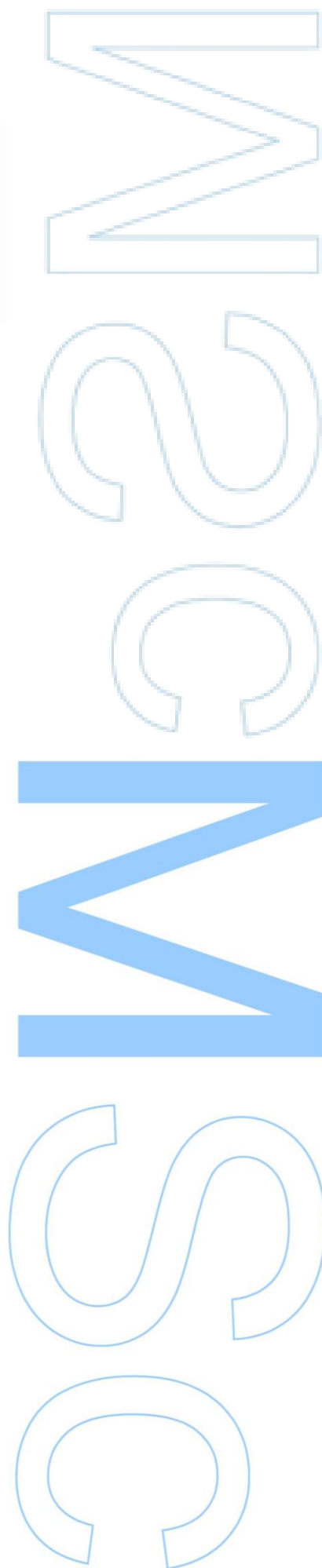


Fertilidade em *Vitis vinífera* L.: técnicas de determinação e influência climática

Mariana Mendes Alves da Costa

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Engenharia Agronómica

2015



Fertilidade em *Vitis vinifera* L.: técnicas de determinação e influência climática

Mariana Mendes Alves da Costa

Mestrado em Engenharia Agronómica
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

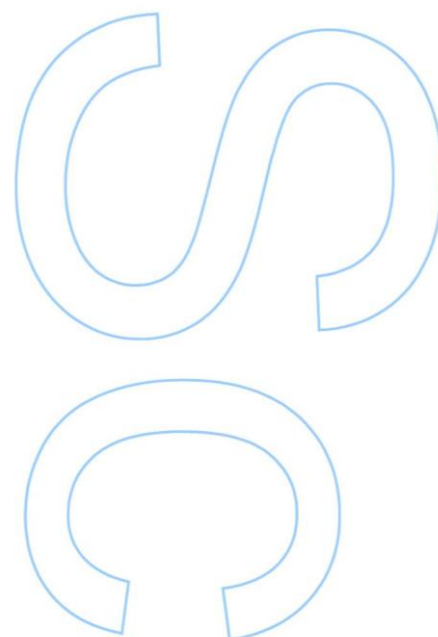
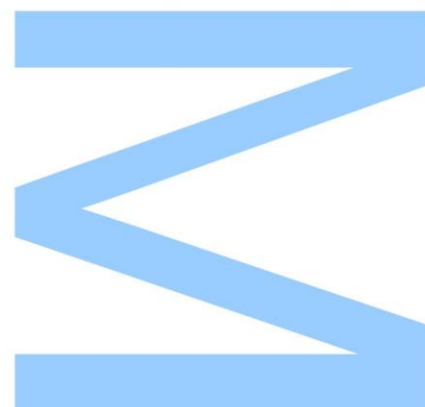
2015

Orientador

Jorge Bernardo Lacerda Queiroz, Professor Auxiliar, FCUP

Coorientador

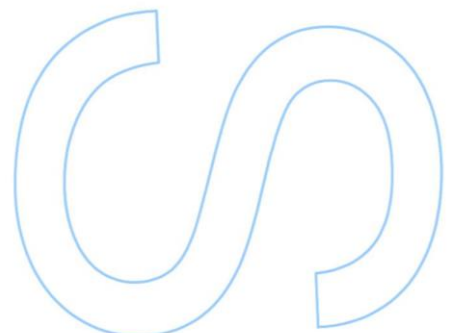
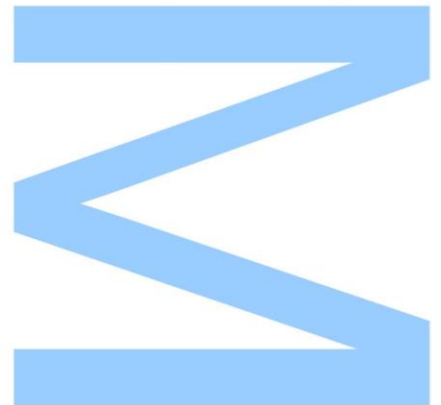
António Américo da Rocha Graça, Enólogo, Sogrape





Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.
O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Ao meu pai, sempre tranquilamente presente em mim.

«"Ele acabou de comer uma bela canja, senhor" respondeu a senhora Bedwin.

"Blaaarr!" fez o Sr. Brownlow com um ligeiro arrepio:

" Dois cálices de vinho do Porto haviam de lhe fazer muito melhor"»

Charles Dickens in "Oliver Twist" (1837)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que contribuíram para a execução do presente trabalho, fruto dos meus anos de formação académica, através de todo o apoio e participação ao longo deste percurso. Por esse motivo, agradeço com particular destaque:

Ao meu orientador, **Professor Doutor Jorge Bernardo Lacerda de Queiroz**, responsável pela minha formação em viticultura e enologia, por todos os conhecimentos transmitidos, assim como todo o seu entusiasmo, acabando por influenciar vivamente o meu percurso académico. Agradeço igualmente a disponibilidade no acompanhamento e orientação deste trabalho.

Ao meu coorientador, **Dr. António Américo da Rocha Graça**, responsável pela Investigação & Desenvolvimento da Sogrape Vinhos S.A., por toda a co-orientação prestada, pela disponibilidade e prontidão no acompanhamento do estudo.

À **Professora Dr. Rita Gaio**, pela ajuda vital na análise dos resultados finais.

À **Professora Dr. Sílvia Tenente**, Professora do Departamento de Biologia da FCUP, e **Professora Dr. Maria Manuela Costa**, Professora do Departamento de Biologia da Universidade Minho, por todos os esclarecimentos necessários para o desenvolvimento do método experimental. Ao **Dr. Mário Costa** por perder horas comigo a olhar para gomos, gomos e gomos...

Ao **Engenheiro João Vasconcellos Porto**, Director de Viticultura da Sogrape Vinhos S.A., pela oportunidade criada e pela disposição de condições para que este ensaio se realizasse assim como o apoio e incentivo incondicional.

Aos funcionários das Quinta de Azevedo, Quinta dos Carvalhais e Quinta do Sairrão, respetivamente, ao **Sr. Joaquim Boavista**, **Sr. Manuel Luís** e **Sr. Raul** pela hospitalidade e pela ajuda na recolha dos dados.

Às **colegas do Clube Futebol S. Félix Marinha** pelos bons momentos desportivos que tanto me descomprimaram ao longo deste ano.

Aos amigos, que também são família: à **Tânia Silva, Paula Sousa, Sofia Relvas, Vítor Hugo Domingues, Catarina Oliveira, Mário Silva, Ana Catarina Correia, Sofia Sobral, sem esquecer a Ana Pinto, Paulo Ribeiro e Alexandre Pires** pelo apoio ao longo deste ano, pelos bons momentos, pela amizade sem preço.

À família de agrónomos da faculdade, **Célia Borges, Joana Valente, Ana Isabel Sousa, Sandra Ferreira, Bruno Balazeiro e Manuel Macedo Pinto**, pela amizade e pelo companheirismo ao longo destes anos.

E acima de tudo à minha **FAMÍLIA, mãe, pai, irmão, cunhada e claro à Margaridinha** pelo amor e apoio incondicional.

RESUMO

A produção portuguesa de vinho é caracterizada por fortes flutuações de rendimento de ano para ano, acabando por ter implicações fortíssimas no rendimento económico do sector. A possibilidade da produção ser conhecida antecipadamente reveste-se de particular importância por permitir um planeamento e gestão atempada dos recursos disponíveis.

Com base no conhecimento do número de inflorescências, que fica determinado no primeiro ano do ciclo reprodutivo da videira, foram realizados vários procedimentos experimentais de modo a avaliar precocemente a fertilidade da videira, à escala do proprietário individual.

Inicialmente realizou-se a dissecação de gomos da videira, para se proceder à contagem de primórdios de inflorescências de forma a avaliar o potencial de fertilidade. Esta técnica não trouxe resultados concretos, pois, mesmo com recurso a equipamentos de observação de alta definição, conseguir identificar corretamente os primórdios de inflorescências revelou-se altamente falível, acabando esta técnica por ser excluída.

Para responder ao problema encontrado, fez-se crescimento de estacas de videira ainda no estado de dormência, em câmara de crescimento. O seu desenvolvimento foi acompanhado e quando as estacas atingiram o estado de Botões Florais Separados registou-se a fertilidade registada. Posteriormente, nas mesmas parcelas de vinha e regiões onde se tinham retirado as amostras das estacas, foram igualmente registados os dados de fertilidade. Os resultados deste estudo permitiram demonstrar que não existem diferenças significativas entre a fertilidade na câmara de crescimento e a fertilidade no campo, sendo então o procedimento de crescimento de estacas de videira validado como técnica de avaliação precoce de fertilidade.

Por fim, como tentativa de perceber qual a influência do clima no período de determinação do número de inflorescências, fez-se em estudo exploratório, avaliando de que forma a temperatura naquele período afetava o rendimento registado no ano seguinte. No entanto, não foi possível obter respostas conclusivas devido ao baixo número de observações disponíveis e à elevada variabilidade existente entre os dados, sendo preciso mais anos de estudo.

Palavras-Chave: Clima, Previsão da colheita, Fertilidade, Gomo, Inflorescências.

ABSTRACT

The Portuguese wine production is characterized by strong yield fluctuations, causing strong implications for the economic performance of this sector. The possibility of knowing the yield earlier is crucial as it enables preliminary planning and management of the available resources.

Based on the knowledge that the number of inflorescences is determined in the first year of the grapevine's reproductive cycle, several experimental procedures were performed in order to evaluate the grapevine's fertility in an individual owner scale.

First, grapevine bud dissections were made, so it would be possible to count the number of inflorescence primordium, and so, assess the potential bud fertility. This technique wasn't well succeeded, because, even using high definition observation equipment, it was highly fallible to correctly identify the inflorescence primordia. So this technique was excluded.

To answer this, we proceeded to grow grapevine's canes, still in dormant state, in a growth chamber. The development was monitored and, when the stakes have reached the stage Separated Flower Buttons, the final fertility was record. The same procedure was made on the same field that we took the stakes samples. Through statistical analysis, this study allowed us to demonstrate there was no significant differences between growth chamber fertility and field fertility. So this procedure was validated as an early technique fertility assessment.

At last, in an attempt to understand how the climate influence the timing of determining the number of inflorescence, it was made an exploratory study of how the temperature at that time affected the yield registered in the following year. Due to the low number and high variability of the data, it was not possible to obtain conclusive answers. So it's necessary more years of data.

Keywords: Climate, Crop Forecasting, Fertility, Bud, Inflorescence.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XII
I- INTRODUÇÃO	1
II- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1. Implicações da variabilidade no rendimento em Viticultura	4
2. Componentes do rendimento e época da sua formação.....	5
3. Ciclo biológico da videira.....	5
4. Anatomia dos gomos	6
5. Ciclo Reprodutor da videira: Ano 1.....	9
5.1. Período da iniciação e diferenciação dos primórdios de inflorescências.....	9
5.2. Formação dos primórdios das inflorescências	10
5.3. Fatores ambientais	11
5.4. Influência dos fatores hormonais no período de indução floral	14
5.5. Fertilidade do gomo e nutrição	16
5.6. Desordens no ciclo reprodutor antes da ântese.....	17
6. Processo de floração: Ano 2	20
7. Técnicas de determinação antecipada de fertilidade	21

7.1. Observação de cortes longitudinais de gomos em parafina	22
7.2. Dissecção de gomos	23
7.3. Cultivo forçado de estacas	25
7.4. Análise polínica da atmosfera	26
7.5. Dados de satélite	26
III. MATERIAL E MÉTODOS	27
1. Descrição das parcelas experimentais	27
1.1. Quinta de Azevedo- Região dos Vinhos Verdes	27
1.2. Quinta dos Carvalhais- Região do Dão	28
1.3. Quinta do Sairrão- Região do Douro	29
2. Classificação Climática e Bioclimática	29
2.1. Região dos Vinhos Verdes	31
2.2. Região Demarcada do Douro	33
2.3. Região do Dão	35
3. Material vegetal	36
3.1. Alvarinho (PRT52007)	36
3.2. Touriga Nacional (PRT52206)	37
3.3. Tinta Roriz (PRT52603)	38
4. Delineamento Experimental	39
4.1. Procedimento Experimental A: Avaliação da fertilidade através da dissecção de gomos	40

4.2- Procedimento Experimental B: Fertilidade de estacas em câmara de crescimento.....	40
4.3. Procedimento Experimental C: Estudo de fatores ambientais no período de indução floral como método preditor de fertilidade.....	41
IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
1. Procedimento Experimental A: avaliação da fertilidade através da dissecação de gomos.....	46
2. Procedimento Experimental B: Fertilidade de estacas em câmara de crescimento	48
2.1. Análise Exploratória dos dados: Fertilidade em câmara <i>versus</i> Fertilidade no Campo	52
2.2. Modelação do fenómeno de abrolhamento em função da posição do gomo ao longo da vara, local (Dão <i>versus</i> Vinhos Verdes) e método experimental de determinação de fertilidade (fertilidade de estacas com crescimento em câmara <i>versus</i> fertilidade real observada no campo)	56
2.3- Modelação do número de inflorescências em função do Local (Vinhos Verdes/Dão), Posição do Gomo (1,2,3) e Método Experimental (Fertilidade Câmara <i>versus</i> Fertilidade no Campo)	60
3. Procedimento Experimental C: Estudo de fatores ambientais no período de Indução floral como método preditor de fertilidade	62
3.1- Análise Exploratória dos dados	63
3.2- Modelação dos dados	66
V- CONCLUSÕES.....	68
VI- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo anual da videira no Hemisfério Norte (Fonte: Magalhães, 2008).....	6
Figura 2- Constituição de um nó em videira. (Fonte: Chauvet & Reynier,1984)	7
Figura 3- Desenvolvimento reprodutivo da videira: a- posição dos cachos em varas de sultana (s) e riesling (r)- o primeiro cacho de sultana e o ultimo de riesling estão ambos no nó 6 (n6) a contar da base em lenho do 2ºano. B- gomo latente na base de um lançamento lateral que se desenvolveu de um gomo axilar na base de uma folha. C- posição gomo latente. D- corte longitudinal de um gomo de sultana onde se pode visualizar os gomos primários (pb), secundários (sb) e terciários (tb). E- secção transversal de um gomo primário latente onde se pode visualizar um primórdio de inflorescência (if) à esquerda e um sistema merismático à direita (sam). (Fonte: Carmona <i>et al.</i> ,2008)	8
Figura 4- Esquema do desenvolvimento reprodutor da videira no espaço temporal de dois anos. (Adaptado de Carmona <i>et al.</i> ,2008).....	9
Figura 5 - a) o efeito da temperatura no número médio de primórdios de inflorescências por gomo para 12 gomos basais. A luz era de 3600 f.c para 16 horas de luz. B) efeito da intensidade da luz no número médio de primórdios de inflorescências por gomo em 12 gomos. Aqui o tempo de luz foram 16 horas a 25 °c. A barra vertical é igual a 1 x erro padrão da média. (Fonte: Buttrose, 1969)	12
Figura 6- a) numero médio de primórdios de cachos por gomo nos gomos ao longo do lançamento depois da colheita, de um ponto geral a tendência é a>b> c. B) peso médio dos primórdios de cachos por gomo. A tendência geral é a=b>c (Fonte: Buttrose, 1974)	14
Figura 7- Fases da diferenciação e intervenção hormonal. (Fonte: Magalhães, 2008)	15
Figura 8- a) gomo dormente com necrose do gomo primário e secundário. Fonte: Vasquez & Fidelibus (2006). B) fotografia de necrose do gomo primário de alvarinho. Foto autoria própria.	17
Figura 9- Filage numa vinha, nota-se que a inflorescência tornou-se em gavinha, contendo só alguns botões florais na extremidade. Fonte: Celce, (2013)	19
Figura 10- Necrose dos pedúnculos do cacho. Fonte: Celce, (2013)	20
Figura 11- Estados fenológicos do ciclo reprodutor da videira (2º ano) segundo <i>Baggiolini</i> (Adaptado de Estação de Avisos Agrícolas do Algarve, n.d.)	21
Figura 12- a) secção longitudinal de um gomo de inverno mostrando um esboço de inflorescência. B) detalhe da figura a, onde se observa perfeitamente o futuro raquis da inflorescência. (Fonte: Toda,1991).....	22

Figura 13- A) corte longitudinal num olho dormente mostrando o gomo primário (seta) e o secundário. B) corte transversal de um olho hibernante mostrando o 1º e 2º gomo. Na seta vê-se um primórdio de inflorescência do gomo primário. (Fonte Vasquez & Fidelibus, 2006).	24
Figura 14- Cortes longitudinais nos gomos de inverno (a). Corte longitudinal dos gomos primários no inverno (b) e na primavera (c). Gomos primários (1), secundários (2), terciários (3). Ápice gomo (a), nó (n), primórdio de folha (lp), inflorescência (i). Fonte (Andreini <i>et al.</i> , 2009).....	24
Figura 15- Localização da casta alvarinho na quinta de azevedo, barcelos. (Fonte: Sogrape Vinhos S.A.)	27
Figura 16- Localização das castas Alvarinho, Touriga Nacional e Tinta Roriz na Quinta dos Carvalhais, Mangualde. (Fonte: Sogrape Vinhos S.A.).....	28
Figura 17- Localização das parcelas de Tinta Roriz e Touriga Nacional na Quinta do Sairrão, São João da Pesqueira. (Fonte: Sogrape Vinhos S.A.)	29
Figura 18- Classificação segundo o índice heliotérmico de Huglin das propriedades da Sogrape Vinhos em Portugal. (Fonte: Sogrape Vinhos, S.A.)	30
Figura 19- Evolução climática no ano de 2013 em algumas das propriedades da Sogrape Vinhos. Nota-se a diferença da intensidade da precipitação e temperatura nos períodos de floração entre os diferentes locais. (Fonte: Sogrape Vinhos S.A.)....	31
Figura 20- Localização da Região dos Vinhos Verdes e as nove sub-regiões. (Fonte: CVRVV, 2015a)	32
Figura 21- A topografia da região demarcada do Douro. Inclui um mapa de localização da região em Portugal. Fonte: IVDP (2011)	33
Figura 22- Localização da região do Dão e concelhos abrangidos. (Fonte: Pedroso <i>et al.</i> , 2012).....	35
Figura 23- Característica ampelográficas da casta Alvarinho (Fonte: IVV, 2011).....	37
Figura 24- Característica ampelográficas da casta Touriga Nacional (Fonte: IVV, 2011)	38
Figura 25 - Característica ampelográficas da casta Tinta Roriz (Fonte: IVV, 2011).....	39
Figura 26- Disposição do tabuleiro das estacas da Quinta de Azevedo.....	41
Figura 27- Disposição das estacas do tabuleiro da Quinta de Carvalhais..	41
Figura 28- Esquema do procedimento experimental c: estudo dos fatores bioclimáticos durante o período de indução floral e o seu resultado em produtividade no ano seguinte.....	43
Figura 29- Evolução climática 2012 nos três locais em estudo durante o período de indução floral..	44

