:

- i) **Sem limitações hídricas** e garantido o volume vegetativo inicial há que controlar o stress hídrico da planta durante a campanha não deixando que o mesmo desça muito abaixo dos  $200 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Já na fase final da maturação, mais próximo da colheita, a rega deverá ser suprimida para que a condutância estomática desça abaixo de  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , o que favorece a qualidade dos vinhos. O momento para terminar de regar irá depender das temperaturas e da estimativa das mesmas na fase final da maturação (conforme a Tabela 17). Se o ano for fresco há que terminar mais cedo, se o ano for quente ( $\geq 35^\circ\text{C}$ ) há que ponderar terminar um pouco mais tarde em função da evolução da condutância estomática do momento.
  
- ii) **Com limitações hídricas** e num cenário de temperaturas elevadas logo no início da campanha, o ideal seria cortar ao máximo a vegetação por forma a reduzir as perdas excessivas de água por transpiração e ir regando as videiras de modo a não deixar que a condutância estomática destas desça muito abaixo dos  $200 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , contudo, se a situação for extrema, tentar gerir a condutância estomática acima dos  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  é fundamental, pois de outra forma o impacto sobre a produção será elevado (Figura 25). Caso as temperaturas se mantenham elevadas (médias máximas próximo de  $35^\circ\text{C}$  ou superiores) e dificultem ainda mais o processo, poder-se-á ainda pensar numa monda



de cachos para ajudar as plantas a suportar as elevadas tensões climáticas sem comprometer toda a produção. Neste cenário, as condições de stress hídrico das plantas já serão naturalmente elevadas, contudo, se tal já não se verificar, na fase final da maturação o mesmo deverá ser sempre inferior aos  $100 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Seriam necessários mais anos para estudar consecutivamente o CV da  $g_s$  e melhorar o entendimento acerca da capacidade de regulação estomática de um conjunto de plantas (dentro da mesma casta), face às características meteorológicas anuais e tentar perceber se os padrões observados se mantêm em anos semelhantes. E tentar perceber também em que medida a amplitude dos valores de  $g_s$  em relação à média, tem impacto sobre as características do produto final.

Do mesmo modo seria interessante estudar se a redução da carga para metade seria capaz de promover diferenças nos atributos sensoriais dos vinhos destas castas em anos mais quentes e secos. E, verificando-se diferenças significativas, talvez estudar outros níveis de carga, de forma a definir uma quantidade ideal de cachos por planta.

Em suma, a tarefa de minimizar a influência da variabilidade das características meteorológicas inter-aneais sobre a fisiologia das videiras, implica maior capacidade técnica para modelar o vigor vegetativo e o stress hídrico ideais, ajustados às preferências consensuais dos consumidores (atributos sensoriais).

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Acevedo-Opazo, C., Tisseyre, B., Guillaume, S., Ojeda, H. (2008). The potential of high spatial resolution information to define within-vineyard zones related to vine water status. *Precision Agriculture*, 9 (5), 285 – 302.
- Acevedo-Opazo, C., Ortega-Farias, S., Fuentes, S. (2010). Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 97, 956 – 964.
- Acevedo-Opazo, C., Valdés-Gómez, H., Taylor, J.A., Avalo, A., Verdugo-Vásquez, N., Araya, M., Jara-Rojas, F., Tisseyre, B. (2013). Assessment of an empirical spatial prediction model of vine water status for irrigation management in a grapevine field. *Agricultural Water Management*, 124, 58 – 68.
- Afonso, J.M., Monteiro, A.M., Lopes, C.M., Lourenço, J. (2003). Cover cropping at “Vinhos Verdes” wine region. A three year study in variety “Alvarinho”. *Ciência Téc. Vitiv.*, 18 (2), 47 – 63.
- Améglio, T., Archer, P., Cohen, M., Valancogne, C., Daudet, F.-A., Dayaus, S., Cruiziat, P. (1999) Significance and limits in the use of predawn leaf water potential for tree irrigation. *Plant and Soil*, 207, 155 – 167.
- Amerine, M.A., Roessler, E.B., Filipello, F. (1959). Modern Sensory Methods of Evaluating Wine. *Hilgardia – A Journal of Agricultural Science Published by the California Agricultural Experiment Station*, 28 (18), 477 – 567.
- Antolín, M.C., Ayari, M., Sánchez-Díaz, M. (2006). Effects of partial rootzone drying on yield, ripening and berry ABA in potted Tempranillo grapevines with split roots. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12, 13 – 20.

- ATEVA – Associação Técnica dos Vitivinicultores do Alentejo (2014). Boletim Informativo Nº2.
- Bahar, E., Yasasin, A.S. (2010). The yield and Berry quality under different soil tillage and clusters thinning treatments in grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Cabernet-Sauvignon. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (21), 2986 – 2993.
- Baiano, A., De Gianni, A., Previtali, M.A., Del Nobile, M.A., Novello, V., Palma, L. (2015). Effects of defoliation on quality attributes of Nero di Troia (*Vitis vinifera* L.) *Food Research International*, 75, 260 – 269.
- Baluja, J., Diago, M.P., Balda, P., Zorer, R., Meggio, F., Morales, F., Tardaguila, J. (2012). Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using an unmanned aerial vehicle (UAV). *Irrig. Sci.*, 30, 511 – 522.
- Baptista, P. Enólogo da Fundação Eugénio de Almeida (FEA). (Comunicação pessoal, Outubro de 2013).
- Barroso, J.M., Pombeiro, L. (2013). Técnicas culturais importantes para orientar a produtividade e a qualidade da vitivinicultura no Alentejo. *Repositório Digital de Publicações Científicas da Universidade de Évora*. [Online] Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/9858> [Consultado em Julho de 2016].
- Begg, J.E., Turner, N.C. (1970) Water potential gradients in field tobacco. *Plant Physiol.*, 46, 343 – 346.
- Bellvert, J., Zarco-Tejada, P.J., Girona, J., Ferreres, E. (2014). Mapping crop water stress index in a “pinot-noir” vineyard: comparing ground measurements with thermal remote sensing imagery from an unmanned aerial vehicle. *Precision Agric*, 15, 361 – 376.