Figura 30- Evolução climática 2011 nos três locais em estudo durante o período de indução floral.	44
Figura 31- Evolução climática em 2013 nos três locais em estudo durante o período de indução floral.	45
Figura 32 - Fotografias dos cortes longitudinais dos gomos da casta Alvarinho (Quinta de Azevedo)	47
Figura 33- Evolução do crescimento das estacas de Alvarinho da Quinta de Azevedo (Vinhos Verdes) e Quinta dos Carvalhais (Dão).....	49
Figura 34- Desagregação de algumas inflorescências do tabuleiro das estacas do Dão.	49
Figura 35- Distribuição de inflorescências por posição do gomo no campo e na câmara com as amostras do Dão	55
Figura 36- Distribuição das inflorescências por posição do gomo em cada modalidade experimental, para as amostras dos Vinhos Verdes.	55
Figura 37- Distribuição das produtividades por casta nos três locais em estudo nos anos de 2011,2012 e 2013. (Fonte: Sogrape S.A.).....	63
Figura 38- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático temperatura média (a) dos respetivos períodos de análise.	64
Figura 39- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático temperatura máxima (b) dos respetivos períodos de análise.	64
Figura 40- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático graus dia (c), acima de 10°C, dos respetivos períodos de análise.....	65
Figura 41- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático número de pulsos (d), de uma hora, acima de 30 °C, nos respetivos períodos de análise. ...	65
Figura 42- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático número de pulsos, de quatro horas, acima de 30 °C (e), nos respetivos períodos de análise.	66
Figura 43- Distribuição da produtividade das castas em estudo nos três diferentes locais 2011, 2012 e 2013.....	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Resumo estatístico das normais climatológicas de 1931-1960 para as estações da Região Demarcada do Douro. (Fonte Jones 2013).....	34
Tabela 2- Produtividade (kg/planta) de 2011 a 2014 nas propriedades da Sogrape alvo de análise. Fonte: Sogrape	42
Tabela 3- Resultados finais da produtividade do crescimento de estacas de videira de Alvarinho em câmara de crescimento.	50
Tabela 4- Caracterização Agronómica: resultados finais da fertilidade campo das videira de Alvarinho na região dos Vinhos Verdes e no Dão, recolhidos no estado fenológico g de Baggiolini.	51
Tabela 5- Distribuição do total de inflorescências no Dão por modalidade experimental	53
Tabela 6- Distribuição do total de inflorescências na Região dos Vinhos Verdes por modalidade experimental.	53
Tabela 7- Coeficientes estimados do modelo de regressão logística para dados dependentes selecionado para o fenómeno de abrolhamento. Os efeitos significativos são os correspondentes aos valores-p assinalados a cheio.....	58
Tabela 8- Coeficientes estimados do modelo de regressão logística para dados dependentes selecionado para o fenómeno de número de inflorescências. Os efeitos significativos são os correspondentes aos valores-p assinalados a cheio	61
Tabela 9- Valores dos fatores climáticos testados em diferentes períodos do ano e consequente produção obtida no ano seguinte.....	75

I- INTRODUÇÃO

A videira é uma planta vivaz, cujo ciclo biológico é composto por dois ciclos distintos, o vegetativo e o reprodutor (Mullins *et al.*, 1992). Ao longo do ciclo biológico vão ocorrendo transformações morfológicas e funcionais, que correspondem a diversas fases e fenómenos englobados no ciclo vegetativo anual (Lopes, 2009). O ciclo reprodutivo decorre ao longo de dois anos consecutivos, iniciando-se com a indução e diferenciação dos primórdios das inflorescências no interior dos gomos latentes, até à maturação da grainha na maturação fisiológica do ano seguinte (Magalhães, 2008). Deste modo, numa vinha o número máximo de cachos (rendimento potencial) é determinado durante o ano anterior aquando da diferenciação das inflorescências dentro dos gomos (May, 1961; Baldwin, 1964; Williams, 2000; Clingeleffer, 2001; Guilpart *et al.*, 2014).

Na equação de rendimento da produção vitivinícola entram vários parâmetros como: densidade de plantação, sistema de condução, práticas culturais e o tipo de poda escolhido (assim como o número de sarmentos por olho deixado à poda). Por outro lado, as condições climáticas, a sequência de vários acontecimentos fisiológicos assim como o material vegetal escolhido e a nutrição da planta são fatores com peso na equação de rendimento. Todos estes parâmetros influenciam o rendimento de forma diferente. Segundo Magalhães (2008) estes componentes do rendimento funcionam entre si de forma compensatória, não constituindo fatores independentes na sua contribuição para a produção. Isto é, aumentando um destes componentes não se traduz diretamente num aumento de produção, sendo equilibrado com os outros fatores. Exemplo evidente desta correlação é o aumento de carga à poda, dado que o rendimento não cresce proporcionalmente, já que nem todos os gomos irão abrolhar e o peso do cacho e bago podem ser menores.

As flutuações de rendimento inter-anuais rondam os 32,5%, sendo que o número de cachos por videira explica 60 a 70% dessa variação (Vasconcelos *et al.*, 2009; Clingeleffer, 2001). Deste modo, a elevada variabilidade do rendimento em viticultura, fez com que ao longo dos anos se tenham desenvolvido diversos métodos para estimar, com a máxima fiabilidade e antecedência possível, a produção anual vitícola. No entanto, como a formação de rendimento é um processo complexo por se realizar em

dois anos consecutivos (Vasconcelos *et al.*, 2009; Carmona *et al.*, 2008) torna a previsão difícil (Keller *et al.*, 2010).

O clima é um fator indissociável do sucesso de todos os sistemas agrícolas, no caso da produção vitivinícola por influenciar a adaptação de uma casta a uma determinada região e controlar a respetiva produção e qualidade, potenciando assim a sustentabilidade económica. Em nenhuma outra atividade agroalimentar a influência do clima é mais evidente do que na vitivinicultura (Jones, 2013). A estrutura climática média de uma região determina genericamente a aptidão das castas, já a variabilidade climática influencia questões do foro do risco de produção e da qualidade ano após ano (Jones, 2013).

Para atingir sucesso reprodutivo, as plantas precisam de condições ambientais propícias e a transição floral é um dos momentos mais importantes no ciclo de vida das plantas. Sabe-se que a dinâmica da indução floral na videira é favorecida por questões não só inerentes à parte vegetal mas por fatores externos como condições climáticas, nutrição e disponibilidade em água. Considerando a disponibilidade de água um pré requisito maioritariamente mantido no nosso clima, a luz e a temperatura têm um efeito direto da indução floral, sendo a fertilidade de cada casta dependente em grande parte da exposição à luz dos gomos no período de indução (Ribereau-Gayon, 2006). Deste modo a função reprodutora da vinha é ativamente afetada por fatores ambientais no anterior e presente ano, sendo preciso levar isto em conta nas decisões a serem tomadas na gestão da vinha (Fuente, 2014). Assim, as condições durante a iniciação e a diferenciação dos primórdios de inflorescências nos gomos latentes no ano anterior irão exercer uma importante influência no número de inflorescências do ano atual e assim no potencial de rendimento (Watt *et al.*, 2008).

Portugal é o quinto produtor europeu de vinho e o décimo primeiro a nível mundial (OIV, 2015). Sendo então a vinha uma cultura com muito peso económico, pelo que entender os factores que regulam os períodos de floração pode ser relevante para melhorar o rendimento e qualidade da cultura (Carmona *et al.*, 2007). A produção portuguesa de vinho é igualmente caracterizada por uma forte variabilidade de ano para ano, com diversas consequências para todos os operadores no sector vitivinícola. Apesar da instabilidade de produção e a importância da produção de vinho em Portugal, assim como em outros países, não existe nenhum sistema preciso, barato e operacional na previsão de rendimento à escala da propriedade individual (Cunha *et al.*, 2010). A possibilidade da produção anual ser conhecida antecipadamente reveste-se de

particular importância por permitir planejar e gerir atempadamente os recursos disponíveis, avaliar se a produção prevista cobre as necessidades sem comprometer a qualidade das uvas e o impacto a nível de mercado, seja pela gestão de *stocks* ou vendas.

Deste modo, o objectivo deste estudo é validar técnicas ao nível da propriedade individual que permitam aos responsáveis aferir sobre o potencial de fertilidade na sua propriedade vitivinícola e relacionar as condições climáticas verificadas no período de indução floral e o seu impacto na fertilidade de modo a permitir inferir sobre o potencial de produção até um ano de antecedência em relação à vindima.

II- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Implicações da variabilidade no rendimento em Viticultura

A irregularidade da quantidade de vindima, reflete-se também em oscilações anuais nos mercados. Com frequência verificaram-se períodos de expansão algo descontrolada, originando subidas dos preços e arrastando atrás de si os volumes de produção, após o que o mercado tem levado a correções que, não raro, têm gerado crises, levando os viticultores a situações muito difíceis (Lopes, 2009). Apesar de inúmeros estudos da influência ambiental e cultural no desenvolvimento reprodutivo, o processo continua pouco percebido. Existem flutuações inter-anuais de rendimento na ordem dos 32%, onde o número de cachos por videira parece explicar 60-70% dessa variação (Vasconcelos *et al.*, 2009).

Prever a produção em viticultura é um aspeto crítico na indústria vitivinícola, pois permite que os produtores ajam de modo mais preciso e confiante em investimentos em bens de capital, negociação de preços, horários de trabalho e desenvolvimento de estratégias de marketing (Liu *et al.*, 2013). As previsões de vindima permitem igualmente às adegas determinar o seu espaço, maquinaria e necessidade em funcionários durante o período de colheita. Além disso, a previsão da colheita reveste-se de particular importância quando se trata de uma exploração vitícola, que tendo acesso a um método prático, rápido e fiável, que lhe permita levar a cabo prognósticos precoces de rendimento ao nível da parcela de vinha, disponibilizando elementos de ajuda à decisão que podem determinar a realização de intervenções na cultura para que produção mantenha a qualidade definida ou que preencha as necessidades da exploração.

Os métodos atualmente propostos para uma estimativa à parcela – essencialmente baseados em contagens e/ou pesagens de inflorescências, de cachos por cepa ou de bagos por cacho – acarretam uma execução pesada, tendo em conta a qualidade da informação fornecida (Serrano *et al.*, 2008)

Assim, um dos desafios passa por fornecer à fileira um método prático, fiável e rápido que permita levar a cabo previsões precoces de produtividade.

2. Componentes do rendimento e época da sua formação

Os componentes do rendimento que influenciam diretamente a produção final são (Lopes, 2009; Magalhães, 2008, Dunn & Martin, 2000):

- a) **Número de videiras plantadas:** densidade de plantas por hectare;
- b) **Número de olhos por videira:** varia consoante o tipo de poda escolhida, a casta, o vigor da planta, as potencialidades do meio;
- c) **Número de sarmentos por olho deixado à poda:** manifesta-se com o abrolhamento e é controlado na despampa;
- d) **Número de inflorescências por sarmento:** depende da diferenciação floral ocorrida na Primavera do ano anterior. Será a componente em estudo nesta dissertação;
- e) **Número de flores por inflorescência:** determinada antes do abrolhamento e dependente das condições climáticas desse período (nomeadamente a temperatura do ar, pois quanto mais elevada, menor o número de botões florais por inflorescência).
- f) **Número de bagos por cachos:** depende da taxa de vingamento e resulta da regular polinização e germinação do grão de pólen para fecundação do óvulo, até ao seu desenvolvimento em grainhas e formação do bago a partir do ovário;
- g) **Peso por bago:** obtém a sua expressão desde o vingamento até à vindima.

3. Ciclo biológico da videira

Sendo a videira uma planta vivaz, segundo Queiroz (2010) deve assegurar três funções (Figura 1):

- A. Crescimento Vegetativo:** origina folhas e ramos, a cada ano, de modo a assegurar o desenvolvimento do sistema radicular e o aumento do diâmetro do tronco. As principais sub fases são seguintes:
 - a. Abrolhamento;
 - b. Crescimento;
 - c. Atempamento;
 - d. Queda das folhas;
 - e. Dormência nos gomos;

B. Atempamento: corresponde ao fenómeno de depósito de substâncias de reserva, sob a forma de amido, armazenadas principalmente no interior dos tecidos das raízes, tronco, braços e sarmentos.

C. Ciclo Reprodutor: Corresponde à formação e desenvolvimento das inflorescências, crescimento dos cachos, bagos e grainhas.

Devido a esta tripla função e principalmente devido ao atempamento ou acumulação de reservas, existindo uma interdependência entre as diferentes fases fisiológicas, cujo desenvolvimento de cada fase depende da que a precede. Deste modo cada ciclo anual influencia obviamente o seguinte (Queiroz, 2010).



Figura 1 - Ciclo anual da Videira no Hemisfério Norte (Fonte: Magalhães, 2008)

4. Anatomia dos gomos

Um sarmento é constituído por uma sucessão de meritalos ou entrenós, separados por nós (intumescências). O comprimento de um sarmento varia conforme as práticas culturais e em cada nó podemos encontrar a marca de uma folha que caiu. É sobre estes nós que se encontram os gomos latentes e os gomos prontos do mesmo lado que as folhas e as gavinhas ou cachos opostos às folhas (Chauvet & Reynier, 1984).

Potencialmente cada lançamento pode desenvolver um complexo axilar de gomos, distinguindo-se diferentes tipos de gomos, como se apresenta na Figura 2 (Vasconcelos *et al.*, 2009):

- **Gomo pronto**, também denominado por gomo antecipado ou gomo lateral, posicionado na face dorsal do lançamento. Dá origem às netas;
- **Olho (gomo) latente ou hibernante** possui três gomos em diferentes estados de desenvolvimento: primário, secundário, terciário.

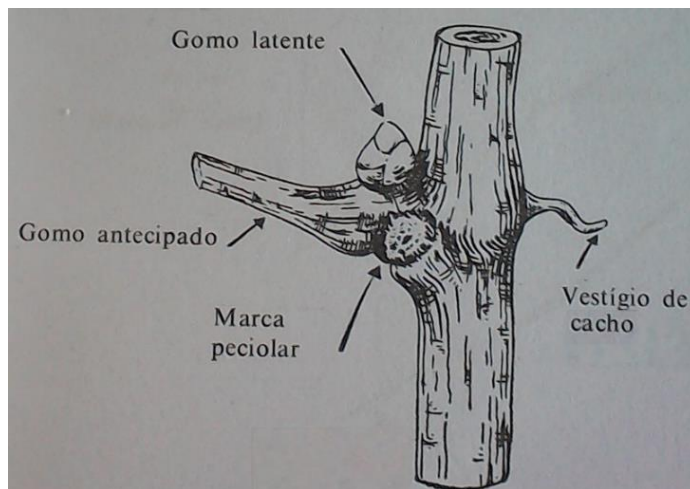


Figura 2- Constituição de um nó em videira. (Fonte: Chauvet & Reynier, 1984)

Enquanto o gomo pronto pode desenvolver-se no lançamento no ano em que é formado, dependendo das condições ambientais e fatores genéticos, o gomo latente irá abrolhar e crescer passado 9 a 12 meses depois do seu desenvolvimento inicial. Todos os três gomos dentro do olho latente permanecem dormentes durante a época de crescimento em que são formados, a não ser que sejam estimulados por uma poda severa (Vasconcelos *et al.*, 2009). Os gomos têm um papel primordial na produção vitícola, pois eles são o centro da iniciação floral (Chauvet & Reynier, 1984). Durante o desenvolvimento do lançamento o meristema do gomo apical produz quer primórdios de folha quer estruturas merismáticas referidas na bibliografia com o termo *anlagen* (primórdios indefinidos), termo introduzido por Barnard, citado por Cunha *et al.*, (2010). Estes primórdios indefinidos irão diferenciar-se futuramente numa estrutura extra-axilar, cuja designação final dependerá do estado de desenvolvimento da planta e condições climáticas em que este primórdio é formado (Vasconcelos *et al.*, 2009). O *anlagen* irá desenvolver-se em primórdios de inflorescências ou primórdio de gavinha (Figura 3). A formação do *anlagen* é a primeira indicação do estado reprodutor em videira (Williams, 2000).

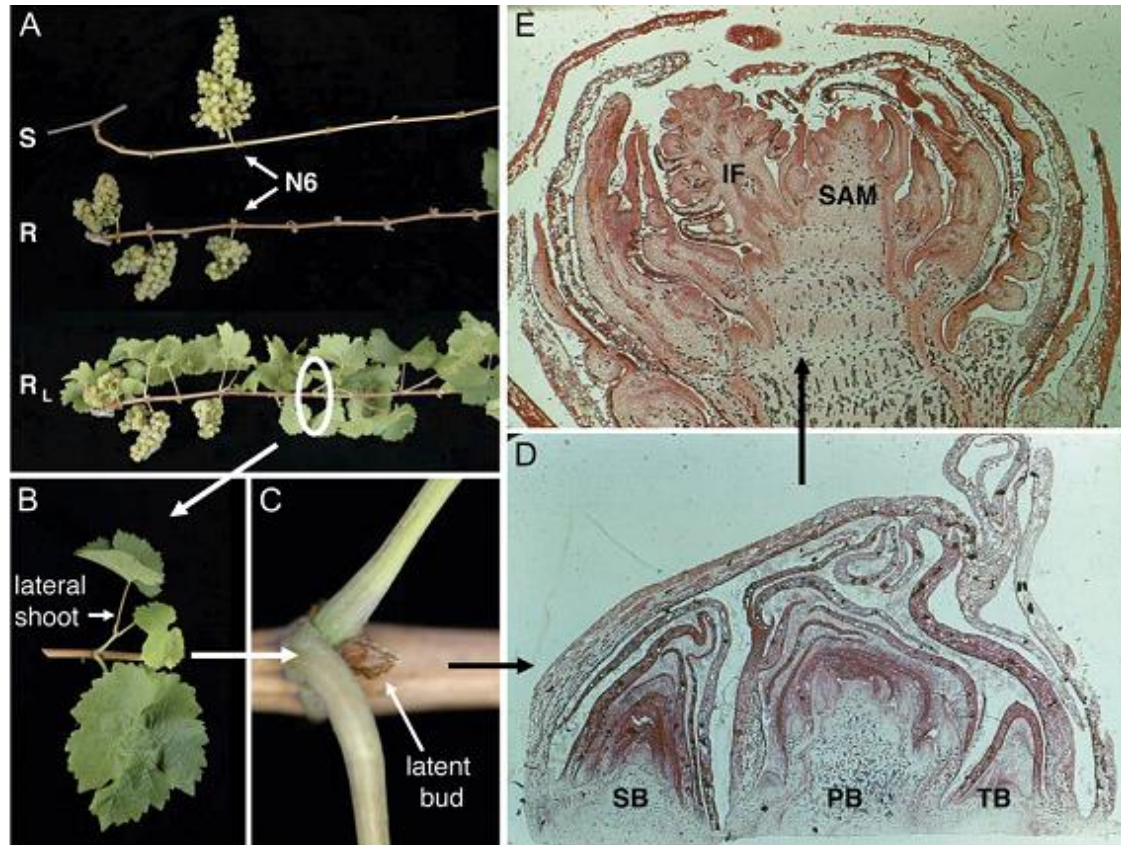


Figura 3- Desenvolvimento reprodutivo da videira: A- Posição dos cachos em varas de *Sultana* (S) e *Riesling* (R)- o primeiro cacho de *Sultana* e o ultimo de *Riesling* estão ambos no nó 6 (N6) a contar da base em lenho do 2ºano. B- Gomo latente na base de um lançamento lateral que se desenvolveu de um gomo axilar na base de uma folha. C- Posição Gomo latente. D- Corte longitudinal de um gomo de *Sultana* onde se pode visualizar os gomos primários (PB), secundários (SB) e terciários (TB). E- Secção transversal de um gomo primário latente onde se pode visualizar um primórdio de inflorescência (IF) à esquerda e um sistema merismático à direita (SAM). (Fonte: Carmona et al.,2008)

Darwin (1875) comprovou a existência homóloga entre gavinha e inflorescências em *Vitaceae* onde é geralmente aceite que ambos os lançamentos têm uma origem comum (Carmona *et al.*, 2007). Esta hipótese é baseada em várias observações:

- i. São ambos derivados do mesmo meristema, o *anlagen*;
- ii. Cada órgão pode substituir o outro dependendo das condições climáticas e hormonais (Boss *et al.*, 2003; Srinivasan & Mullins, 1981a);
- iii. Órgãos intermédios entre as gavinhas e inflorescências são frequentemente formados (Boss *et al.*, 2003).

5. Ciclo Reprodutor da videira: Ano 1

A atividade reprodutora da vinha começa no ano anterior à formação das estruturas reprodutoras. Assim o seu ciclo reprodutor decorre ao longo de dois ciclos vegetativos consecutivos, iniciando-se com a indução e diferenciação dos primórdios das inflorescências, no interior dos gomos hibernantes, no final da Primavera/Início Verão (Fuente, 2014). Conclui-se no ciclo seguinte com o aparecimento das inflorescências e mais tarde o cacho.

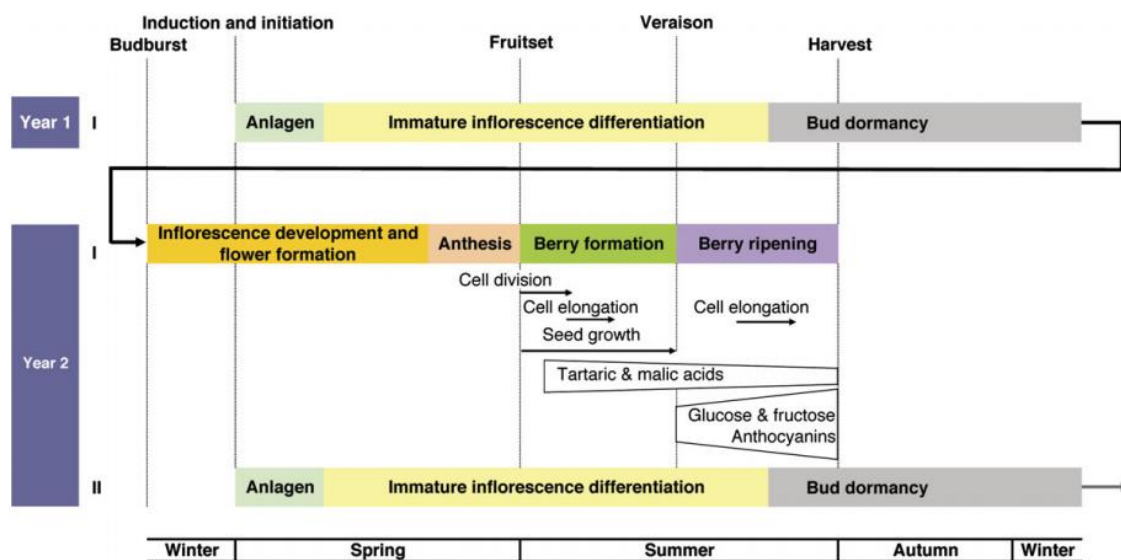


Figura 4- Esquema do desenvolvimento reprodutor da videira no espaço temporal de dois anos. (Adaptado de Carmona *et al.*, 2008).

5.1. Período da iniciação e diferenciação dos primórdios de inflorescências

Ocorrem dois fenómenos de iniciação floral no ano (Figura 4), o primeiro é de indução floral, onde o meristema do estado vegetativo passa ao reprodutor, que ocorre perto da época de floração do ano atual. Já o segundo fenómeno é a diferenciação, onde se formam os esboços das inflorescências (Toda, 1991)

É difícil definir concretamente o período em que ocorre a iniciação e diferenciação floral (Clingeleffer, 2001), Watt *et al.*, (2008) demonstrou a diferença de períodos com a casta Chardonnay, onde a iniciação dos primórdios ocorre 4 semanas após o abrolhamento em climas quentes e só passado 6 semanas após abrolhamento

em climas mais frios. Existem também estudos que apontam para uma relação positiva entre as temperaturas no período de 15 Junho a 15 Julho no Hemisfério Norte e o número de inflorescências do ano seguinte (Toda, 1991; Mullins *et al.*, 1992). Em termos de fenologia, a iniciação dos primórdios ocorre durante o estado G (Cachos Separados) até ao estado I (Floração) de *Baggiolini* (Clingeleffer, 2001; Cunha *et al.*, 2010).

Assim, o período de tempo médio de ocorrência em Portugal, podemos sugerir que o início da diferenciação das inflorescências ocorre durante o mês de Maio, ainda antes do período de floração, prosseguindo durante Junho até meados de Julho (Sánchez & Dokoozlian, 2005; Magalhães, 2008; Vasconcelos *et al.*, 2009). Por essa altura, cessa o desenvolvimento dos primórdios das inflorescências entrando o gomo em dormência até à Primavera seguinte (Magalhães, 2008). Só no período do abrolhamento seguinte se dá a diferenciação das diferentes peças florais (Mullins *et al.*, 1992)

5.2. Formação dos primórdios das inflorescências

O olho latente, localizado no sarmento, entra em atividade na Primavera ao abrolhamento. Apenas o gomo principal desse olho latente se desenvolve em pâmpano. Os gomos secundários sofrem uma inibição de tipo hormonal da parte do gomo principal e não se desenvolvem a não ser que o gomo principal seja eventualmente destruído por condições climáticas adversas. Quando o gomo principal entra em atividade os esboços dos órgãos preformados terminam a sua diferenciação e desenvolvem-se. É nesta parte, formada por 6 a 10 meritalos que estão os esboços das inflorescências. O pâmpano continua a alongar-se graças à atividade do gomo terminal que vai assim iniciar uma fração nova do ramo. Durante o Verão os gomos latentes do ramo entram num estado de vida retardada, chamado de dormência, estado no qual ficarão até à Primavera seguinte (Magalhães, 2008).

Após a diferenciação dos primeiros 3 a 4 primórdios foliares, formam-se, a partir do ápice vegetativo, protuberâncias de tecidos merismáticos, de forma arredondada, do lado oposto aos primórdios das inflorescências (uma ou duas, raramente 3), ou então diferenciam-se em gavinhas. A futura inflorescência é então constituída por um eixo com pequenas brácteas, na axila das quais se inserem ramificações rudimentares globosas. A diferenciação em flores processa-se no abrolhamento do ano seguinte, depois do recomeço vegetativo na Primavera. Assim a origem das inflorescências e das gavinhas

é pois comum, dispondo-se qualquer um destes órgãos sempre do lado oposto ao da folha na videira (May, 2000).

Resumindo, ocorrem três fases na iniciação floral (Toda, 1991):

- i. **Indução Floral:** em que uma parte do meristema apical é transformado em meristema reprodutor;
- ii. **Diferenciação das inflorescências:** as porções anteriores que passam para o estado reprodutor vão-se diferenciando progressivamente em inflorescências;
- iii. **Diferenciação das flores:** começam a diferenciar-se as peças florais, que terminam no ano seguinte, no abrolhamento.

As condições climáticas, nomeadamente a radiação solar e a temperatura, tem o maior potencial para regular a diferenciação do *anlagen* em primórdio de cachos ou gavinhas. Nomeadamente alta intensidade de radiação solar e elevadas temperaturas favorecem a formação de primórdios de inflorescências (Williams, 2000).

5.3. Fatores ambientais

Ao contrário de outras plantas, nem o fotoperíodo nem a vernalização são muito importantes para a indução da floração em videiras, mas sim exposições curtas a elevadas temperaturas e elevada intensidade luminosa no ano anterior à campanha tem mostrado promover a indução floral da vinha. A combinação de temperaturas amenas, iluminação suficiente dos gomos e a ausência de *stress* hídrico e nutricional são requeridos para uma ótima iniciação (Vasconcelos *et al.*, 2009).

Assim, os fatores ambientais exercem a sua influência na floração modificando a composição química interna, particularmente o balanço de hormonas endógenas assim como o seu impacto na fotossíntese da videira (Vasconcelos *et al.*, 2009).

5.3.1. Luz e Temperatura

Foi constatado experimentalmente por Srinivasan & Mullins (1981b), uma correlação positiva muito significativa entre os valores da temperatura e a percentagem de lançamentos férteis, e por outro lado, uma influência importante, também positiva, de valores elevados da temperatura ($> 30^{\circ}\text{C}$), entre meados de Junho a meados de Julho, sobre o desenvolvimento de eixos secundários das inflorescências.

Em experiências realizadas sobre clima controlado, Buttrose (1969,1970 e 1974), um pulso de quatro horas de temperatura elevada por dia foi suficiente para induzir o máximo número de inflorescências, quando aplicados três semanas antes da formação lateral dos meristemas. O mesmo autor, num estudo com as castas *Riesling* e *Shiraz* demonstrou que estas apresentaram uma fertilidade média de 0,6 primórdios/gomo a 20 °C, havendo aumentos significativos entre 25 e 30 °C, atingindo o *Riesling* o pico de fertilidade aos 30 °C. MacGregor (2000) monitorizou a casta *Chardonnay* durante 8 anos e estabeleceu uma forte relação entre a temperatura na iniciação e o número de cachos por lançamento na campanha seguinte, com o número de cachos a aumentar 0,22 cachos/lançamento por cada 1 °C, numa gama de temperaturas entre 13,8 – 17,5 °C.

A luz disponível na Primavera do ano anterior também é um factor crítico para a indução floral. Sendo que, sombreamento nesta altura tem um efeito maior na diminuição da fertilidade do que noutra altura (Srinivasan & Mullins, 1981b). Coincide com o período em que o *anlagen* está a ser iniciado e diferenciado nos gomos que vão ser retidos na poda do ano seguinte. Os resultados de Buttrose (1969) mostraram evidências que a temperatura e a intensidade da luz afetam independentemente a fertilidade das vinhas, Figura 5. Podem ser influências aditivas dentro de um limite de condições estudadas, atingindo pontos de saturação.

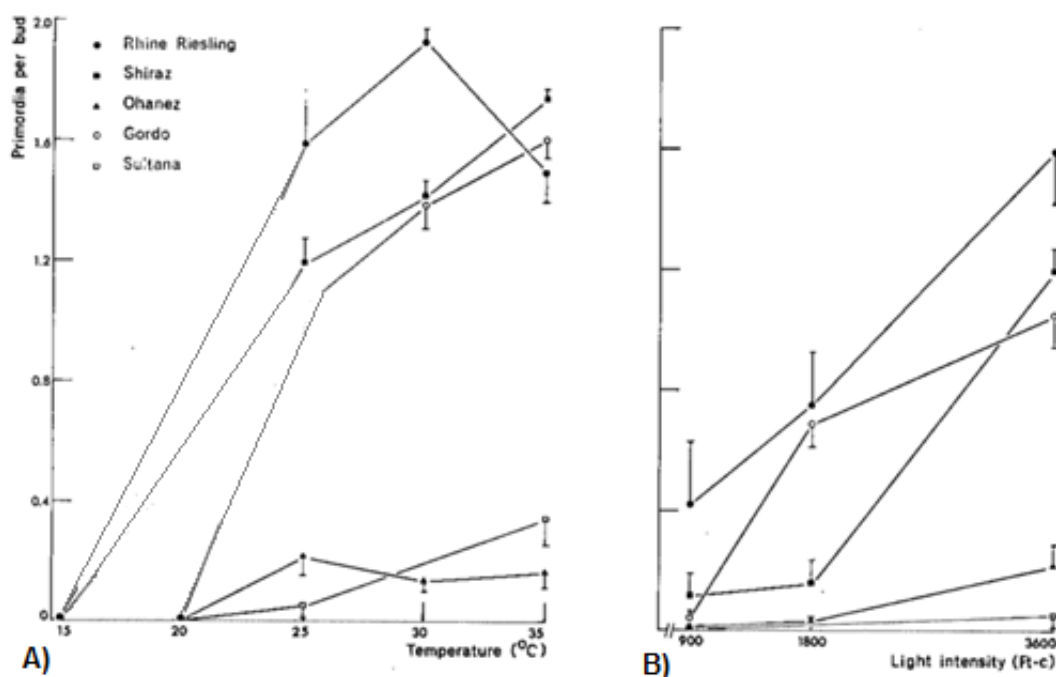


Figura 5 - A) O efeito da temperatura no número médio de primórdios de inflorescências por gomo para 12 gomos basais. A luz era de 3600 f.c para 16 horas de luz. B) Efeito da intensidade da luz no número médio de primórdios de inflorescências por gomo em 12 gomos. Aqui o tempo de luz foram 16 horas a 25 °C. A barra vertical é igual a 1 x erro padrão da média. (Fonte: Buttrose, 1969)

Já Sanchez (2005) defende que o sombreamento pode reduzir a fertilidade por afetar o desenvolvimento da folha dentro do gomo e que o primórdio foliar tinha que atingir um certo tamanho e ser iluminado corretamente para que ocorram reações fotoquímicas que levarão à indução floral. Mais uma vez aqui se comprovaram as diferenças inter-varietais específicas quanto às necessidades térmicas ótimas para a diferenciação. As castas *Thompson Seedless* (TS) e *Flame Seedless* (TS) atingiram o máximo de fertilidade aos 25 °C, mas a 18 °C FS foi melhor que TS e a 32 °C o contrário.

Assim uma combinação de exposição a elevadas temperaturas e elevada intensidade de radiação são necessárias para haver o máximo de frutificação nos gomos latentes (Mullins *et al.*, 1992).

5.3.3. Efeito do *stress* hídrico

O estado hídrico de uma videira afeta a fertilidade dos gomos quer diretamente pela quantidade de água disponível para os processos de biossíntese durante a divisão e crescimento celular, quer indiretamente pela fotossíntese, captação de nutrientes e microclima nas imediações do gomo (Loveys e Kriedeman 1973 citado por Vasconcelos *et al.*, 2009).

Buttrose (1974), realizou o primeiro estudo que relaciona exclusivamente o efeito do *stress* hídrico e a fertilidade da vinha. Recolheu varas em dormência e armazenou-as a 4° C para que fossem acumuladas as horas de frio necessário para o abrolhamento. De seguida colocou as amostras em contentores de plástico, numa estufa a temperatura média de 24° C e experimentou três diferentes estratégias de rega, onde o início da rega se iniciava a:

- A. 60% Capacidade de campo;
- B. 40% Capacidade de campo;
- C. 20 % Capacidade de campo.

Ao nível da fertilidade, o número de primórdios/olho foi significativamente ($p=0,001$) afetado pela posição do gomo e também ($p=0,001$) pela estratégia de rega adotada. O número de primórdios/olho desceu com o aumento do *stress* hídrico assim como o peso dos primórdios, assim a fertilidade é diminuída por *stress* hídrico, Figura 6.

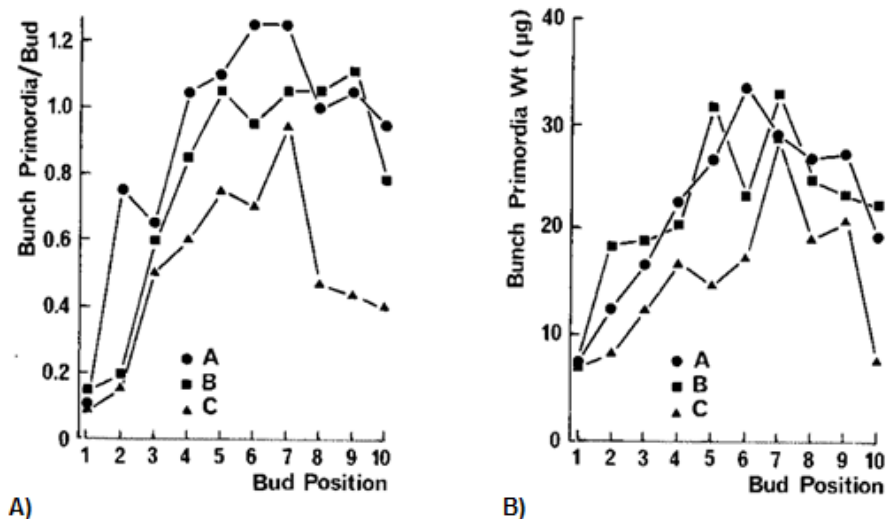


Figura 6- A) Numero médio de primórdios de cachos por gomo nos gomos ao longo do lançamento depois da colheita, de um ponto geral a tendência é A>B> C. B) Peso médio dos primórdios de cachos por gomo. A tendência geral é A=B>C (Fonte: Buttrose, 1974)

É possível que o efeito do *stress* hídrico possa fazer parte do efeito geral do crescimento. Lovelys e Kridemann (1973) citado em Buttrose (1974), demonstrou que o *stress* hídrico resultou numa redução de fotossíntese. E por isso, menos hidrato de carbono disponível, existindo algumas evidências que a indução de primórdios de gomos está ligada ao fornecimento de hidratos de carbono (Buttrose, 1969). Considerar uma irrigação no período de formação de gomo pode ser importante para influenciar o potencial da cultura em clima seco e quente, pois enquanto as elevadas temperaturas e boa luminosidade favorecem a fertilidade, é nestes períodos que muitas vezes se regista *stress* hídrico, havendo então um conflito de fatores (Buttrose, 1974).

No entanto, sendo difícil interpretar estas relações entre o *stress* hídrico e a fertilidade dos gomos latentes devido à complexidade de interações em que o fator água está envolvido, podemos então afirmar que o fornecimento adequado de água ao longo da campanha é essencial para uma maior fertilidade de gomos, mas só se os outros fatores ambientais forem igualmente contributivos para a produtividade (Vasconcelos *et al.*, 2009).

5.4. Influencia dos fatores hormonais no período de indução floral

Ao nível das hormonas, tanto as giberelinas (GAs) como as citoquininas parecem estar envolvidas no papel do controlo da indução floral em vinha. As giberelinas promovem a iniciação do meristema lateral mas inibem o seu desenvolvimento em inflorescências, favorecendo o crescimento de gavinhas (Carmona *et al.*, 2008), Figura

7. Plantas tratadas com giberelinas apresentaram abrolhamento precoce e formação de meristemas laterais, que resultaram em gavinhas (Carmona *et al.*, 2007). Além disso, quer a iniciação do meristema lateral quer o crescimento das gavinhas são suprimidos por clormequato (cloreto), um inibidor da síntese de giberelinas (Srinivasan & Mullins 1981b). Torna-se então evidente, a hipótese que as giberelinas ou um sinal dependente das giberelinas inibem a diferenciação em inflorescências (Boss *et al.*, 2003).

Já as citoquininas parecem contribuir positivamente para o desenvolvimento de inflorescências do meristema lateral. Numa primeira instância, quando os primórdios de gavinha são isolados e desenvolvidos *in vitro* numa solução com citoquininas, estes rapidamente ramificam e desenvolvem estruturas de inflorescências (Srinivasan & Mullins, 1981a). Inclusive, a aplicação repetitiva de uma hormona semelhante à citoquinina, PBA, promove nas pontas dos lançamentos, novos meristemas laterais e primórdios de gavinhas desenvolvem-se em inflorescências (Srinivasan & Mullins ,1981a).

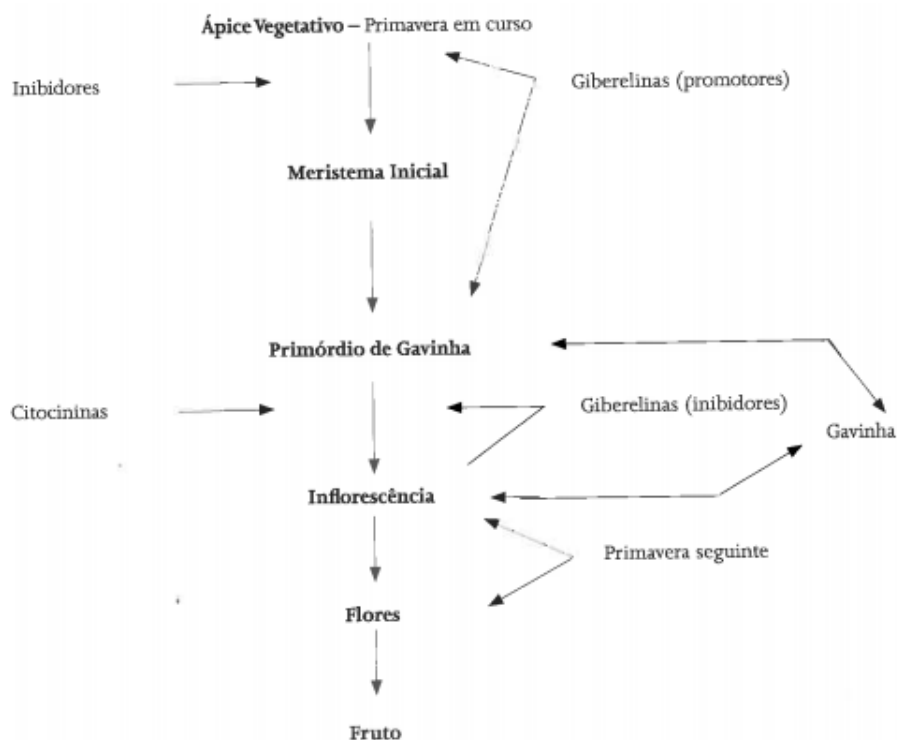


Figura 7- Fases da diferenciação e intervenção hormonal. (Fonte: Magalhães, 2008)

Ao todo, estes resultados sugerem que a variação do nível de giberelinas e citoquininas podem determinar o desenvolvimento futuro dos meristemas laterais. É igualmente possível que sinais ambientais, como aumentos de luz e temperatura, podem regular a diferenciação dos meristemas laterais através dos seus efeitos na

biossíntese destas hormonas ou as suas vias de respostas a estas hormonas (Vasconcelos *et al.*, 2009)

5.5. Fertilidade do gomo e nutrição

A fertilidade dos gomos é dependente de condições climáticas e opções culturais como a despona e o sistema de condução, no entanto, apesar de não existirem muitos estudos que relacionam os efeitos da nutrição na formação de inflorescências, tem havido estudos recentes que mostram que a fertilidade em gomos latentes do corrente ano está mais ligada ao potencial hídrico e nível de azoto durante a floração do ano anterior do que do presente ano (Guilpart *et al.*, 2014). A fertilidade dos gomos também está relacionada às suas reservas de carbono, como os hidratos de carbono acumulados nos gomos, preferencialmente na forma de amido. Este pode ser convertido em açúcares solúveis, estimulando o abrolhamento no ciclo posterior.