- Bergqvist, J., Dokoozlan, N., Ebisuda, N. (2001). Sunlight Exposure and Temperature Effects on Berry Growth and Composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.*, 52 (1), 1 – 7.
- Beslic, Z., Pantelic, M., Dabic, D., Todic, S., Natic, M., Tesic, Z. (2015). Effect of vineyard floor management on water regime, growth responses, yield and fruit quality in Cabernet Sauvignon. *Scientia Horticulturae*, 197, 650 – 656.
- Bledsoe A.M., Kliewer W.M., Marois J.J. (1988). Effects of timing and severity of leaf removal on yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 39, 49 – 54.
- Bonada, M., Jeffery, D.W., Petrie, P.R., Moran, M.A., Sadras, V.O. (2015). Impact of elevated temperature and deficit on the chemical and sensory profiles of Barossa Shiraz grapes and wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21, 240 – 253.
- Braga, L.M.C.S.C. (2009). *Aplicação prática da Norma NP EN ISO/IEC 17025: Apresentação de dois casos de estudo*. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar. Lisboa. 122 pp.
- Bramley, R.G.V., Ouzman, J., Thornton, C. (2011). Selective harvesting is a feasible and profitable strategy even when grape and wine productions is geared towards large fermentation volumes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17, 298 – 305.
- Brasil, R.R. (2014). *Métodos sensoriais de prova de vinhos brancos e tintos: Análise comparativa dos Métodos Emocional e OIV por análise de dados multivariada*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Gastronómicas. Instituto Superior de Agronomia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 83 pp.

- Broge, N. H., Leblanc, E. (2000). Comparing prediction power and stability of broadband and hyperspectral vegetation indices for estimation of green leaf area index and canopy chlorophyll density. *Remote Sensing of Environment*, 76 (2), 156 – 172.
- Cabrita, M.J., Ricardo-da-Silva, J., Laureano, O. (2003). Os compostos fenólicos das uvas e dos vinhos. In: *Atas do I Seminário Internacional de Viticultura*. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 61 – 100 pp.
- Cardoso, J.V.J.C. (1965) *Solos de Portugal*. Lisboa, Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas.
- Chauvet, M., Reynier, A. (1984) *Manual de Viticultura*. Litexa.
- Chaves, M.M., Santos, T.P., Souza, C.R., Ortuño, M.F., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S. (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annals of Applied Biology*, 150, 237 – 252.
- Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., Santos, T., Regalado, A.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany*, 105, 661 – 676.
- Choné, X., Van Leeuwen, C., Dubourdieu, D., Gaudillère, J-P. (2001). Stem water Potential is a Sensitive Indicator of Grapevine Water Status. *Annals of Botany*, 87, 477 – 483.
- Cifre, J., Bota, J., Escalona, J.M., Medrano, H., Flexas, J. (2005). Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinífera* L.). An open gate to improve water-use efficiency? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 159 – 170.

- Curvelo-Garcia, A.S. (1988) Controlo de qualidade dos vinhos. Química enológica. Métodos analíticos. Instituto da Vinha e do Vinho. Lisboa.
- Cole, J., Pagay, V. (2015). Usefulness of early morning stem water potential as a sensitive indicator of water status of deficit-irrigated grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 191, 10 – 14.
- Comstock, J.P. (2002) Hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and transpiration. *Journal of Experimental Botany*, 53, 195 – 200.
- Condurso, C., Cincotta, F., Tripodi, G., Sparacio, A., Giglio, D.M.L., Sparla, S., Verzera, A. (2016). Effects of cluster thinning on wine quality of Syrah cultivar (*Vitis vinifera* L.). *Eur. Food Res. Technol.*, 242, 1719 – 1726.
- Costa, J.M., Ortuño, M.F., Lopes, C.M., Chaves, M.M. (2012). Grapevine varieties exhibiting differences in stomatal response to water deficit. *Functional Plant Biology*, 39 (3), 179 – 189.
- Costa, J.M., Grant, O.M., Chaves, M.M. (2013). Thermography to explore plant-environment interactions. *J Exp Bot*, 64 (13), 3937 – 3949.
- Costa, J.M., Vaz, M., Escalona, J., Egipto, R., Lopes, C., Medrano, H., Chaves, M.M. (2016a). Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management*, 164, 5 – 18.
- Costa, J.M., Egipto, R., Garcia-Tejero, I., Vaz, M., Lopes, C.M., Chaves, M. (2016b). Monitorização da temperatura do coberto em duas castas de videira: uma ferramenta para comparar génotipos e otimizar a rega deficitária? In: *Livro de atas do 10º Simpósio de Viticultura do Alentejo*, volume II. Évora. 57 – 61 pp.
- Cross, R., Plantinga, A. J., Stavins, R. N. (2011). What Is the Value Terroir? *American Economic Review: Papers & Proceedings*, 101 (3), 152 – 156.