A fertilidade é igualmente dependente do teor de proteínas, especialmente de azoto (Rosa *et al.*, 2014) e um adequado fornecimento de azoto é necessário para a formação de primórdios de inflorescências e a sua diferenciação em flores (Alleweldt e Ilter, 1969 citado por May (2000)). Este autor também mostrou que um aumento da fertilização em azoto aumentou não só o número de inflorescências por gomo, como também o número de flores por inflorescências. No entanto, é preciso ter em consideração que um fornecimento excessivo de azoto pode incentivar o crescimento vegetativo em detrimento do ciclo reprodutor, a planta aumenta o seu porte vegetativo e vigor prejudicando o microclima da videira nas condições de luminosidade e temperatura dos gomos, podendo assim diminuir a fertilidade dos gomos latentes (Vasconcelos *et al.*, 2009). Em relação aos outros nutrientes, é igualmente favorável uma boa nutrição em fosforo e potássio (Larsen, 1963).

Há, no entanto, diferentes sensibilidades entre castas em relação ao fator de nutrição. Rosa *et al.*, (2014) e Guilpart *et al.*, (2014) constataram isto com diferenças de fertilidade nos gomos, em tratamentos semelhantes, primeiro com as castas *Cabernet Sauvignon* e *Nebbiolo* e o segundo com *Shiraz* e *Aranel*, podendo haver aqui fatores genéticos a intervir.

5.6. Desordens no ciclo reprodutor antes da ântese

5.6.1. Necrose do gomo

A necrose do gomo é uma desordem fisiológica caracterizada por um abortamento e consequente dissecação do gomo primário, como se apresenta na Figura 8, maioritariamente presente nos gomos basais e está relacionado com o vigor vegetativo (Vasconcelos *et al.*, 2009). Esta necrose ocorre normalmente no gomo primário, não afetando os gomos secundários e terciários, que apresentam normalmente baixa fertilidade (Collins *et al.*, 2006)

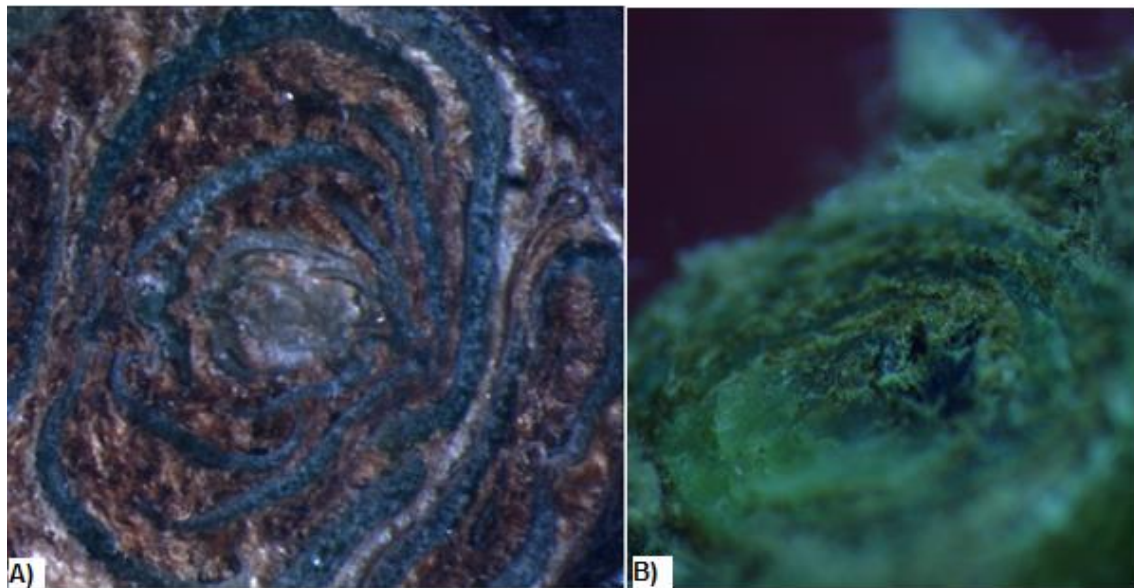


Figura 8- A) Gomo dormente com necrose do gomo primário e secundário. Fonte: Vasquez & Fidelibus (2006). B) Fotografia de necrose do gomo primário de Alvarinho. Foto autoria própria.

A necrose do gomo primário pode ser uma importante fonte de variação de rendimento, pela perda de gomos férteis, existindo castas mais suscetíveis a este fenómeno, como *Riesling*, *Viognier*, *Shiraz* e *Sultana* (Vasconcelos *et al.*, 2009). Esta desordem acontece independentemente do nível de diferenciação do primórdio de inflorescência. As causas podem ser variadas, desde o elevado vigor do pânpano, aos elevados níveis de azoto no solo, sombreamento na canópis e aplicação exógena de giberelinas, cuja aplicação durante a floração leva ao fraco abrolhamento dos gomos na campanha seguinte. A excessiva rega também é uma possível causa, assim como baixos níveis de hidratos de carbono dentro do gomo e condições climáticas e culturais que favoreçam o elevado vigor da videira (Vasconcelos *et al.*, 2009).

5.6.2. Reversão da diferenciação

Apesar de alguns estudos assumirem que a reduzida fertilidade é devido à fraca diferenciação dos primórdios de inflorescências, há alguns estudos que indicam que o abortamento de primórdios de inflorescências é possível (Vasconcelos *et al.*, 2009). Matthews (1989) refere que mais primórdios de cachos são iniciados na campanha do que aqueles que são mantidos na campanha seguinte. A cultura de primórdios de inflorescências excisados de *Pinot Noir* e *Chardonnay* com giberelina levou à formação de lançamentos ou gavinhas, indicando assim que é possível esta reversão de estruturas reprodutivas para estruturas vegetativas (Vasconcelos *et al.*, 2009).

5.6.3. *Filage*

Filage, termo francês ou *verrunkung*, em alemão, é o termo usado para expressar a reversão da inflorescência para gavinha, fenómeno de abortamento das flores antes da antese. Consiste no desaparecimento dos primórdios de inflorescências entre o abrolhamento e a floração (Toda, 1991). As flores param de crescer e criam uma abscisão na camada que forma o pedúnculo. O resultado são gavinhas ramificadas que ainda contem algumas flores rudimentares na extremidade, que não vão abrir, Figura 9, (Vasconcelos *et al.*, 2009). Este fenómeno ocorre duas semanas antes da antese quando a ráquis se expande rapidamente em pânpanos vigorosos expostos a elevadas temperaturas. É frequente em castas com cachos muito grandes (Vasconcelos *et al.*, 2009).

O termo *filage* também é usado quando as inflorescências têm poucas flores devido à fraca diferenciação da campanha anterior por condições desfavoráveis, como temperaturas frias (Vasconcelos *et al.*, 2009).



Figura 9- *Filage* numa vinha, nota-se que a inflorescência tornou-se em gavinha, contendo só alguns botões florais na extremidade. Fonte: Celce, (2013)

5.6.4. Necrose das inflorescências

Caracteriza-se pelo desenvolvimento de necroses em flores e pedúnculos, Figura 10. As causas não estão bem definidas, apesar de haver alguma ligação que o *stress* de água ou nutrientes antes da floração aumenta a sua incidência (Vasconcelos *et al.*, 2009).



Figura 10- Necrose dos pedúnculos do cacho. Fonte: Celce, (2013)

6. Processo de floração: Ano 2

A formação de flores em videira é um processo complexo e altamente influenciado por condições ambientais e práticas em viticultura (Vasconcelos *et al.*, 2009). A formação floral dos primórdios de inflorescências acontece no abrolhamento da época seguinte, onde um pouco antes do abrolhamento, têm lugar a macro e a microesporogénese, fenómenos que constituem o encerramento dos processos de diferenciação, através da formação sucessiva das diferentes peças florais, cálice, corola, estames e pistilo (Mullins *et al.*, 1992).

No período entre Maio e Junho dá-se a floração, a fecundação e o vingamento dos bagos. Os óvulos, depois de fecundados, transformam-se em grainhas, as quais incluem no seu interior o embrião e o albúmen (ou endosperma), resultando, o primeiro, da fusão de um gâmeta masculino com a oosfera; o segundo, da fusão de outro gâmeta com a célula mãe do saco embrionário. Neste fenómeno, por ação hormonal decorrente da própria fecundação, as paredes do ovário desenvolvem-se, dando origem à polpa e à película do bago (Magalhães, 2008). No período do pintor, as grainhas iniciam o seu processo de maturação, em simultâneo com a do bago, até atingirem a maturação fisiológica, altura em que potencialmente passam a ter capacidade germinativa para dar origem a uma nova planta, Figura 11.

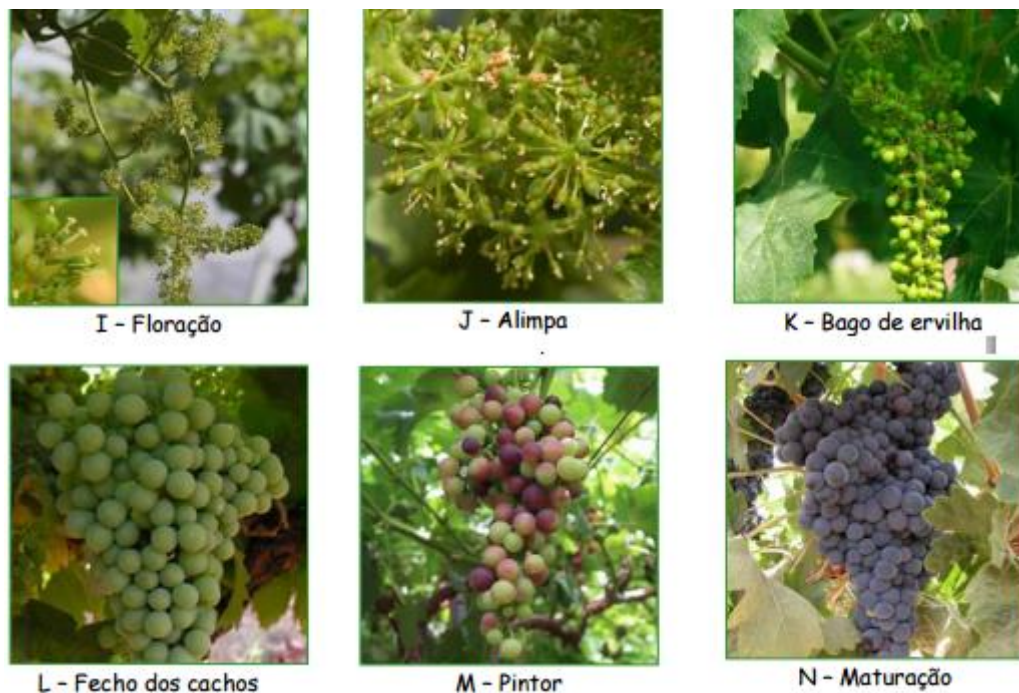


Figura 11- Estados Fenológicos do Ciclo Reprodutor da videira (2º ano) segundo Baggiolini. (Adaptado de Estação de Avisos Agrícolas do Algarve, n.d.)

7. Técnicas de determinação antecipada de fertilidade

O valor do rendimento pode ser obtido por métodos tradicionais, baseados nas componentes de rendimento e na informação fenológica e climatológica, colhida ao longo dos anos (Liu *et al.*, 2013). Estes métodos são baseados em três componentes: o número de cachos por videira, o número de bagos por cacho e o peso do cacho (Dunn, 2010). As primeiras duas variáveis podem ser determinadas com alguma segurança por amostragem local.

No entanto, o peso médio dos cachos é a maior fonte de variação, sendo aconselhado fazer um estudo do peso médio ao longo dos anos (Liu *et al.*, 2013). Contudo, este novo valor, não entra em conta com variáveis que possam ter acontecido naquele ano que possam ter provado alterações. Segundo Dunn (2010), a previsão da produção em parcelas de vinha pode melhorar se se conseguir prever o peso médio final do cacho, o qual continua a ser a principal fonte de erro por se verificarem oscilações acentuadas de ano para ano. Este autor defende que a previsão antecipada do peso médio do cacho por campanha pode ser realizada através da boa correlação com o número de botões florais, processo não destrutivo de estimativa que pode ser adotado em métodos de análise espacial do cacho.

Nos últimos anos, têm tido desenvolvimento diversos métodos para estimar, com a máxima fiabilidade e antecedência possível, a produção real de uma vinha. Diversos autores, fugindo dos métodos tradicionais, (Bloom *et al.*, 2005; Diago *et al.*, 2012; Dobrowski, 2003; Dunn & Martin, 2007; Martínez-Casasnovas, 2005; Nuske *et al.*, 2011), têm construído métodos indiretos para fazer previsões, desde métodos aeropolínicos a métodos de tratamento de imagem via satélite.

7.1. Observação de cortes longitudinais de gomos em parafina

Este método consiste em realizar cortes de gomos mediante o uso de um micrótopo de congelação ou por inclusão em parafina das amostras de modo a contabilizar, fazendo a observação em microscópio, a quantidade de primórdios de inflorescências (Figura 12). Nesta técnica, para facilitar a entrada do líquido fixador (neste caso a parafina) é aconselhado retirar a porção de algodão e as escamas que cobrem os gomos (Toda, 1991).

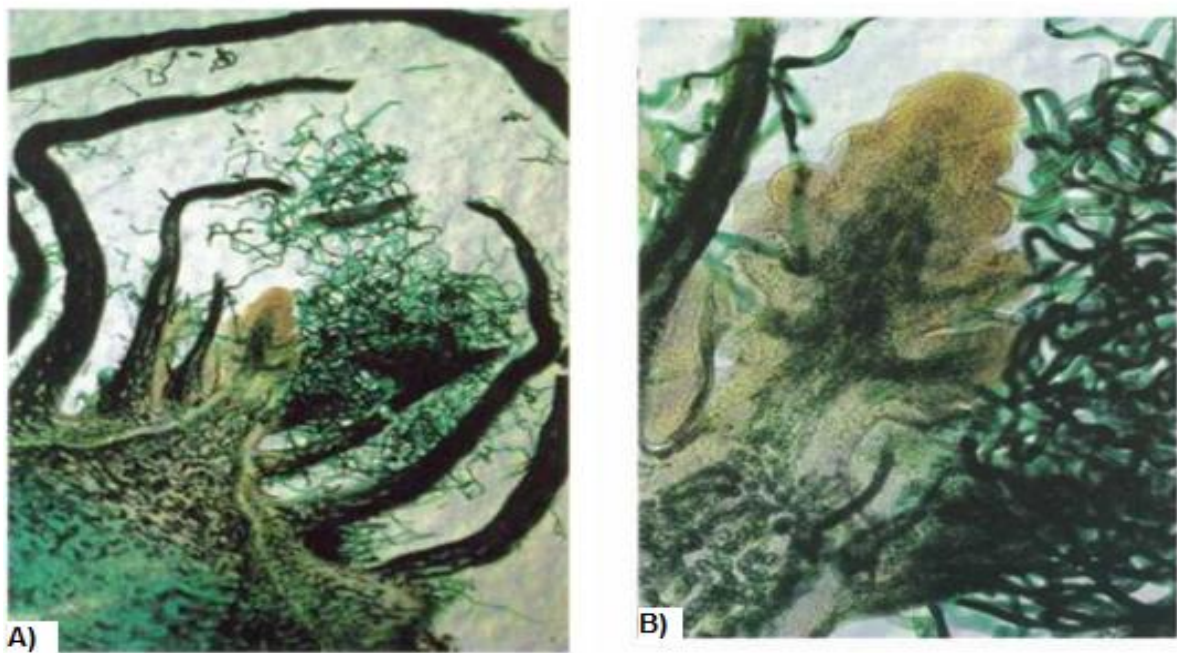


Figura 12- A) Secção Longitudinal de um gomo de Inverno mostrando um esboço de inflorescência. B) Detalhe da Figura A, onde se observa perfeitamente o futuro raquis da inflorescência. (Fonte: Toda, 1991)

Sendo uma técnica de histologia, existem vários procedimentos experimentais, que dependem bastante das características do material vegetal, como por exemplo a resistência do material à penetração da parafina.

Segundo Toda (1991) é um método de determinação da fertilidade dos gomos pouco fiável e limitado. Isto devido à possibilidade da não visualização das inflorescências no gomo o que leva à conclusão que o gomo é infértil, o que nem sempre será verdade, pois o plano de corte pode ter sido realizado num plano onde não haja esboços de inflorescências. Para além disso, a visualização da segunda inflorescência pode ser difícil e corre-se o risco de a confundir com uma gavinha. À escala do proprietário individual é uma técnica de difícil concretização devido aos equipamentos laboratoriais de elevado custo, não fazendo parte dos equipamentos laboratoriais típicos de uma empresa vitivinícola.

7.2. Dissecção de gomos

A dissecação de gomos é uma técnica pontualmente usada, enquanto a vinha ainda se encontra no estado de dormência e ajuda o produtor a determinar o número de olhos a deixar na poda (Vasquez & Fidelibus, 2006).

Para o corte de gomos é necessário pinças, lâminas e lupa binocular (Toda, 1991). A recolha dos gomos deve ser feita quando estes ainda se encontrem em dormência e entre o momento de recolha e análise os gomos devem estar em água para facilitar a sua dissecação e evitar a desidratação dos tecidos vegetais. Os primórdios de inflorescência caracterizam-se por um eixo com inúmeras protuberâncias que se assemelham a aglomerados de uvas, com aspeto redondo e cónico (Moyer & Komm, 2015; Rosa *et al.*, 2014; Williams, 2000), como se pode observar na Figura 13.



Figura 13- A: Corte longitudinal num olho dormente mostrando o gomo primário (seta) e o secundário. B: Corte transversal de um olho hibernante mostrando o 1º e 2º gomo. Na seta vê-se um primórdio de inflorescência do gomo primário. (Fonte Vasquez & Fidelibus, 2006).

Os gomos devem ser identificados com a referência da videira e a sua posição no talão, de seguida devem ser cortados longitudinalmente começando no topo para revelar o interior do gomo, sendo necessários dois ou três cortes. Para determinar a fertilidade é necessário contar os primórdios de inflorescências exclusivos do gomo primário. O primórdio de inflorescência vai estar próximo do ápice do gomo e rodeado de primórdios de folha e muito pelo protetor, Figura 14, (Vasquez & Fidelibus, 2006).