- Davis, W.J., Wilkinson, S., Lovey, B. (2000). Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytologist*, 153, 449 – 460.
- Davis, W.J., Kudoyarova, G., Hartung, W. (2005). Long-distance ABA Signaling and Its Relations to Other Signaling Pathways in the Detection of Soil Drying and the Mediation of the Plant's Response to Drought. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24, 285 – 295.
- Dobrowski, S.Z., Ustin, S.L., Wolpert, J.A. (2002). Remote estimation of vine canopy density in vertically shoot-positioned vineyards: determining optimal vegetation indices. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8, 117 – 125.
- Downey, M.O., Dokoozlian, N.K., Krstic, M. (2006). Cultural Practice and Environmental Impacts on the Flavonoid Composition of Grapes and Wine: A Review of Recent Research. *Am. J. Enol. Vitic.*, 57 (3), 257 – 268.
- Dry, P. (2000). Canopy management for fruitfulness. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6, 109 – 115.
- Egipto, R., Barriguiha, A., Silvestre, J., Carvalho, N., Neto, M., Costa, M., Lopes, C.M. (2016). A fito-monitorização com ferramenta de apoio à gestão da rega deficitária na vinha – estudo de caso no Alentejo. In: *Livro de atas do 10º Simpósio de Viticultura do Alentejo*, volume II. Évora. 7 – 14 pp.
- Elaydi, R. & McLaughlin, J. (2012). Cultivating terroir in subsistence markets: Development of terroir strategy through harmony-with-community framework. *Journal of Business Research*, 65, 1743 – 1748.

- English, J.T., Bledsoe, A.M., Marois, J.J. (1989). Influence of Leaf Removal from the Fruit Cluster Zone on the Components of Evaporative Potential within Grapevine Canopies. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 31, 49 – 61.
- Fanzone, M., Zamora, F., Jofré, V., Assof, M., Peña-Neira, A. (2011). Phenolic Composition of Malbec Grape Skins and Seeds from Valle de Uco (Mendoza, Argentina) during Ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 6120 – 6136.
- Feng, H., Yuan, F., Skinkis, P.A., Qian, M.C. (2015). Influence of cluster zone leaf removal on Pinot noir grape chemical and volatile composition. *Food Chemistry*, 173, 414 – 423.
- Ferreira, R.E., Sellés, G.V., Ruiz, R.S., Sellés, I.M. (2003). Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos periodos de desarrollo de la vid cv. Chardonnay en la producción y calidad del vino. *Agricultura Técnica*, 63 (3), 277 – 286.
- Flexas, J., Bota, J., Cifre, J., Escalona, J.M., Galmés, J., Gulías, J., Lefi, E-K., Martínez-Cañellas, S.F., Moreno, M.T., Ribas-Carbó, M., Riera, D., Sampol, B., Medrano, H. (2004). Understanding down-regulation of photosynthesis under water stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. *Ann. appl. Biol.*, 144, 273 – 283.
- Flexas, J., Galmés, J., Gallé, A., Gulías, J., Pou, A., Ribas-Carbo, M., Medrano, H. (2010). Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 106 – 121.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. [Online] Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#compare> [Consultado em Janeiro de 2017].



- Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Santos, J.A. (2012). An overview of climate change impacts on Europe viticulture. *Food and Energy Security*, 1 (2), 94 – 110.
- Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Santos, J.A. (2013). Future scenarios for viticultural zoning Europe: ensemble projections and uncertainties. *Int J Biometeorol*, 57 (6), 909 – 925.
- Fuentes, S., De Bei, R., Pech, J., Tyerman, S. (2012). Computational water stress indices obtained from thermal image analysis of grapevine canopies. *Irrig Sci*, 30, 523 – 536.
- Gamero, E., Moreno, D., Vilanova, M., Uriart, D., Prieto, M.H., Esperanza Valdés, M. (2014 a) Effect of bunch thinning and water stress on chemical and sensory characteristics of Tempranillo wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20, 394 – 400.
- Gamero, E., Moreno, D., Talaverano, I., Prieto, M.H., Guerra, M.T., Valdés, M.E. (2014 b). Effects of Irrigation and Cluster Thinning on Tempranillo Grape and Wine Composition. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 35 (2), 196 – 204.
- Gawel, R., Godden, P.W. (2008). Evaluation of the consistency of wine quality assessments from expert wine tasters. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14, 1 – 8.
- Gil, M., Esteruelas, M., González, E., Kontoudakis, N., Jiménez, J., Fort, F., Canals, J.M., Hermosín-Gutiérrez, I., Zamora, F. (2013) Effect of Two Different Treatments for Reducing Grape Yield in *Vitis vinifera* cv Syrah on Wine Composition and Quality: Berry Thinning versus Cluster Thinning. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 4968 – 4978.

- Girona, J., Mata, M., del Campo, J., Arbonés, A., Bartra, E., Marsal, J. (2006). The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrig Sci*, 24, 115 – 127.
- Gitelson, A. A. (2004). Wide Dynamic Range Vegetation Index for Remote Quantification of Biophysical Characteristics of Vegetation. *Journal of Plant Physiology*, 161(2), 165 – 173.
- Govender, M., Dye, P.J., Weiersbye, I.M., Witkowski, E.T.F., Ahmed, F. (2009). Review of commonly used remote sensing and ground-based technologies to measure plant water stress. *Water SA*, 35 (5), 741 – 752.
- Grant, O.M., Tronina, L., Jones, H.G., Chaves, M.M. (2007). Exploring thermal imaging for the detection of stress responses in grapevine under different irrigation regimes. *Journal of Experimental Botany*, 58 (4), 815 – 825.
- Grave, J.C.S.B. (2013). *Efeitos da desfolha e da monda de cachos no rendimento e qualidade da uva e do vinho na casta Merlot*. Dissertação de Mestrado em Viticultura e Enologia. Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa e, Faculdade de Ciências – Universidade do Porto. Lisboa. 83 pp.
- Greer, D.H., Weston, C. (2010). Heat stress affects flowering, berry growth, sugar accumulation and photosynthesis of *Vitis vinifera* cv. Semillon grapevines grown in a controlled environment. *Functional Plant Biology*, 37 (1), 206 – 214.
- Greer, D.H. (2012). Modelling leaf photosynthetic and transpiration temperature-dependent responses in *Vitis vinifera* cv. Semillon grapevines growing in hot, irrigated vineyard conditions. *AoB Plants*, doi: 10.1093/aobpla/pls009.
- Gu, S., Du, G., Zoldoske, D., Hakim, A., Cochran, R., Fugelsang, K., Jorgensen, G. (2004) Effects of irrigation amount on water relations, vegetative growth, yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines under partial rootzone drying and