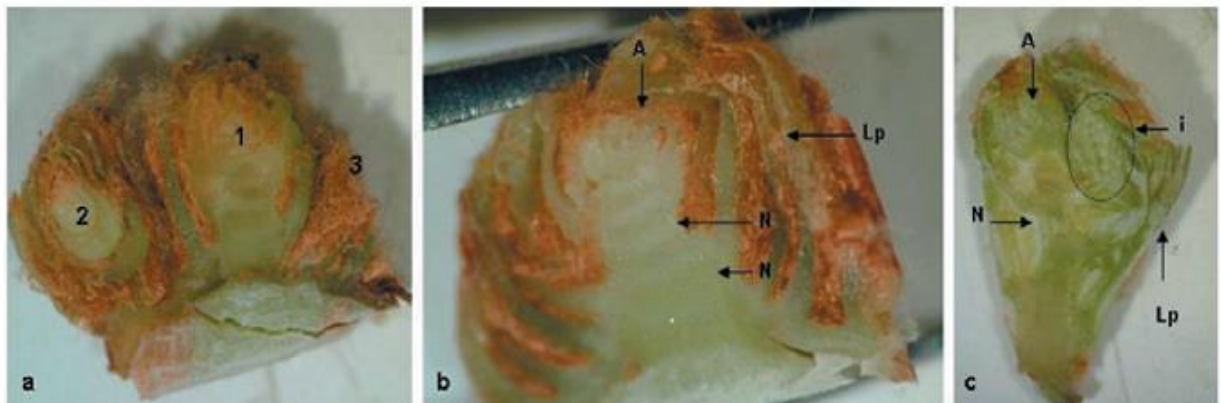


Figura 14- Cortes Longitudinais nos gomos de Inverno (A). Corte longitudinal dos gomos primários no Inverno (B) e na Primavera (C). Gomos primários (1), secundários (2), terciários (3). Ápice Gomo (A), Nó (N), primórdio de folha (Lp), Inflorescência (I). Fonte (Andreini *et al.*, 2009)

Com o uso desta técnica Williams (2010) demonstrou que a fertilidade potencial dos gomos explicou mais de 90% das variações reais de fertilidade, com *Thompson Seedless* no Kearney Agricultural Center (Califórnia, nos Estados Unidos da América). Já no Coachella Valley (Indio, Califórnia) as dissecações de gomos só explicaram em 50% a variação real da fertilidade.

Esta técnica para além de ser muito minuciosa e de elevado consumo em horas de trabalho, não é uma técnica muito precisa, sobretudo para gomos pequenos, como os das bases do sarmento, que são os que mais interessam pois são aqueles que são mais frequentemente retidos à poda (Watt *et al.*, 2008; Toda, 1991). É, no entanto, uma técnica usada em alguns produtores em Washington para produção de uva para sumo, com a casta Concord. Esta casta tende a ter grandes primórdios de inflorescências, por isso são mais fáceis de visualizar (Moyer, 2015). De acordo com Clingeleffer (2001), apesar de ser possível uma estimativa minimamente realista com esta técnica, o tempo e o esforço que esta técnica consomem podem não ser operacionais e comercialmente práticos para a indústria.

7.3. Cultivo forçado de estacas

Com a recolha do material vegetativo, em qualquer fase da dormência, podemos submete-las ao crescimento forçado em câmaras de crescimento. Se ainda não tiverem acumulado as horas de frio suficiente, ou seja antes do final do tempo da dormência, é então necessário submete-las a um tratamento artificial de saída de dormência, usando agentes químicos ou físicos, como por exemplo submeter as varas a horas de frio numa câmara frigorífica (Toda, 1991). Se a recolha das varas for no final do tempo da dormência e perto do abrolhamento, não é necessário fazer este tratamento artificial, a estaca abrolhará naturalmente na câmara.

Para evitar as relações de inibição entre os gomos da mesma vara é aconselhado dividir os sarmentos com um gomo cada um, assim o abrolhamento de cada gomo dependerá exclusivamente dele próprio. Já a plantação das estacas faz-se utilizando materiais como vermiculite, perlite, entre outros, desde que mantenham bem a humidade. Ao nível do controlo ambiental, Toda (1991), recomenda que a temperatura seja mantida entre os 20-25 °C e humidade relativa constante entre os 75-80%.

7.4. Análise polínica da atmosfera

Com este método pretende-se prever a colheita a partir da análise do pólen existente no ar no período da floração, onde os primeiros estudos foram realizados por Cour e Van Campo em 1980 na região de Bordéus e Champanhe, tendo sido desenvolvido, em Portugal, por Cunha *et al.*, (2003) através de um modelo baseado na concentração polínica para determinar a previsão de colheita. São instaladas estações em locais estratégicos que capturam o pólen, registam a velocidade e direção do vento, durante o período de floração, para recolher o número de grãos de pólen/m³ de ar, que é utilizado na previsão da colheita. Este modelo conseguiu explicar 93% da variação da produção, através da análise estatística realizada.

Este modelo fornece resultados ao nível da região vitícola, não permitindo a separação dos dados por sub-região ou casta, a não ser que sejam em número reduzido ou com épocas de floração distintas, podendo a previsão ter uma precocidade de quatro meses sobre a data da colheita, facto que exclui do modelo a ocorrência de todo o tipo de acidentes que a cultura possa sofrer entre a floração e a vindima (Cunha *et al.*, 2003). Também não permite que os seus resultados sejam aplicados à poda desse ano.

7.5. Dados de satélite

Cunha (2010) desenvolveu um modelo de previsão para a variação regional dos rendimentos em viticultura com base em sensores remotos. Através do NVDI (*Normalized Difference Vegetation Index*) de series temporais obtidas pelo sensor de vegetação, do satélite SPOT (*Pour l'observation de la Terre*), ao longo do período 1998-2008, foram utilizados para teste quatro locais em regiões vinícolas de Portugal: Douro (dois locais), Vinhos Verdes e Alentejo. Este estudo demonstrou que os valores de NVDI da segunda década de Abril da temporada anterior estavam significativamente correlacionados com o rendimento vitivinícola para todas as regiões estudadas, explicando o modelo 77-88% da variabilidade inter-anual do rendimento (Cunha *et al.*, 2010). O presente estudo demonstrou que o NDVI derivado de vegetação é uma valiosa ferramenta para prever o rendimento em regiões com grandes diferenças de clima, solos, diferentes castas, sistemas vitícolas, as técnicas de cultivo e impacto das doenças sobre o tamanho da colheita. Esta medição pode então ser feita 17 meses antes da colheita, permitindo obter previsões muito precoces do potencial de rendimento do vitivinícola regional. Mas havendo claramente uma limitação em termos de resolução

espacial é necessário trabalho adicional de forma a obter a previsão do rendimento vitivinícola em pequenas parcelas de vinha (Cunha *et al.*, 2010).

III. MATERIAL E MÉTODOS

1. Descrição das parcelas experimentais

O ensaio decorreu em três propriedades da Sogrape Vinhos S.A., Quinta de Azevedo, Quinta Carvalhais e Quinta Sairrão, que estão pertencem, respetivamente, à Região dos Vinhos Verdes, Dão e Douro. As castas alvo de análise foram duas tintas, Tinta Roriz (*sin.* Aragonez) e Touriga Nacional, e uma branca, Alvarinho.

1.1. Quinta de Azevedo- Região dos Vinhos Verdes

Situada no concelho de Barcelos, na Região Demarcada dos Vinhos Verdes, o talhão de vinha foi instalado em 2007 com um compasso de 2,5 x 2,0 m, totalizando 2000 videiras/ha. O solo é constituído por limos arenosos formados a partir da alteração de xistos permeáveis. O sistema de condução adotado é monopiano vertical ascendente podado em cordão bilateral tipo *Royat* com 3 olhos por talão.



Figura 15- Localização da casta Alvarinho na Quinta de Azevedo, Barcelos. (Fonte: Sogrape Vinhos S.A.)

O material vegetativo da casta Alvarinho é constituído pelo clone desconhecido, enxertado em 196-17. A orientação das linhas é Norte/Sul com exposição solar Sudeste, Figura 15.

1.2. Quinta dos Carvalhais- Região do Dão

Situado na Região Demarcada do Dão, a Quinta dos Carvalhais, no concelho de Mangualde faz parte da Sogrape Vinhos S.A. desde 1988, Figura 16.

O talhão de Alvarinho foi instalado em 1991, enxertado em SO4, com um compasso de 2 x 1,2 m, com exposição Oeste. Instalada em solos de origem granítica sobre areias revolvidas, constituídas essencialmente por gabros e peridotites.

No talhão de Tinta Roriz, instalado em 1995 o tipo de solo é areno-argilo-limonosas. Enxertado em 1103P com compasso de 2 x 1,2 m. Tem exposição Noroeste.

Já o talhão de Touriga Nacional, com o mesmo compasso, foi plantado igualmente em 1995 com porta-enxerto 1103P, num solo areno-argiloso com exposição Sul.

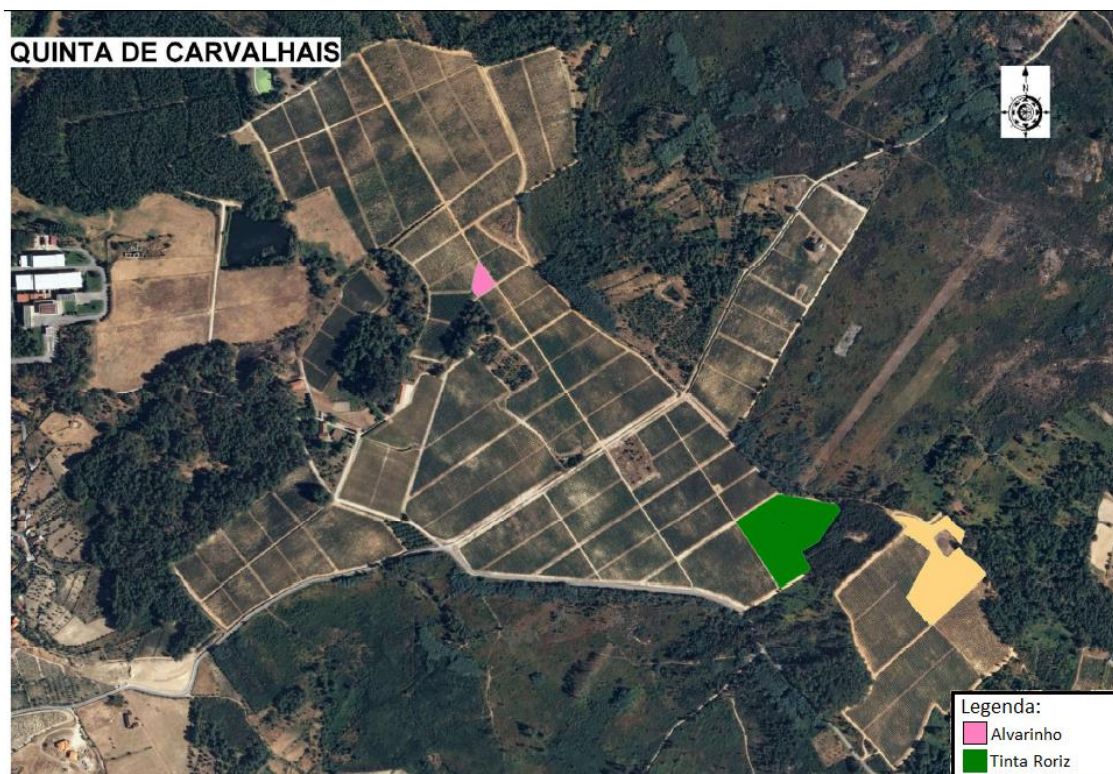


Figura 16- Localização das castas Alvarinho, Touriga Nacional e Tinta Roriz na Quinta dos Carvalhais, Mangualde. (Fonte: Sogrape Vinhos S.A.)

1.3. Quinta do Sairrão- Região do Douro

Da junção de oito quintas (Quinta do Picoto, Vale da Silveira, da Rocha, do Calanca, do Barroso, do Sobreiral, Sairrão e Fontes Secas) nasceu a Quinta do Sairrão, em São João da Pesqueira, adquirida pela Sogrape Vinhos S.A. em 2006, Figura 17.

Estabelecido em patamares, o talhão de Tinta Roriz foi plantado em 1989 com um compasso de 2,20 x 1,10 m, com exposição Noroeste e uso do porta-enxerto R110.

O talhão de Touriga Nacional foi igualmente plantado no ano de 1989, com o uso do porta-enxerto R110, e um compasso de 2,20 x 1,10 m. Aqui a exposição solar é Sul. Em ambos os talhões o tipo de solo é xisto grauváquico.

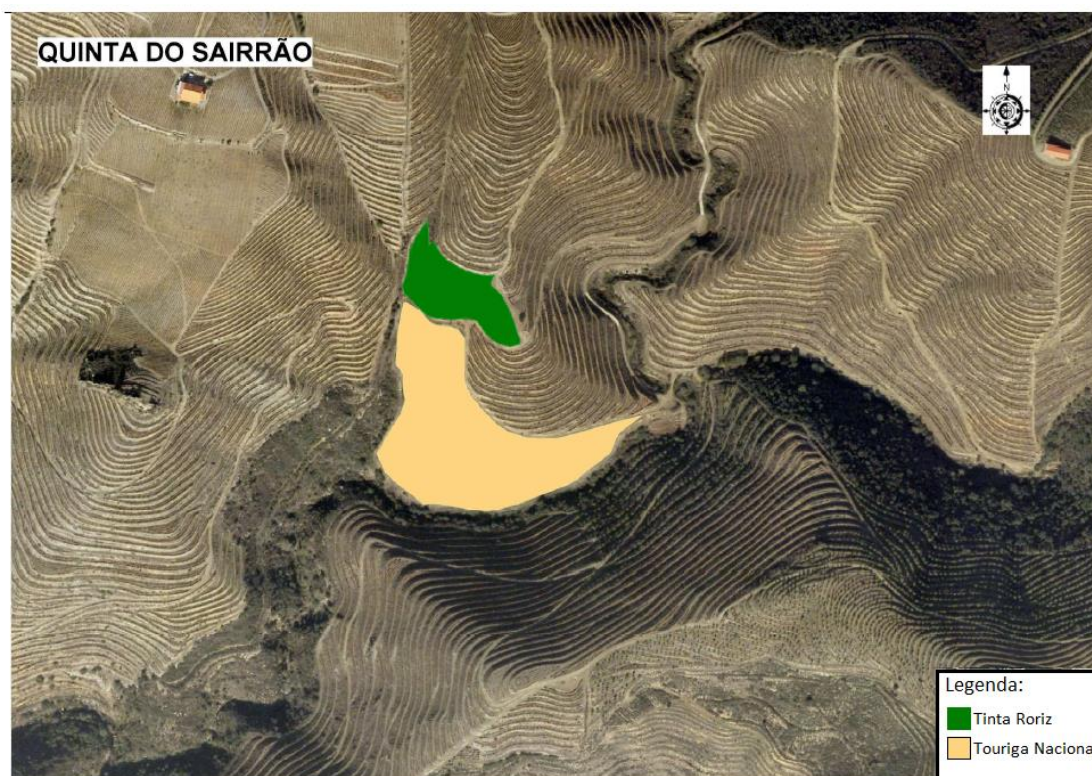


Figura 17- Localização das parcelas de Tinta Roriz e Touriga Nacional na Quinta do Sairrão, São João da Pesqueira. (Fonte: Sogrape Vinhos S.A.)

2. Classificação Climática e Bioclimática

Neste estudo escolheram-se três regiões com climas distintos para proceder às comparações de evolução do clima e o seu efeito em castas idênticas.

Enquanto a Quinta de Azevedo se encontra na Região dos Vinhos Verdes, a Quinta dos Carvalhais situa-se na Região do Dão e por fim a Quinta do Sairrão na Região Demarcada do Douro. Apesar de ambas se localizarem relativamente próximas no Índice de Huglin na zona de transição entre o Moderado Quente e o Quente e na zona do Quente com os GST (Figura 18), apresentam temperaturas médias e pluviosidades diferentes ao longo do ciclo (Figura 19).

GST, *growing season temperature*, é um índice calculado pela média da temperatura dos setes meses de crescimento vegetativo (Abril-Setembro no Hemisfério Norte) enquanto o Índice Heliotérmico de Huglin indica a capacidade de maturação (produção de açúcares) da região, por incorporar indirectamente a radiação solar e a temperatura no mesmo período de crescimento, através do comprimento do dia e da temperatura máxima (IPMA, 2015; Easton, 2012).

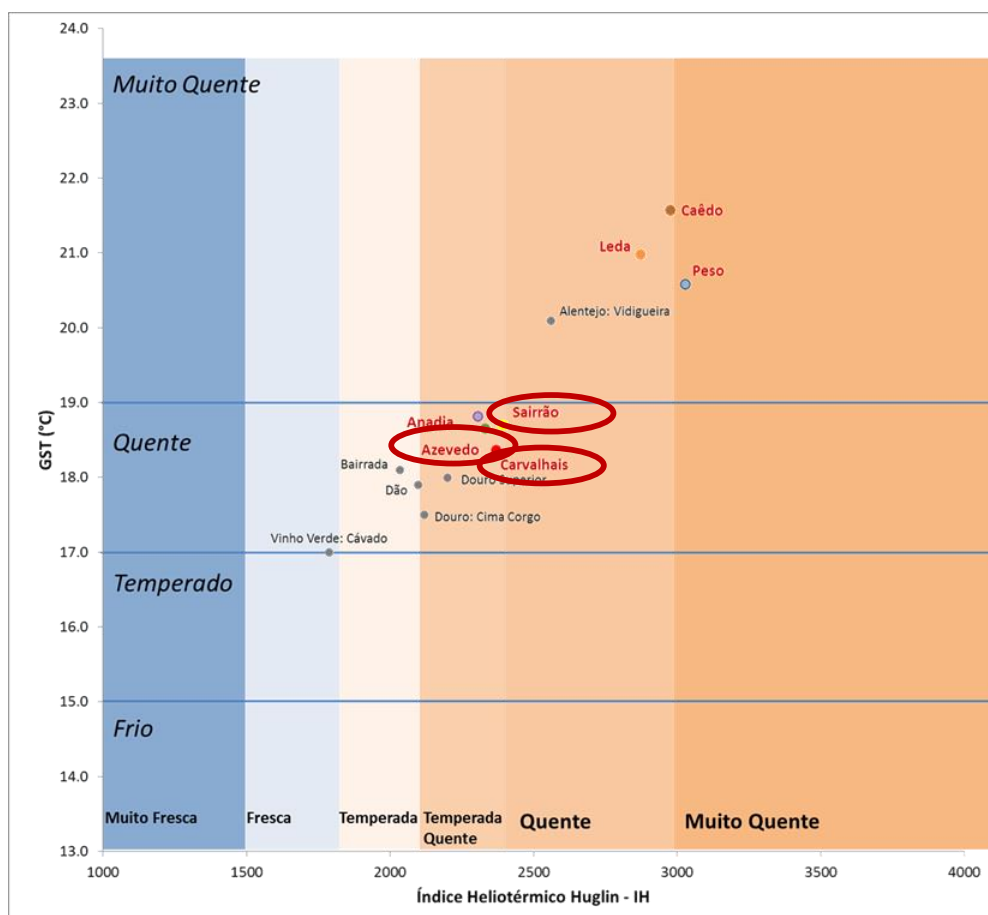


Figura 18- Classificação segundo o Índice Heliotérmico de Huglin das propriedades da Sogrape Vinhos em Portugal. (Fonte: Sogrape Vinhos, S.A.)

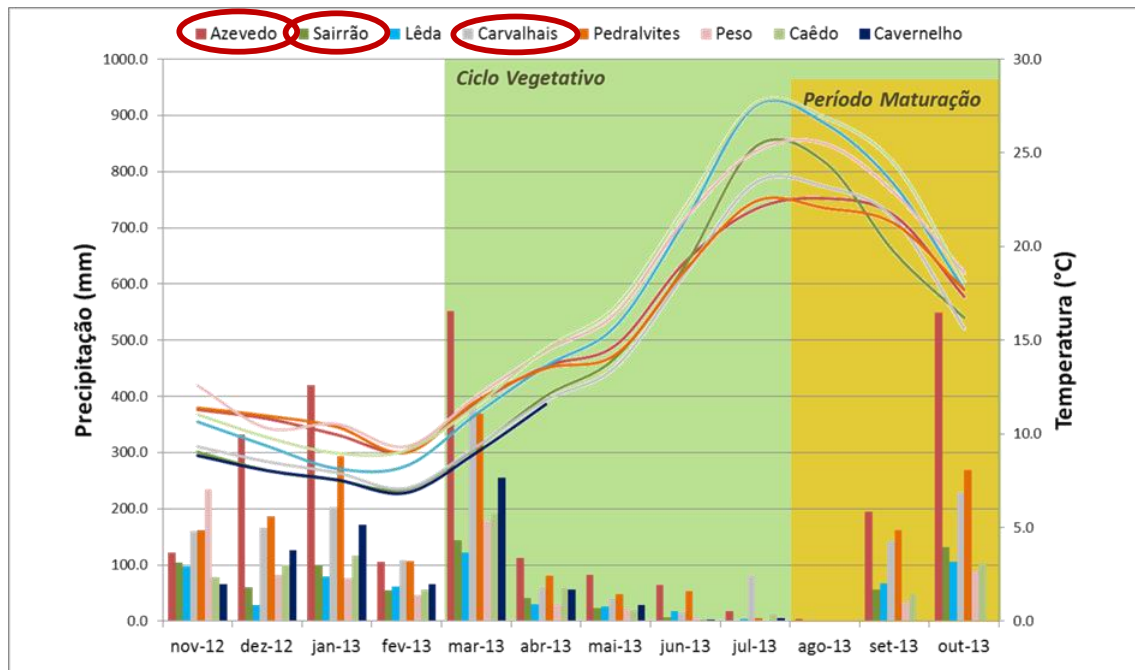


Figura 19- Evolução Climática no ano de 2013 em algumas das propriedades da Sogrape Vinhos. Nota-se a diferença da intensidade da precipitação e temperatura nos períodos de floração entre os diferentes locais. (Fonte: Sogrape Vinhos S.A.)

Nos tópicos seguintes aborda-se a climatologia de cada uma destas regiões.

2.1. Região dos Vinhos Verdes

A região dos Vinhos Verdes situa-se a Noroeste de Portugal, no Entre-Douro-e-Minho, estendendo-se desde a Costa Atlântica até ao Rio Minho (fronteira com a Galiza) a norte, a nascente e a sul as zonas montanhosas que constituem a separação natural entre o Entre-Douro-e-Minho e por último o Oceano Atlântico que constitui o seu limite a poente (Magalhães, 2008).

A região está dividida em nove sub-regiões (Figura 20): Amarante, Ave, Baião, Basto, Cávado, Lima, Monção e Melgaço, Paiva e Sousa, encontrando-se a Quinta de Azevedo na sub-região de Cávado (CVRVV, 2015a).

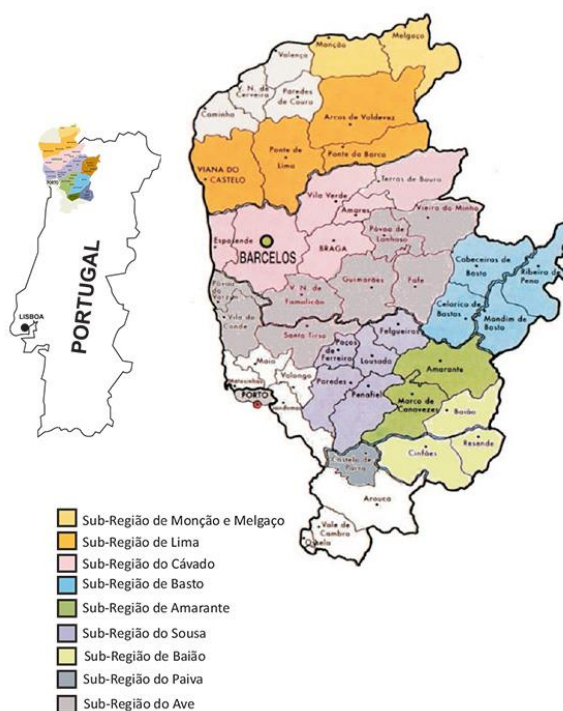


Figura 20- Localização da Região dos Vinhos Verdes e as nove sub-regiões. (Fonte: CVRVV, 2015a)

Expondo toda a zona à influência do oceano Atlântico, fenómeno reforçado pela orientação dos vales dos principais rios, que correndo de nascente para poente facilitam a penetração dos ventos marítimos. Quanto ao relevo, a região apresenta-se com uma topografia bastante irregular, sendo recortada por uma densa rede de vales associada à rede fluvial, aspeto que se acentua do litoral para o interior (CVRVV, 2015a)

O clima da região traduz-se num regime ameno onde é fortemente condicionado pelas características orográficas e pela organização da rede fluvial referida. O aspeto mais determinante é o regime anual de chuvas, que se caracteriza por totais anuais bastante elevados - em média 1500 mm - e uma distribuição irregular ao longo do ano concentrada no Inverno e na Primavera. As temperaturas mais altas coincidem, durante o ano, com as precipitações mais baixas - final da Primavera e Verão quentes e secos - e as temperaturas mais baixas com as precipitações mais altas - Invernos frios e chuvosos. A Insolação média anual é de 1500-1600 horas (Agrocontrol n.d.)

Segundo a classificação climática de Köppen, a região tem clima temperado (mesotérmico) húmido, com estação seca no verão, Cs, com algumas zonas Csa (verão quente, $TM > 22^{\circ} C$) e outras zonas Csb (verão fresco, $TM < 22^{\circ} C$). Quanto à classificação das Zonas Vitícolas, a região está inserida na zona C I a) (C.E.E, 1999).

2.2. Região Demarcada do Douro

Situada no nordeste de Portugal, na bacia hidrográfica do Douro, rodeada de montanhas que lhe dão características mesológicas e climáticas particulares, a região estende-se por área total de cerca de 250 000 hectares. A individualidade do Douro deve-se à sua localização, sendo grande a influência que exercem as serras do Marão e de Montemuro, servindo como barreiras à penetração dos ventos húmidos de oeste. Situada em vales profundos, protegidos por montanhas, a região caracteriza-se por ter invernos muito frios e verões muito quentes e secos (IVDP, 2010).

Devido às grandes diferenças mesoclimáticas influenciadas quer por diferentes altitudes, quer pelo maior ou menos afastamento do mar, a região do Douro encontra-se dividida em três sub-regiões naturalmente distintas (Figura 21): Baixo Corgo, Cima Corgo e Douro Superior, (IVDP, 2010). Na primeira, apesar da interposição do Marão e Montemuro às correntes húmidas provenientes do Atlântico, o clima traduz-se por maiores precipitações e temperaturas mais amenas, relativamente às outras sub-regiões. Já no Cima Corgo, o clima torna-se progressivamente mais mediterrânico, com diminuição da precipitação e aumento das temperaturas estivais, sendo o Douro-Superior já acentuadamente mediterrânico, de características semi-áridas, onde a sobrematuração das uvas se observa com frequência (Magalhães, 2008). A Quinta do Sairrão incluída neste estudo fica na sub-região de Cima Corgo.

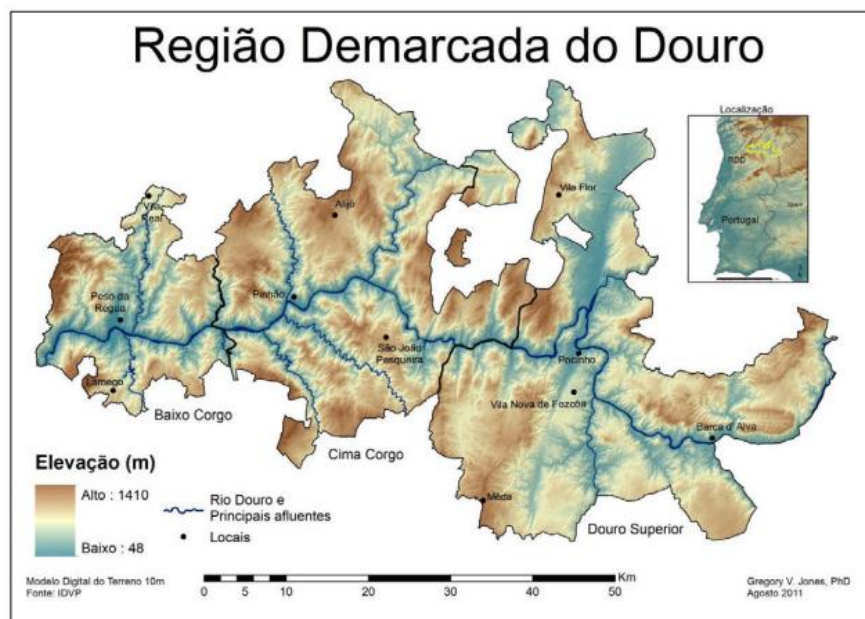


Figura 21- A topografia da Região Demarcada do Douro. Inclui um mapa de localização da região em Portugal. Fonte: IVDP (2011)

Na região vinícola do Douro, as videiras estão sujeitas a um elevado défice hídrico potencial, em que a diferença entre a evapotranspiração e a precipitação pode chegar aos 730-750 mm no período entre o abrolhamento e a vindima (Malheiro *et al.*, 2007). A precipitação, distribuída assimetricamente, varia com regularidade ao longo do ano, com valores maiores em Dezembro e Janeiro (nalguns locais em Março), e com valores menores em Julho ou Agosto. Nos meses mais chuvosos, a precipitação tem valores entre 50,6 mm (Barca d'Alva - Douro Superior) e 204,3 mm (Fontes - Baixo Corgo); nos meses menos chuvosos, os valores de precipitação oscilam entre 6,9 mm (Murça - Cima Corgo) e 16,2 mm (Mesão Frio - Baixo Corgo) (IVDP, 2010), Tabela 1. Para além disso, a probabilidade de ocorrência de um ano seco é geralmente maior do que a de anos com precipitação acima da média (Jones, 2013).

A exposição ao sol reveste-se no Douro de redobrado interesse já que permite uma melhor compreensão do comportamento da vinha nas diferentes situações. A margem norte do rio está sob a influência de ventos secos do sul, estando a margem sul exposta aos ventos do norte, mais frios e húmidos, e a uma menor insolação (IVDP, 2010).

Tabela 1: Resumo estatístico das normais climatológicas de 1931-1960 para as estações da Região Demarcada do Douro. Para cada variável são apresentados valores anuais, do ciclo vegetativo (Abril-Outubro) e do repouso vegetativo (Novembro-Março) para 76 estações no caso da precipitação e 57 estações no caso das temperaturas e evapotranspiração. Fonte Jones (2013)

Variável	Período	Média	Mediana	Desv. padrão	Máx.	Mín.	Dif.
Precipitação (mm)	Anual	794	694	311	1953	385	1568
	Ciclo vegetativo (Abr-Out)	287	257	96	730	162	568
	Repouso vegetativo (Nov-Mar)	506	442	218	1223	218	1005
Temperatura média (°C)	Anual	14,3	14,3	1,3	16,8	11,4	5,4
	Ciclo vegetativo (Abr-Out)	18,7	18,7	1,5	21,8	15,3	6,5
	Repouso vegetativo (Nov-Mar)	8,1	8,2	1,1	10,0	5,1	4,9
Temperatura máxima (°C)	Anual	20,7	20,5	1,7	24,1	16,6	7,5
	Ciclo vegetativo (Abr-Out)	26,3	26,1	2,0	30,3	22,4	7,9
	Repouso vegetativo (Nov-Mar)	12,8	12,6	1,5	15,4	8,4	7,0
Temperatura mínima (°C)	Anual	7,9	7,9	1,2	10,5	5,0	5,4
	Ciclo vegetativo (Abr-Out)	11,2	11,0	1,3	14,2	7,8	6,3
	Repouso vegetativo (Nov-Mar)	3,4	3,4	1,1	6,0	1,1	4,9
Evapotranspiração (mm)	Anual	781	777	56	917	673	244
	Ciclo vegetativo (Abr-Out)	677	675	55	814	575	239
	Repouso vegetativo (Nov-Mar)	104	103	9	127	79	48

2.3. Região do Dão

A Região Vitivinícola do Dão, à semelhança da Região dos Vinhos Verdes e Região Demarcada do Douro, é umas das Regiões Vitivinícolas mais importantes em Portugal, tendo sido criada em 1908 e regulamentada desde 1910 (Meireles, 2013). Esta Região situa-se no centro de Portugal, na Beira Alta, rodeada de cadeias montanhosas, que são uma importante barreira contra as massas húmidas do litoral e os ventos continentais. A poente da Região encontramos o Caramulo e o Buçaco, enquanto a Norte e a Leste são encontradas as serras da Nave e da Estrela (Pedroso *et al.*, 2012)

A área geográfica do Dão engloba os concelhos de Arganil, Oliveira do Hospital, Tábua, Aguiar da Beira, Fornos de Algodres, Gouveia, Seia, Carregal do Sal, Mangualde, Mortágua, Nelas, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, Sátão, Tondela e Viseu (Figura 22).



Figura 22- Localização da Região do Dão e concelhos abrangidos. (Fonte: Pedroso *et al.*, 2012)

Quanto às características climáticas, esta Região apresenta Invernos frios e chuvosos e Verões muito quentes e secos. No entanto apresenta um clima temperado, que reúne excecionais condições para a produção de vinhos com características bastante particulares. A influência hidrográfica, por parte dos rios da Região (Mondego, Paiva, Vouga e Dão) também se faz notar nesta caracterização climática. Caracteriza-se por ter uma média anual de precipitação que pode variar entre os 1100mm (zona nordeste da Região) e os 1600 mm (zona oeste da Região), encontrando-se a distribuição da precipitação mais concentrada no Outono e no Inverno. De Maio a Junho é também comum haver queda de granizo (Meireles, 2013).

De acordo com a classificação climática de Thornthwaite, o clima desta região é sub-húmido seco, mesotérmico, com moderado excesso de água no Inverno e nula ou pequena concentração da eficiência térmica na estação quente, a que corresponde a fórmula climática C1B'3sa' (Rodrigues *et al.*, 2006).

3. Material vegetal

3.1. Alvarinho (PRT52007¹)

A casta Alvarinho é uma das mais notáveis castas brancas na Península Ibérica. Casta vigorosa, obrigando a alguma prudência no controlo vegetativo, no entanto de baixa produção, com cachos pequenos e elevada proporção de grainhas (ViniPortugal 2010), Figura 23. É uma casta nobre na Região dos Vinhos Verdes, sobretudo na sub-região de Monção e Melgaço (CVRVV, 2015b).

Em termos fenológicos, esta variedade apresenta, em média, um abrolhamento, floração e pintor médios, comparativamente com a casta Fernão Pires (utilizada como referência para as castas brancas), apenas a maturação é medianamente precoce em relação à casta de referência (Böhm, 2007). Para Alvarinho, recomenda-se como sistema de poda, a vara longa (Magalhães, 2008). Os seus solos favoráveis são os derivados de granito e, em termos de clima, elevada insolação e moderada disponibilidade hídrica são fatores benéficos para a casta (Magalhães, 2008).

Alvarinho é um dos responsáveis pelo sucesso de vinhos portugueses monovarietais, produzindo vinhos bastante aromáticos com notas aromáticas díspares de pêssego, limão, maracujá, casca de laranja, jasmim, flor de laranjeira e erva-cidreira e que atingem graduações alcoólicas elevadas conservando uma acidez muito equilibrada (INEGI/Mercatura 2009). Tem um enorme potencial de envelhecimento, de pelo menos, dez anos de idade (ViniPortugal, 2010).

¹ Códigos oficiais da Lista Nacional de Castas, conforme Portaria 380/2012 de 22 de Novembro

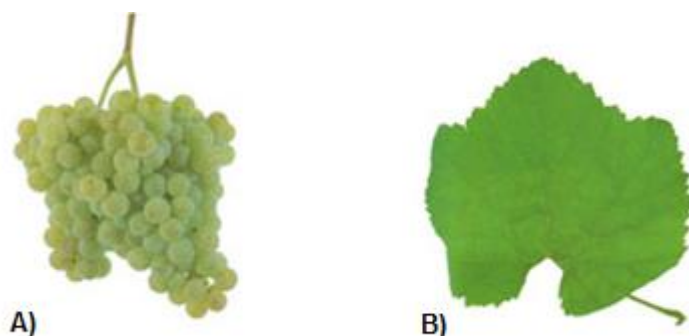


Figura 23- Característica ampelográficas da casta alvarinho: A) Cacho: Pequeno, alado e frequentemente duplo por desenvolvimento da asa. Compacidade média. Pedúnculo comprido e de lenhificação média. B) Folha Adulta: Folha Adulta: Tamanho pequeno, orbicular, inteira, revoluta, cor verde médio e medianamente bolhosa. Dentes curtos, de lados convexos. Seio peciolar aberto com base em V e seios laterais superiores abertos com base em V. Cotonilhosa na página inferior. Peciolo penugento e mais comprido que a nervura principal mediana. (Fonte: IVV, 2011).

3.2. Touriga Nacional (PRT52206²)

É uma das castas mais elogiadas em Portugal, estando disseminada um pouco por todo o país. Possui um ciclo vegetativo longo, pelo que requer solos de fertilidade média e exposições de quadrante Sul. Caracteriza-se por vigor elevado, sendo de evitar solos muito férteis ou húmidos, onde a tendência para o desavinho se acentua e a maturação é retardada, não permitindo uma completa maturação fenólica (Magalhães, 2008). Apresenta também um porte prostrado, dificultando bastante a sua condução em verde. É sensível à desfolha, em particular em encostas de exposição Sudoeste ou Oeste. A produtividade é moderada, devido ao baixo peso do cacho, apesar da sua fertilidade ser das mais elevadas, sendo frequente registar 3 cachos por vara (Magalhães, 2008).

A pele espessa, rica em matéria corante, ajuda a obter cores intensas e profundas. A abundância e complexidade aromática, estrutura e qualidade dos compostos fenólicos, caracteriza vivamente esta casta, com aromas primários simultaneamente florais e frutados, sempre intensos e explosivos, Figura 24, (ViniPortugal, 2010). É uma casta de excelência para produzir vinhos monovariais, ou

² Códigos oficiais da Lista Nacional de Castas, conforme Portaria 380/2012 de 22 de Novembro

para melhorar o lote com outras castas e com capacidade para produzir igualmente vinho do Porto de qualidade (Magalhães, 2008).

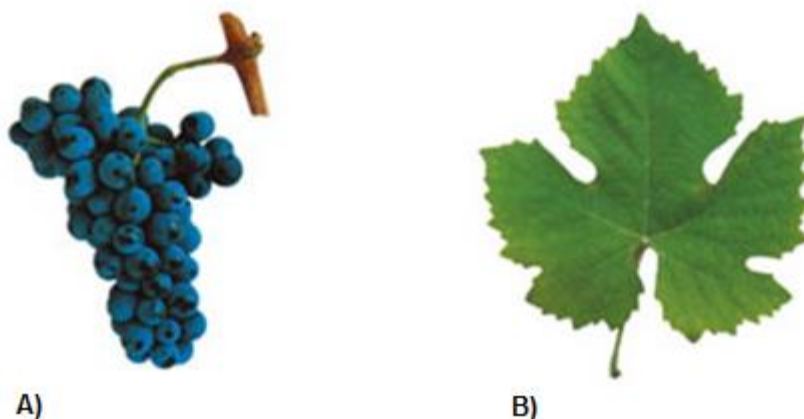


Figura 24- Característica ampelográficas da casta Touriga Nacional. A) Cacho: Médio, cilíndrico-cónico, medianamente compacto; pedúnculo curto e de fraca lenhificação. B) Folha Adulta: Grande, limbo pentagonal com cinco lóbulos; página superior verde-escuro, de perfil involuto; médio empolamento; enrugada; ondulação do limbo entre as nervuras principais localizada no ponto peciolar; dentes longos e médios em relação à largura da base, convexos; seio peciolar com lóbulos sobrepostos, com a base em V e sem particularidade; seios laterais superiores fechados com a base em V; nervuras principais da página superior sem pigmentação antociânica, bem como as da página inferior; nervuras principais da página superior sem pilosidade ereta; página inferior com forte densidade de pêlos aplicados entre as nervuras e muito forte densidade de pêlos eretos; página inferior com nula densidade de pêlos aplicados das nervuras principais e muito forte densidade de pêlos eretos das mesmas; pecíolo mais curto que a nervura principal mediana, com fraca densidade de pêlos aplicados e forte densidade de pêlos eretos. (Fonte: IVV, 2011)

3.3. Tinta Roriz (PRT52603³)

Em Portugal pode ter mais dois sinónimos, Aragonez e Tempranillo, nome porque é também designada em Espanha. É uma casta muito adaptável a diferentes climas e solos, por isso o seu cultivo tem aumentado e alargado para as regiões do Dão, Ribatejo e Estremadura (INEGI/Mercatura, 2009).