conventional irrigation in the San Joaquin Valley of California, USA. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79, 26 – 33.

Guerra, B., Steenwerth, K. (2012). Influence of Floor Management Technique on Grapevine Growth, Disease Pressure, and Juice and Wine Composition: A Review. *Am. J. Enol. Vitic.*, 63 (2), 149 – 164.

Guidoni S., Oggero G., Cravero S., Rabino M., Cravero M.C., Balsari P. (2008). Manual and mechanical leaf removal in the bunch zone (*Vitis vinifera* L., cv Barbera): effects on berry composition, health, yield and wine quality, in a warm temperate area. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 42, 49 – 58.

Gupta, S., Padole, R., Variyar, P.S., Sharma, A. (2015). Influence of radiation processing of grapes on wine quality. *Radiation Physics and Chemistry*, 111, 46 – 56.

Gutiérrez, S., Diago, M.P., Fernández-Navales, J., Tardaguila, J. (2017). On-the-go thermal imaging for water status assessment in commercial vineyards. *Precision Agriculture*, 8 (2), 520 – 524.

Gutiérrez, S., Diago, M.P., Fernández-Navales, J., Tardaguila, J. (2018). Vineyard water status assessment using on-the-go thermal imaging and machine learning. *Plos One*, 13 (2): e0192037.

Hall, A., Lamb, D. W., Holzapfel, B., Louis, J. (2002). Optical remote sensing applications in viticulture-A review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8 (1), 36 – 47.

Hall, A., Louis, J., Lamb, D. (2003). Characterizing and mapping vineyard canopy using high-spatial-resolution aerial multispectral images. *Computers and Geosciences*, 29, 813 – 822.

- Hall, A., Louis, J., Lamb, D.W. (2008). Low-resolution remotely sensed images of winegrape vineyards map spatial variability in planimetric canopy area instead of leaf area index. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14, 9 – 17.
- Hetherington, A.M., Woodward, F.I. (2003). The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*, 424, 901 – 908.
- Hoover. Hoover Precision Ag Team – Precision Sprayer Components. [Online] Disponível em: <https://www.hoover.com/Precision/Sprayers> [Consultado em Junho de 2018].
- Huang, Y., Lee, M.A., Thomson, S.J., Reddy, K.N. (2016). Ground-based hyperspectral remote sensing for weed management in crop production. *Int. J. Agric. & Biol. Eng.*, 9 (2), 98 – 109.
- Hunter J.J., Ruffner H.P., Volschenk C.G., Roux L.E. (1995). Partial defoliation of *Vitis vinifera* L. cv Cabernet Sauvignon/99 Richter: effect on root growth, canopy efficiency, grape composition, and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 46, 306 – 314.
- Intrigliolo, D.S., Perez, D., Risco, D., Yeves, A., Castel, J.R. (2012). Yield componentes and grape composition responses to seasonal water deficits in Tempranillo grapevines. *Irrig Sci*, 30, 339 – 349.
- IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Normais Climatológicas – 1981/2010 – Évora. [Online] Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/007/> [Consultado em Março 2016].
- ISO – International Organization for Standardization (2003) ISO 13299. *Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile*. Switzerland. ISO.

- ISO – International Organization for Standardization. All about ISO. [Online] Disponível em: <https://www.iso.org/about-us.html> [Consultado em Junho de 2018].
- Kok, D. (2011) Influences of pre- and post-veraison cluster thinning treatments on grape composition variables monoterpene levels of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9 (1), 22 – 26.
- Koundouras, S., Marinos, V., Gkoulioti, A., Kotseridis, Y., Van Leewuen, C., (2006). Influence of Vineyard Location and Vine Water Status on Fruit Maturation of Nonirrigated cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on Wine Phenolic and Aroma Components. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 5077 – 5086.
- Jiang, Z., Huete, A.R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., Zhang, X. (2006). Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*, 101, 366 – 378.
- Jiang, F., Hartung, W. (2008). Long-distance signaling of abscisic acid (ABA): the factors regulating the intensity of the ABA signal. *Journal of Experimental Botany*, 59 (1), 37 – 43.
- Jogaiah S., Striegler K.R., Bergmeier E., Harris J. (2013). Influence of Canopy Management Practices on Canopy Characteristics, Yield, and Fruit Composition of “Norton” Grapes (*Vitis aestivalis* Michx). *International Journal of Fruit Science*, 13, 441 – 458.
- Johnson, L. F., Bosch, D. F., Williams, D. C., Lobitz, B. M. (2001). Remote sensing of vineyard management zones: Implications for wine quality. *Applied Engineering in Agriculture*, 17(4), 557 – 560.

- Johnson, L.F. (2003). Temporal stability of an NDVI-LAI relationship in a Napa Valley vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 9, 96 – 101.
- Johnson, L.F., Roczen, D.E., Youkhana, S.K., Nemani, R.R., Bosch, D.F. (2003). Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 38, 33 – 44.
- Jones, H.G. (1990). Physiological Aspects of the Control of Water Status in Horticultural Crops. *HortScience*, 25 (1), 19 – 25.
- Jones, H.G., Stoll, M., Santos, T., Sousa, C., Chaves, M.M., Grant, O. (2002). Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 53 (378) 2249 – 2260.
- Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R., Storchmann, K. (2005). Climate Change and Global Wine Quality. *Climatic Change*, 73, 319 – 343.
- Jones, H.G. (2007). Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 58 (2), 119 – 130.
- Lesschaeve, I. (2007). Sensory evaluation of wine and commercial realities: Review of current practices and perspectives. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58 (2), 252 – 257.
- Lopes, C., Monteiro, A., Rückert, F.E., Gruber, B., Steinberg B., Schultz, H.R. (2004) Transpiration of grapevines and co-habiting cover crop and weed species in a vineyard. A “snapshot” at diurnal trends. *Vitis*, 43 (2), 111 – 117.
- Lopes, C.M., Monteiro, A., Machado, J.P., Fernandes, N., Araújo, A. (2008). Cover cropping in a sloping non-irrigated vineyard: II – Effects on vegetative growth,

- yield, berry and wine quality of “Cabernet Sauvignon” grapevines. *Ciência Téc Vitiv*, 23 (1), 37 – 43.
- Lopes, C.M., Santos, T.P., Monteiro, A., Rodrigues, M.L., Costa, J., Chaves, M.M. (2011). Combining cover cropping with deficit irrigation in a Mediterranean low vigor vineyard. *Scientia Horticulturae*, 129, 603 – 612.
- Lopes, C.M., Costa, J.M., Monteiro, A., Egipto, R., Tejero, I., Chaves, M.M. (2014). Varietal behavior under water and heat stress. In: *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium Exploitation of autochthonous and more common vine varieties – Oenoviti International Network*. Geisenheim. 50 – 56 pp.
- Lovisol, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H., Shubert, A. (2010). Drought-induced changes in development and function of grape (*Vitis* spp) organs and in their hydraulic and non-hydarulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. *Functional Plant Biology*, 37, 98 – 116.
- Malheiro, A.C., Santos, J.A., Fraga, H., Pinto, L.G. (2010). Climate change scenarios applied to viticultural zoning in Europe. *Climate Research*, 43, 163 – 177.
- Mamede, M.E.O., Pastore, G.M. (2004) Avaliação da produção dos compostos majoritários da fermentação de mostos de uva por leveduras isoladas da região da “Serra Gaúcha” (RS). *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 24 (3), 453 – 458.
- Marcon Filho, J.L., Hipólito, J.S., Macedo, T.A., Kretschmar, A.A., Rufato, L. (2015). A survey of clusters thinning in the “Cabernet Sauvignon” winemaking potential in two seasons. *Ciência Rural*, 45 (12), 2150 – 2156.
- Marques da Silva, J.R., Terrón, J.M., Sousa, A., Mesquita, P., Vieira, F., Blanco, J., Serrano, J., Silva, L.L., Coelho, R., Alexandre, C., Baptista, F. (2015). Vinhos que Pensam –

parte I/III – Gestão do vigor vegetativo da vinha a partir de sensores ativos multiespectrais próximos. *Agrobótica*, Junho/Julho/Agosto, 7 – 13.

Martorell, S., Medrano, H., Tomás, M., Escalona, J.M., Flexas, J., Diaz-Espejo, A. (2015). Plasticity of vulnerability to leaf hydraulic dysfunction during acclimation to drought in grapevines: an osmotic-mediated process. *Physiol Plant*, 153 (3), 381 – 391.

Matias, O., Martins, P. (2005) *Biologia 12*. Areal Editores.

Matthews, M.A., Anderson, M.M., Schultz, H.R. (1987). Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. *Vitis*, 26, 147 – 160.

McCutchan, H., Shackel, K.A. (1992). Stem-water Potential as a Sensitive Indicator of Water Stress in Prune Trees (*Prunus domestica* L. cv. French). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 117 (4), 607 – 611.

Medrano, H., Escalona, J.M., Bota, J., Gulías, J., Flexas, J. (2002). Regulation of Photosynthesis os C<sub>3</sub> Plants in Response to Progressive Drought: Stomatal Conductance as a Reference Parameter. *Annals of Botany*, 89, 895 – 905.

Medrano, H., Escalona, J.M., Cifre, J., Bota, J., Flexas, J. (2003). A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Functional Plant Biology*, 30, 607 – 619.

Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J-M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., Bota, J. (2015). Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions – A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 35, 499 – 517.



- Möller, M., Alchanatis, V., Cohen, Y., Meron, M., Tsipris, J., Noar, A., Ostrovsky, V., Sprintsin, M., Cohen, S. (2007). Use of thermal and visible imagery for estimating crop water status of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 58 (4), 827 – 838.
- Montero, F. J., Melia, J., Brasa, A., Segarra, D., Cuesta, A., Lanjeri, S. (1999). Assessment of vine development according to available water resources by using remote sensing in La Mancha, Spain. *Agricultural Water Management*, 40, 363 – 375.
- Monteiro, A., Lopes, C.M. (2007). Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121, 336 – 342.
- Morlat, R., Jacquet, A. (2003). Grapevine root system and soil characteristics in a vineyard maintained long-term with or without interrow sward. *Am. J. Enol. Vitic.*, 54 (1), 1 – 7.
- Noronha, J.F. (2003). *Análise Sensorial – Metodologia*. Apontamentos de Análise Sensorial, versão 1.0, Escola Superior Agrária de Coimbra.
- OIV – Organización Internacional de la Viña y el Vino. Acerca de la OIV. [Online] Disponível em: <http://www.oiv.int/es/la-organizacion-intenacional-de-la-vina-y-el-vino/acerca-de-la-oiv> [Consultado em Junho de 2018].
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Cabonneau, A., Deloire, A. (2002). Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.*, 53, 261 – 267.
- Orduña, R.M. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*, 43, 1844 – 1855.