Casta precoce, e em situações de stress hídrico e térmico moderado, muito vigorosa e produtiva. A qualidade é muito sensível a alterações de produtividade, justificando, por vezes, a monda de cachos para vinhos de qualidade superior. Muito sensível ao oídio, à carência de boro, ao vento e à cigarrinha verde (Magalhães, 2008). Se o vigor for controlado, sem quebra nos teores em polifenóis totais e antocianas, oferece vinhos com elegância e robustez, fruta e especiarias, num registo profundo e

³ Códigos oficiais da Lista Nacional de Castas, conforme Portaria 380/2012 de 22 de Novembro

vivo, com elevado teor alcoólico, baixa acidez (Figura 25). Produz vinhos indicados para envelhecer, muito resistentes à oxidação (INEGI/Mercatura, 2009). É tendencialmente uma casta de lote, beneficiando recorrentemente da companhia das castas Touriga Nacional e Touriga Franca no Douro, bem como da Trincadeira e Alicante Bouschet no Alentejo (ViniPortugal, 2010).

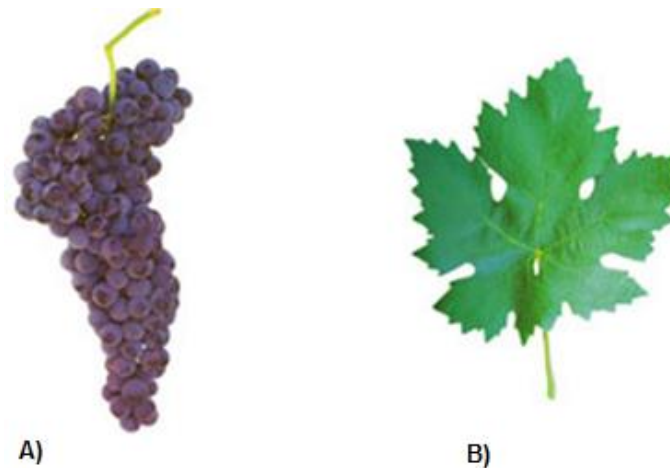


Figura 25 - Característica ampelográficas da casta Tinta Roriz. A) Cacho: Pequeno e medianamente compacto. Pedúnculo longo e de fraca lenhificação. B) Folha Adulta: Muito heterogênea e apresentando um grande polimorfismo, sendo a mais característica: média a pequena, pentagonal e com cinco lóbulos. Página superior verde médio de perfil irregular e médio empolamento. Limbo ligeiramente enrugado com ondulação generalizada. Dentes curtos, aparecendo dentes côncavos, retilíneos, convexos e convexo-côncavos. Seio peciolar pouco aberto a ligeiramente sobreposto, com a base em V. Seios laterais superiores abertos em U. Nervuras principais com fraca pigmentação antociânica. Página inferior com média pilosidade aplicada entre as nervuras, aparecendo sobre as mesmas fraca pilosidade aplicada e ereta. Pecíolo mais curto que a nervura principal mediana e com média pilosidade aplicada. (Fonte: IVV, 2011)

4. Delineamento Experimental

De modo a conseguir aferir qual a melhor técnica de previsão potencial de fertilidade, iniciou-se o estudo com a técnica de Dissecção de Gomos (4.1- Procedimento Experimental A). No entanto, face aos fracos resultados desta técnica, procurou-se outra possibilidade de metodologia de previsão de fertilidade, descrita no Procedimento Experimental B (4.2). Estas duas metodologias são sugeridas por Toda (1991). Depois procedeu-se ao estudo dos fatores ambientais no período de indução floral como método preditor da fertilidade da videira.

4.1. Procedimento Experimental A: Avaliação da fertilidade através da dissecação de gomos

Conforme descrito no ponto II- 7.2, a anatomia do gomo permite verificar o número de inflorescências existentes em cada gomo ainda no estado de dormência. Deste modo, permite uma amostragem real da fertilidade potencial com, aproximadamente, um ano de antecedência da colheita.

As amostras assim que recolhidas e identificadas foram cortadas longitudinalmente, com auxílio de lâminas afiadas e pinças. O corte começa no topo para revelar o interior do gomo latente, sendo por vezes necessário dois ou três cortes. Determinar produtividade envolve contar os primórdios de inflorescências exclusivamente do gomo primário, geralmente o gomo maior. Isto porque no campo os gomos secundários não abroham, não influenciando a fertilidade (Sánchez & Dokoozlian, 2005). Este primórdio estará perto do meristema central e rodeado de primórdios de folhas e pêlo protetor, que cuidadosamente é retirado para facilitar a visualização das estruturas (Moyer & Komm, 2015). Os primórdios de inflorescência caracterizam-se por um eixo com inúmeras protuberâncias que se assemelham a um cacho de uva, redondo e cónico (Rosa *et al.*, 2014).

Para a recolha de gomos foi selecionada aleatoriamente uma população de 10 videiras de vigor médio da casta Alvarinho da Quinta de Azevedo. Destas videiras foi recolhido um sarmento por videira, com 4 a 5 gomos cada, totalizando um total de 56 gomos para analisar. Estes eram os sarmentos da poda e foram recolhidas ainda no estado de dormência, perto do momento do abrolhamento, no final do mês de Março. Isto para garantir que tinham acumulado as horas de frio suficiente e que estes gomos tinham um tamanho mínimo considerável para o corte da amostra e visualização das estruturas internas. Imediatamente, para evitar a desidratação das amostras, procedeu-se ao corte anatómico dos gomos e à visualização e contagem dos primórdios de inflorescências com recurso a um microscópio de dissecação simples de laboratório e outro com lupa de grande poder de ampliação Nikon SMZ100 num estativo C-DSD230.

4.2- Procedimento Experimental B: Fertilidade de estacas em câmara de crescimento

Face aos fracos resultados do Procedimento Experimental A, Toda (2015), afirma que a técnica de crescimento de estacas numa câmara de crescimento é uma boa

solução para obter uma previsão da fertilidade potencial precoce, sendo uma técnica mais precisa, rápida e possível de ter mais repetições do que o corte dos gomos.

Para a estratégia de crescimento de estacas em câmara de crescimento foram recolhidas, no estado de dormência:

- 10 Sarmentos da casta Alvarinho da Quinta de Azevedo (Região Vinhos Verdes), Figura 26;
- 10 Sarmentos da casta Alvarinho da Quinta de Carvalhais (Região do Dão), Figura 27.

Cada um destes sarmentos foi cortado em estacas de forma a deixar um gomo por estaca, eliminando-se assim todas as relações de inibição entre os gomos. As estacas foram colocadas em dois tabuleiros conforme o local de origem, ficando cada estaca num pequeno compartimento, num total de 40 compartimentos.

Registou-se a posição do gomo e semanalmente a sua evolução conforme o esquema seguinte:

23	1	2	3	4	4	3	2	1	25
	4	5	4	4	4	5	4	4	
	3	4	3	3	3	4	3	3	
	2	2	2	2	2	3	2	2	
	1	1	1	1	1	2	1	1	
	2	8	10	14	17	18	20	22	

Figura 26- Disposição do tabuleiro das estacas da Quinta de Azevedo. A realçado está o número da videira, dentro dos quadrados está a posição do gomo.

29	1	2	3	4	4	3	2	1	23
	4	4	4	4	4	4	4	4	
	3	3	3	3	3	3	3	3	
	2	2	2	2	2	2	2	2	
	1	1	1	1	1	1	1	1	
	5	11	14	16	18	19	21	22	

Figura 27- Disposição das estacas do tabuleiro da Quinta de Carvalhais. A realçado está o número da videira, dentro dos quadrados está a posição do gomo.

A camara de crescimento foi mantida uma temperatura entre 25 a 30 °C, humidade relativa entre 80 a 90%, com fotoperíodo de 12 horas. As amostras foram regadas todos os dias de maneira uniforme. Aqui mantiveram-se até atingirem o estado fenológico de Botões Florais Separados (estado H segundo *Baggiolini*), o que durou aproximadamente 25 dias.

4.3. Procedimento Experimental C: Estudo de fatores ambientais no período de indução floral como método preditor de fertilidade

Segundo os dados fornecidos pela Sogrape Vinhos S.A. (Tabela 2), a produtividade varia de ano para ano em vários locais. Assim, grande parte deste estudo

foi focado nos fatores ambientais que regulam a fertilidade, nomeadamente a temperatura no período de iniciação e indução floral registados na campanha anterior. Muitos estudos têm considerado a radiação e temperatura independentes por correlação estatística entre dados climáticos durante o desenvolvimento do gomo com a contagem de inflorescências no ano seguinte (Baldwin, 1964), modificando a canópia ou microclima nas videiras (May, 1961; Sánchez & Dokoozlian, 2005) ou fazendo o crescimento em câmaras de crescimento com diferentes condições climáticas (Buttrose, 1969; Buttrose, 1970; Sánchez & Dokoozlian, 2005;).

Tabela 2- Produtividade (kg/planta) de 2011 a 2014 nos talhões alvo de análise. Note-se as diferenças de produtividade acentuadas entre a mesma casta nos diferentes locais e a evolução ao longo dos anos. (Fonte: Sogrape Vinhos, S.A).

Casta	Propriedade	2011	2012	2013	2014
Alvarinho	Azevedo	3,95	4,93	7,00	5,33
Alvarinho	Carvalhais	0,78	0,72	0,75	0,98
Touriga Nacional	Carvalhais	1,48	1,66	1,58	1,94
Touriga Nacional	Sairrão	0,39	0,55	0,58	0,51
Tinta Roriz	Carvalhais	4,20	3,22	1,58	2,50
Tinta Roriz	Sairrão	0,80	0,94	0,81	0,88

Com os dados climáticos recolhidos nas estações meteorológicas da Sogrape nas três propriedades juntamente com o registo de produtividades de cada ano por casta e por local, foi possível analisar a evolução climática durante o período de indução e diferenciação floral, com início em Maio até Julho, e a produtividade real no ano seguinte. Considerando a questão “*Qual o elemento do clima que tem mais influência na fertilidade dos gomos?*”, foram criadas, com base na bibliografia consultada, alguns testes de hipóteses exploratórios durante o período citado, Figura 28:

- Temperatura Média;
- Temperatura Máxima;
- Graus dia (> 10 °C);
- Número de pulsos de temperatura acima de 30 °C;

Os graus-dia são uma estimativa usada para definir a resposta da planta, no que se refere a seu desenvolvimento, em relação à temperatura, temperatura base no caso da vinha de 10 °C. Já os pulsos de temperatura serão testados devido aos estudos

realizados por Buttrose (1964), que correlacionaram positivamente o número de pulsos com o número máximo de inflorescências.

A bibliografia também sugere testar hipóteses temporais, como testar especificamente os períodos:

- [Maio], mês típico da floração em Portugal. Há informações que o período mais suscetível será antes e durante a floração do presente ano, ainda antes da indução do *anlagen* (Clingeleffer, 2001; Cunha *et al.*, 2010; Peter May, 2000);
- [15 Junho- 15 Julho] indicado por Toda (1991) e Mullins *et al.*, (1992);
- [Maio-Julho] período completo de indução e diferenciação indicado por Magalhães (2008).

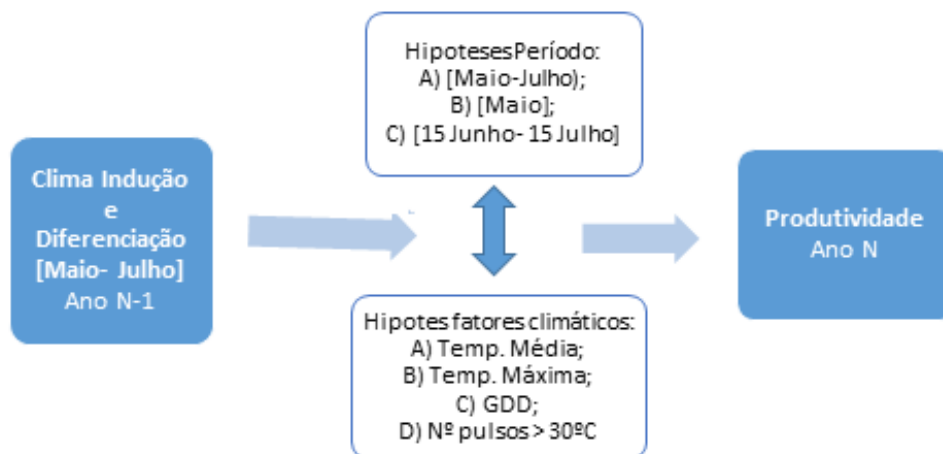


Figura 28- Esquema do Procedimento Experimental C: Estudo dos fatores bioclimáticos durante o período de indução Floral e o seu resultado em produtividade no ano seguinte.

Foram analisados os anos climáticos de 2011, 2012 e 2013 (Figura 30, Figura 31 e Figura 32) com as produções finais dos anos 2012, 2013 e 2014. Não havendo dados meteorológicos fiáveis nos anos anteriores e não se usaram os dados climáticos do ano 2014 pois até à data de entrega da dissertação não era conhecida a produção do ano 2015. Mesmo assim, existem alguns dias sem dados, o que pode prejudicar a análise estatística. A maior perda de dados ocorreu nos primeiros dez dias de Julho em 2011 nos três locais (14% de dados em falta). Assim como não se registou dados durante o período de 20 de Maio a 2 de Junho de 2013 na Quinta de Sairrão (16% de dados em falta).

Nas Figuras 29, Figura 30 e Figura 31, podemos verificar a evolução climática dos três locais nos três anos de estudo.

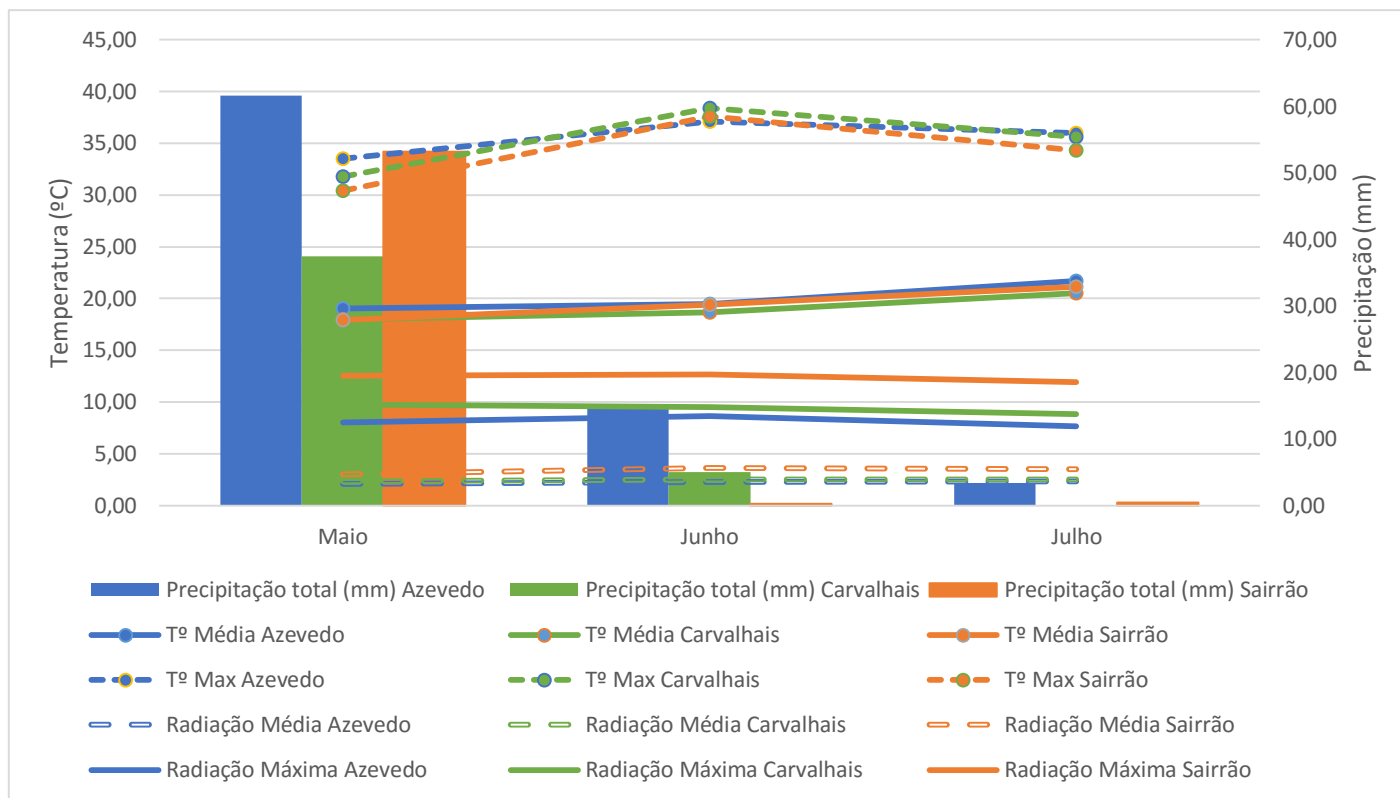


Figura 30- Evolução climática 2011 nos três locais em estudo durante o período de indução floral. A variável de Radiação (w/m^2) foi dividida por 100 para facilitar a comparação dos dados, o eixo corresponde do valor é o eixo dos xx.

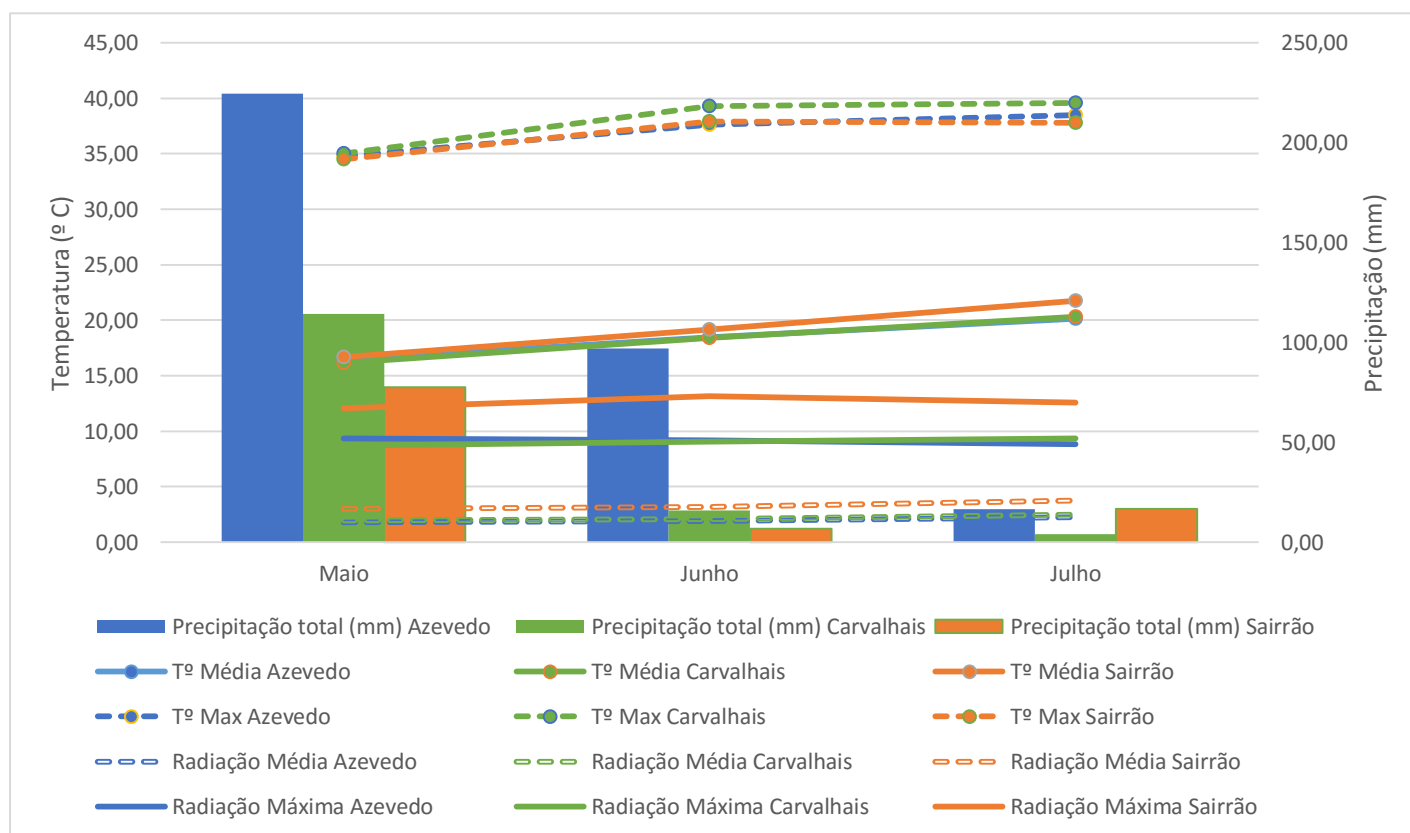


Figura 29- Evolução climática 2012 nos três locais em estudo durante o período de indução floral. A variável de Radiação (w/m^2) foi dividida por 100 para facilitar a comparação dos dados, o eixo corresponde do valor é o eixo dos xx.