- Palliotti, A., Gardi, T., Berrios, J.G., Civardi, S., Poni, S. (2012). Early source limitation as a tool for yield control and wine quality improvement in a high-yielding red *Vitis vinifera* L. cultivar. *Scientia Horticulturae*, 145, 10 – 16.
- Parr, W.V., Heatherbell D., White, K.G. (2002). Demystifying Wine Expertise: Olfactory Threshold, Perceptual Skill and Semantic Memory in Expert and Novice Wine Judges. *Chem. Senses*, 27, 747 – 755.
- Pascual, M., Romero, M-P., Rufat, J., Villar, J.M. (2015). Canopy management in rainfed vineyards (cv. Tempranillo) for optimising water use and enhancing wine quality. *J Sci Food Agric*, 95, 3067 – 3076.
- Patakas, A., Noitsakis, B., Chouzouri, A. (2005). Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 253 – 259.
- Perrone, I., Pagliarani, C., Lovisolo, C., Chitarra, W., Roman, F., Schubert, A. (2012) Recovery from water stress affects grape leaf petiole transcriptome. *Planta*, 235 (6), 1383 – 1396.
- Petrie, P.R., Clingeleffer P.R. (2006) Crop thinning (hand versus mechanical), grape maturity and anthocyanin concentration: outcomes from irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) in warm climate. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12, 21 – 29.
- Picón-Toro, J., González-Dugo, V., Uriarte, D., Mancha, L.A., Testi, L. (2012). Effects of canopy size and water stress over the crop coefficient of a “Tempranillo” vineyard in south-western Spain. *Irrig Sci*, 30, 419 – 432.
- Pou, A., Flexas, J., Alsina, M.M., Bota, J., Carambula, C., Herralde, F., Galmés, J., Lovisolo, C., Jiménez, M., Ribas-Carbó, M., Rusjan, D., Secchi, F., Tomás, M., Zsófi, Z., Medrano, H. (2008) Adjustments of water use efficiency by stomatal regulation

during drought and recovery in the drought-adapted *Vitis* hybrid Richter – 110 (*V. berlandieri* x *V. rupestris*). *Physiologia Plantarum*, 134, 313 – 323.

Pou, A., Medrano, H., Tomàs, M., Martorell, S., Ribas-Carbó, M., Flexas, J. (2012). Anisohydric behaviour in grapevines results in better performance under moderate water stress and recovery than isohydric behaviour. *Plant Soil*, 359, 335 – 349.

Pou, A., Diago, M.P., Medrano, H., Baluja, J., Tardaguila, J. (2014). Validation of thermal indices for water status identification in grapevine. *Agricultural Water Management*, 134, 60 – 72.

Prajitna, A., Dami, I.E., Steiner, T.E., Ferree, D.C., Scheerens, J.C., Schwartz, S.J. (2007). Influence of Cluster Thinning on Phenolic Composition, Resveratrol, and Antioxidant Capacity in Chambourcin Wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, 58 (3), 346 – 350.

Pretorius, I.S. (2000). Tailoring wine yeast for the new millennium: novel approaches to the ancient art of winemaking. *Yeast*, 16, 675 – 729.

Prieto, J.A., Lebon, É., Ojeda, H. (2010). Stomatal behavior of different grapevine cultivars in response to soil water status and air water pressure deficit. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 44 (1), 9 – 20.

Reyniers, M., Vrindts, E., De Baerdemaeker, J. (2006). Comparison of aerial-based system and an on the ground continuous measuring device to predict yield of winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 24, 87 – 94.

Reynolds, A.G., Schlosser, J., Sorokowsky, D., Roberts, R., Willwerth, J., Savigny, C. (2007). Magnitude of Viticultural and Enological Effects. II Relative Impacts of Cluster Thinning and Yast Strain on Composition and Sensory Attributes of Chardonnay Musqué. *Am. J. Enol. Vitic.*, 58 (1), 25 – 41.

- Ribéreau-Gayon, P., Stonestreet, E. (1965). Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge. *Bull Soc Chim*, 9, 2649 – 2652.
- Ristic R., Downey M.O., Iland P.G., Bindon I.L., Francis M., Herderich M., Robinson S.P. (2007). Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannins and sensory properties. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13, 53 – 65.
- 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, 74 – 82.
- Roby, G., Harbertson, J.F., Adam, D.A., Matthews, M. (2004). Berry size and water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10, 100 – 107.
- Rodrigues, P., Pedroso, V., Gouveia, J.P., Martins, S., Lopes, C., Alves, I. (2012). Influence of soil water content and atmospheric conditions of leaf water potential in cv. “Touriga Nacional” deep-rooted vineyards. *Irrig Sci*, 30, 407 – 417.
- Romero, P., Fernández-Fernández, J.I., Martínez-Cutillas, A. (2010). Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in winegrapes grown under semiarid conditions. *Am J Enol Vitic*, 61, 300 – 312.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. (1973). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Texas A&M University, Remote Sensing Center, College Station. 112 pp.
- Sadras, V.O. e Moran, M.A. (2012). Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18, 115 – 122.

- Salón, J.L., Chirivella, C., Castel, J.R. (2005). Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: water relations, yield and wine quality. *Am J Enol Vitic*, 56 (1), 1 – 8.
- Santesteban, L.G. e Royo, J.B. (2006). Water status, leaf area and fruit load influence on berry weight and sugar accumulation of cv. “Tempranillo” under semiarid conditions. *Scientia Horticulturae*, 109, 60 – 65.
- Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B. (2011). Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. “Tempranillo”. *Agricultural Water Management*, 98, 1171 – 1179.
- Santesteban, L. G., Guillaume, S., Royo, J.B., Tisseyre, B. (2013). Are precision agriculture tools and methods relevant at the whole-vineyard scale? *Precision Agric.*, 14, 2 – 17.
- Schachtman, D.P., Goodger, J.Q.D. (2008). Chemical root to shoot signaling under drought. *Trends in Plant Science*, 13 (6), 281 – 287.
- Schloeder, C.A., Zimmerman, N.E., Jacobs, M.J. (2001). Comparison of Methods for Interpolating Soil Properties Using Limited Data. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65, 470 – 479.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A. (1965). Sap Pressure is vascular plants. *Science*, 148, 339 – 346.
- Schultz, H.R. (2003). Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell and Environment*, 26, 1393 – 1405.

- Schultz, H., Stoll, M. (2010). Some critical issues in environmental physiology of grapevines: future challenges and current limitations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 4 – 24.
- Shackel, K.A. (2007) Water relations of woody perennial plant species. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 41 (3), 121 – 129.
- Simonneau, T., Bebon, E., Coupel-Ledru, A., Marguerit, E., Rossdeutsch, L., Ollat, N. (2017). Adapting plant material to face water stress in vineyards: which physiological targets for an optimal control of plant water status? *OENO One*, 51 (2), 167 – 179.
- Serra, I., Strever, A., Myburgh, P.A., Deloire, A. (2014). Review: the interaction between rootstocks and cultivars (*Vitis vinifera* L.) to enhance drought tolerance in grapevine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20, 1 – 14.
- Serrano, L., González-Flor, C., Gorchs, G. (2010). Assessing vineyard water status using the reflectance based Water Index. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139, 490 – 499.
- Smart, R., Robinson, M. (1991). Sunlight into wine: a handbook for winegrape canopy management. Adelaide, Winetitles.
- Soar, C.J., Speirs, J., Maffei, S.M., Penrose, A.B., McCarthy, M.G., Loveys B.R. (2006). Grape vine varieties Shiraz and Grenache differ in their stomatal responses to VPD: apparent links with ABA physiology and gene expression in leaf tissue. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12, 2 – 12.
- Soar, C.J., Collins, M.J., Sadras, V.O. (2009). Irrigated Shiraz vine (*Vitis vinifera*) upregulate gas exchange and maintain berry growth in response to short spells of high maximum temperature in the field. *Functional Plant Biology*, 36 (1), 801 – 814.

- Song, J., Smart, R.E., Damberg, R.G., Sparrow, A.M., Wells, R.B., Wang, H., Qian, M.C. (2014). Pinot Noir wine composition from different vine vigour zones classified by remote imaging technology. *Food Chemistry*, 153, 52 – 59.
- Song, J., Smart, R., Wang, H., Damberg, B., Sparrow, A., Qian, M.C. (2015). Effect of grape bunch sunlight exposure and UV radiation on phenolics and volatile composition of *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir wine. *Food Chemistry*, 173, 424 – 431.
- Souza, C.R., Maroco, J.P., Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2003). Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-growth grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel). *Functional Plant Biology*, 30, 653 – 662.
- Souza, C.R., Maroco, J.P., Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2005). Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 261 – 274.
- 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. *Am. J. Enol. Vitic.*, 53 (3), 171 – 182.
- Stamatiadis, S., Taskos, D., Tsadila, E., Chistofides, C., Tsadilas, C., Schepers, J.S. (2010). Comparison of passive and active canopy sensors for the estimation of vine biomass production. *Precision Agric*, 11, 306 – 315.
- Stern, R.A., Meron, M., Noar, A., Wallach, R., Bravdo, B., Gazit, S. (1998). Effect of Fall Irrigation Level in “Mauritius” and “Floridian” Lychee on Soil and Plant Water Status, Flowering Intensity, and Yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 123 (1), 150 – 155.

- Stoll, M., Loveys, B., Dry, P. (2000). Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 51, 1627 – 1634.
- Suzuki, N., Rivero, R.M., Shualev, V., Blumwald, E., Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203, 32 – 43.
- Taiz, L., Zeiger, E., Möller, I.M., Murphy, A. (2015) *Plant Physiology and Development*. 6ª edição. [Online] Disponível em: <http://6e.plantphys.net/index.html> [Consultado em Maio de 2017].
- Tardaguila, J., Petrie, P.R., Poni, S., Diago, M.P., Toda, F.M. (2008) Effects of Mechanical Thinning on Yield and Fruit Composition of Tempranillo and Grenache Grapes Trained to a Vertical Shoot-Positioned Canopy. *Am. J. Enol. Vitic.*, 59 (4), 412 – 417.
- Taylor, J.A., Bates, T.R. (2013). Temporal and spatial relationships of vine pruning mass in Concord grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19, 401 – 408.
- Terrón, J.M., Blanco, J., Moral, F.J., Mancha, L.A., Uriarte, D., Marques da Silva, J.R. (2015) Evaluation of vineyard growth under four irrigation regimes using vegetation and soil on-the-go sensors. *Soil*, 1, 459 – 473.
- Testic, D., Keller, M., Hutton, R. (2007). Influence of vineyards floor management practices on grapevine vegetative growth, yield, and fruit composition. *Am. J. Enol. Vitic.*, 58 (1), 1 – 11.
- du Toit, G. (2004). Partial Rootzone Drying. *Wynboer* [Online] Disponível em: [http://wineland.archive.shapeshift.co.za/archive/index.php?option=com\\_zine&view=article&id=515:partial-rootzone-drying-prd-irrigation-technique-for-sustainable-viticulture-and-premium-quality-grapes](http://wineland.archive.shapeshift.co.za/archive/index.php?option=com_zine&view=article&id=515:partial-rootzone-drying-prd-irrigation-technique-for-sustainable-viticulture-and-premium-quality-grapes) [Consultado em Maio de 2016].



- Tomás, M., Medrano, H., Pou, A., Escalona, J.M., Matorell, S., Ribas-Carbo, A., Flexas, J. (2012). Water-use efficiency in grapevine cultivars grown under controlled conditions: effects of water stress at the leaf and whole-plant level. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18, 164 – 172.
- Tomás, M., Medrano, H., Escalona, J.M., Martorell, S., Pou, A., Ribas-Carbo, M., Flexas, J. (2014). Variability of water use efficiency in grapevines. *Environmental and Experimental Botany*, 103, 148 – 157.
- Tonietto, J., Carbonneau, A. (2004) A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124, 81 – 97.
- Van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Gaudillère, J-P., Pernet, D. (2008). Different environmental conditions, different results: the role of controlled environmental stress on grape quality potential and the way to monitor it. In: *Proceedings of the Thirteenth Australian Wine Industry Technical Conference*. Adelaide, South Australia. 39 – 46 pp.
- Van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., Gaudillère, J-P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 43 (3), 121 – 134.
- Van Zyl, J.L. (1986). Canopy Temperature as a Water Stress Indicator in Vines. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 7 (2), 53 – 60.
- Vaudour, E. (2002). The Quality of Grapes and Wine in Relation to Geography: Notions of Terroir at Various Scales. *Journal of Wine Research*, 13 (2), 117 – 141.
- Vaz, M., Coelho, R., Rato, A., Samara-Lima, R., Silva, L.L., Campostrini, E., Mota, J.B. (2016). Adaptive strategies of two Mediterranean grapevines varieties (*Aragonez*

*syn. Tempranillo and Trincadeira*) face drought: physiological and structural responses. *Theor Exp Plant Physiol*, 28 (2), 205 – 220.

Wample, R.L. (2001). Grapevine Water Relations. 2001 Central Coast Viticulture and Enology Issues Conference, 62 – 70 pp.

Webster, R., Oliver, M. A. (1992). Sample adequately to estimate variograms of soil properties. *Journal of Soil Science*, 43, 177 – 192.

Wheeler, S.J., Black, A.S., Pickering, G.J. (2005). Vineyard floor management improves wine quality in highly vigorous *Vitis vinifera* “Cabernet Sauvignon” in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33, 317 – 328.

Williams, L.E., Araujo, F.J. (2002). Correlations among Predawn Leaf, Midday Leaf and Midday Stem Water Potential and their Correlations with other Measures of Soil and Plant Water Status in *Vitis vinifera*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 127 (3), 448 – 454.

Williams, L.E., Ayars, J.E. (2005). Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 132, 201 – 211.

Williams, L.E., Trout, T.J. (2005). Relationships among Vine- and Soil-Based Measurements of Water Status in Thompson Seedless Vineyard in Response to High-Frequency Drip Irrigation. *Am. J. Enol. Vitic.*, 54 (6), 357 – 366.

Yu, D.J., Kim, S.J., Lee, H.J. (2009). Stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis in field-grown grapevine cultivars. *Biologia Plantarum*, 53 (1), 133 – 137.

Zhang, Y., Oren, R., Kang, S. (2012). Spatiotemporal variation of crown-scale stomatal conductance in an arid *Vitis vinifera* L. cv. Merlot vineyard: direct effects of

hydraulic properties and indirect effects of canopy leaf area. *Tree Physiology*, 32, 262 – 279.

Zhang, H., Fan, P., Liu, C., Wu, B., Li, S., Liang, Z. (2014). Sunlight exclusion from Muscat grape alters volatile profiles during berry development. *Food Chemistry*, 164, 242 – 250.

Zoecklein B.W., Wolf T.K., Duncan N.W., Judge J.M., Cook M.K. (1992). Effects of fruit zone leaf removal on yield, fruit composition, and fruit rot incidence of Chardonnay and White Riesling (*Vitis vinifera* L.) grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 43, 139 – 148.

Zsófi, Z., Tóth, E., Váradi, G., Rusjan, D., Bálo, B. (2008). The effect of progressive drought on water relations and photosynthetic performance of two grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Acta Biologica Szegediensis*, 52 (2), 321 – 322.

Zsófi, Z., Gál, L., Szilágyi, Z., Szücs, E., Marschall, M., Nagy, Z., Baló, B. (2009) Use of stomatal conductance and pre-dawn water potential to classify terroir for the grape variety Kékfrankos. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15, 36 – 47.

Zsófi, Z., Tóth, E., Rusjan, D., Bálo, B. (2011). Terroir aspects of grape quality in a cool climate wine region: Relationship between water deficit, vegetative growth and berry sugar concentration. *Scientia Horticulturae*, 127, 494 – 499.



UNIVERSIDADE DE ÉVORA