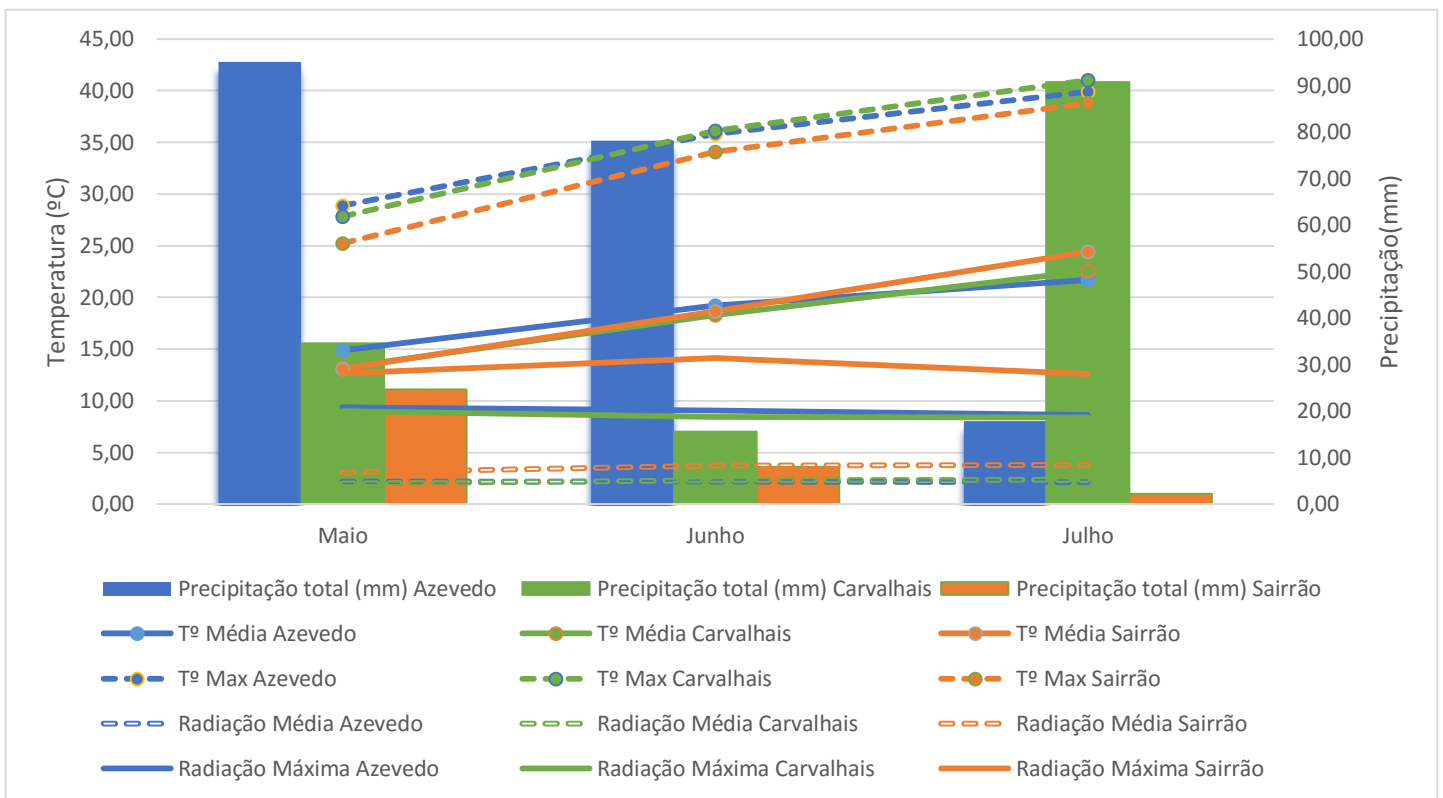


Figura 31- Evolução climática em 2013 nos três locais em estudo durante o período de indução floral. A variável de Radiação (W/m^2) foi dividida por 100 para facilitar a comparação dos dados, o eixo corresponde do valor é o eixo dos xx.

IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Procedimento Experimental A: avaliação da fertilidade através da dissecação de gomos

As varas foram recolhidas no início de Março de 2015, com os gomos ainda no estado de Gomo de Inverno. De seguida, foram levadas para laboratório onde se procedeu à dissecação dos gomos. Foi visualizado através de um microscópio de dissecação e uma lupa de grande poder de ampliação Nikon SMZ100 num estativo C-DSD230. Mesmo com o recurso à lupa de elevado poder de ampliação deparamo-nos com a dificuldade da identificação de inflorescências. Algumas estruturas indefinidas a sair do meristema parecem inflorescências, no entanto não se pode afirmar com toda a certeza que serão primórdios reprodutores (Figura 32).

Segundo Moyer & Komm (2015), a contagem de inflorescências nos gomos pode ser muito desafiante e difícil em algumas variedades. Sendo necessária experiência no corte de gomos e visualização de estruturas vegetais ao microscópio (Moyer, 2015).

Toda (2015) reafirma a necessidade de experiência em técnica de corte de tecidos vegetais, a necessidade de muitos cortes e elevado número de amostras com fracos resultados.

Costa (2015) reforça a ideia da subjetividade dos resultados da técnica de corte de gomos e que a probabilidade de aborto seletivo de algumas inflorescências no mesmo gomo é bastante baixa, podendo ser desprezável. Aconselha a esperar pelo estado fenológico E ou F para comprovar a fertilidade real.

Deste modo, este método experimental foi descartado pela fraca fiabilidade dos resultados, não se voltando a retirar mais amostras.

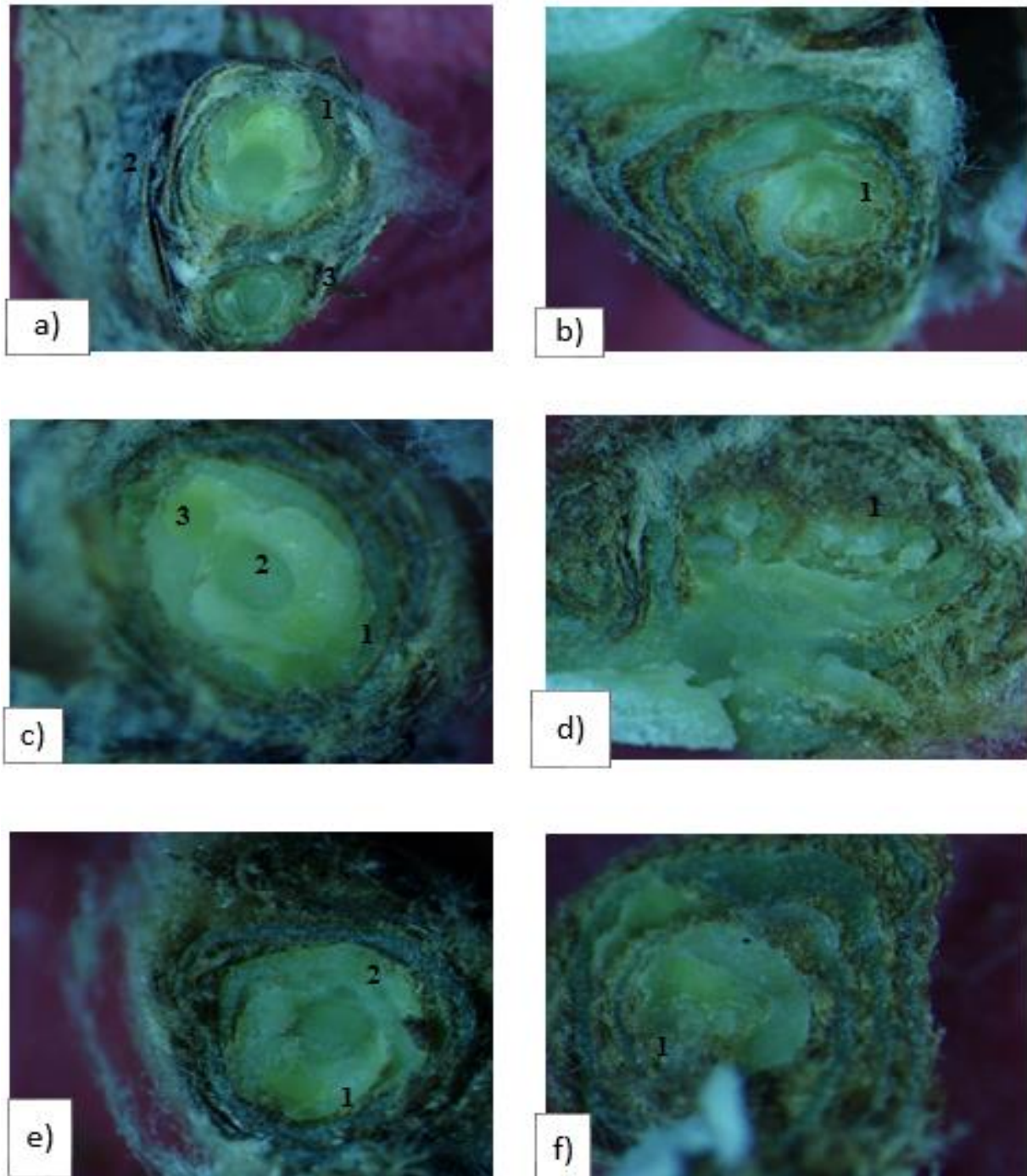


Figura 32 - Fotografias dos cortes longitudinais dos gomos da casta Alvarinho (Quinta de Azevedo). Autoria própria

- a) Exemplo de um bom corte do gomo. Vê-se o gomo primário (2) e o gomo secundário (3). Na estrutura assinalada a 1 vê-se uma estrutura arredondada com eixos a sair desta, sendo, possivelmente, um primórdio de inflorescência;
- b) 1- Estrutura sem grande definição, próximo de um primórdio de inflorescências, sem grande certeza.
- c) 1- Estrutura globosa, possivelmente um primórdio de inflorescência. 2- Eixo central do meristema. 3- Possível eixo secundário do gomo;
- d) 1- Diversas estruturas globosas. Não se consegue dizer ao certo quantas estruturas existem, se será uma só, ou várias;
- e) 1 e 2- Estruturas aproximadamente globosas. Dífíceis de garantir se serão primórdios.
- f) 1- Potencial estrutura de primórdio.

2. Procedimento Experimental B: Fertilidade de estacas em câmara de crescimento

Toda (2015) sugere a técnica de crescimento de estacas numa câmara de crescimento como uma técnica mais fiável, fácil e rápida de determinar a contagem de inflorescências. Apesar da possibilidade da transformação de uma inflorescência pré determinada numa gavinha ou perda de flores, *filage*, este acontecimento só acontece em condições muito concretas, sendo aceitável desprezar esta possibilidade.

As estacas de cada local, Quinta de Azevedo e Quinta de Carvalhais, foram colocadas na câmara de crescimento com dois dias de diferença, por questões de logística de recolha de amostras. Sendo a data de início de crescimento das estacas da Quinta de Azevedo a 23 de Março 2015 e a Quinta de Carvalhais a 25 de Março 2015, ocorrendo o estado final de floração a 16 Abril e a 19 Abril respetivamente.

Os tabuleiros eram regados diariamente. Semanalmente foi-se registando a evolução das estacas, Figura 33.

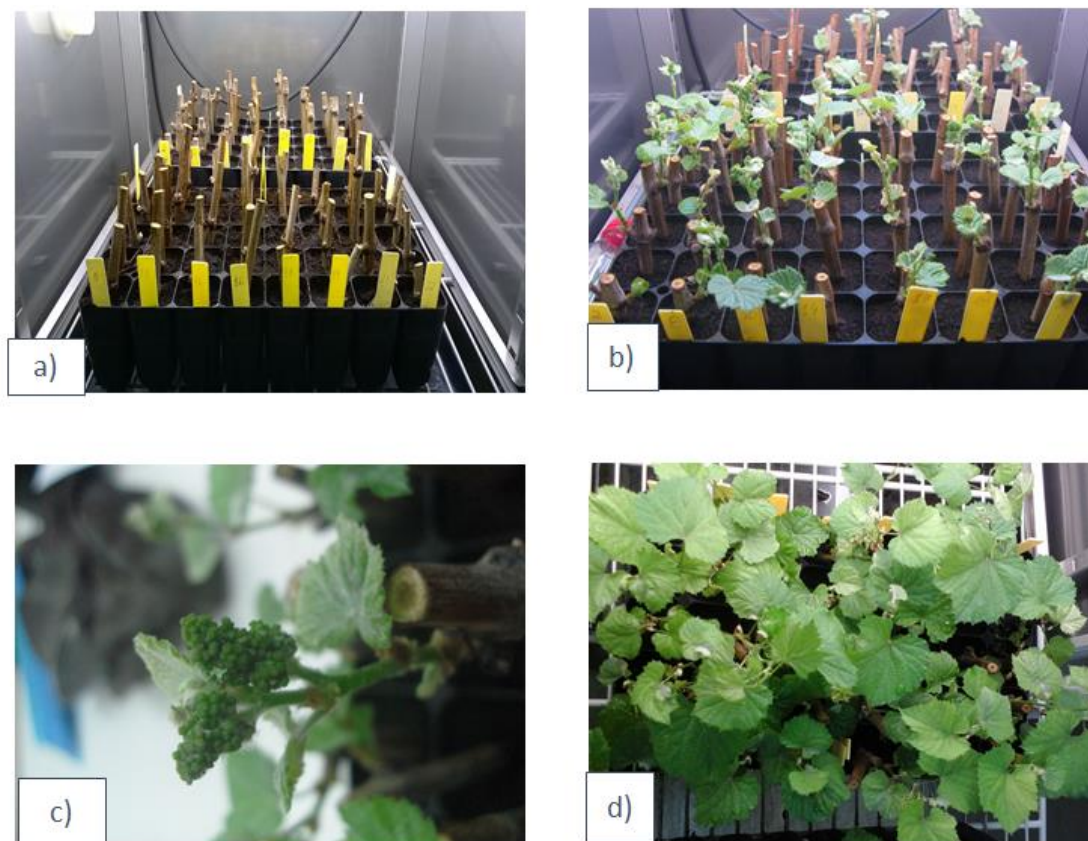


Figura 33- Evolução do crescimento das estacas de Alvarinho da Quinta de Azevedo (Vinhos Verdes) e Quinta dos Carvalhais (Dão). a) Colocação dos tabuleiros com as estacas. Tabuleiros com identificação do local de proveniência das estacas e do número de identificação das videiras; b) Aspecto das amostras passado 10 dias; c) Passados 15 dias já era visível a saída das inflorescências. Aqui duas inflorescências em destaque. d) Resultado final do crescimento de estacas em câmara.

Verificou-se uma diferença de vigor e produtividade acentuada entre os dois locais, sendo o tabuleiro com as estacas do Dão com menor desenvolvimento, menos vigor e produtividade, onde poucas inflorescências vingaram, Figura 34.



Figura 34- Desagregação de algumas inflorescências do tabuleiro das estacas do Dão.

Como as estacas só contêm um gomo, não havendo processos de inibição de abrolhamento entre gomos, todos os gomos abrolharam, havendo só duas amostras no espaço amostral das 80 que não abrolharam (2,5%), porque os gomos partiram, possivelmente com a rega ou durante o transporte das amostras (Tabela 3).

Tabela 3- Resultados finais da produtividade do crescimento de estacas de videira de Alvarinho em câmara de crescimento.

	Quinta Azevedo (Região dos Vinhos Verdes)	Quinta Carvalhais (Dão)
Nº Videiras selecionadas	10	10
Nº de estacas	40	40
Total Inflorescências	59	22
Fertilidade (total inflorescências/videira)	5,9	2,2
Nº médio de inflorescências/Olho 1	1,1	0,5
Nº médio de inflorescências/Olho 2	1,9	0,6
Nº médio de inflorescências/Olho 3	1,4	0,4
Nº médio de inflorescências/Olho 4	1,4	0,7

Relembrando que o objetivo deste procedimento experimental era verificar se a fertilidade em câmara de crescimento era semelhante à fertilidade real (referido também como Campo nas secções seguintes), de modo a que o procedimento em laboratório possa servir como técnica de previsão de produtividade antecipada (cerca de 10 meses antes da colheita).

Assim no estado fenológico G (cachos separados) procedeu-se à recolha de dados de fertilidade reais nos mesmos locais onde se tinham recolhido as estacas (Tabela 4). Aqui o espaço amostral foi maior, foram não só recolhidos dados de fertilidade das mesmas videiras cujas varas foram usadas na Procedimento Experimental B, como outras videiras nas mesmas parcelas. Na Quinta de Azevedo foram recolhidos dados de produtividade de 20 videiras e na Quinta dos Carvalhais, 30 videiras. A diferença do número de amostras prende-se ao facto de na Quinta de Azevedo as videiras serem maiores, com mais unidades de frutificação. Foi registado igualmente a produtividade de inflorescências por posição dos olhos ao longo da vara.

Por uma questão de homogeneidade de análise dos dados, face aos diferentes meios de condução dos dois locais foram analisados estatisticamente só os gomos 1, 2 e 3 de cada local.

Tabela 4- Caracterização agronómica: Resultados finais da fertilidade em campo das videira de Alvarinho na Região dos Vinhos Verdes e no Dão, recolhidos no estado fenológico G de *Baggiolini*.

	Quinta Azevedo (Região dos Vinhos Verdes)	Quinta Carvalhais (Dão)
Nº Videiras	20	30
Densidade (videiras/ha)	2000	4166
Carga total (nºolhos deixados à poda)	410	263
Carga/videira	20,5	8,8
Carga/m linear	10,3	7,3
Carga/hectare	41 000	36 528
Nº Olhos Abrolhados	355	250
% Abrolhamento	86,4	95,1
% Abrolhamento Olho 1	83,9	87,5

% Abrolhamento Olho 2	89,8	94,6
% Abrolhamento Olho 3	82,9	98,1
Total Inflorescências	641	348
Fertilidade (nºcachos/videira)	32,1	11,6
Nº Médio Inflorescências/Olho 1	1,5	1,0
Nº médio Inflorescências/Olho 2	1,6	1,3
Nº médio Inflorescências/Olho 3	1,5	1,4
Índice Fertilidade Potencial (IFP) (nº cachos/nºolhos abrolhados)	1,8	1,4
IFP Olho 1	1,8	1,1
IFP Olho 2	1,8	1,4
IFP Olho 3	1,8	1,4
IFPratico (nºcachos/nºtotal olhos poda=carga)	1,6	1,3

2.1. Análise Exploratória dos dados: Fertilidade em câmara *versus* Fertilidade no Campo

Efetuarão-se análises estatísticas para averiguar se a fertilidade (número de inflorescências) obtida em ambiente de laboratório era, ou não, significativamente diferente da obtida no campo. Todas as análises foram realizadas no software SPSS-versão 23.0 ou na linguagem de programação R-versão 3.2.0. O nível de significância foi fixado em 0,05, como é usual.

A análise estatística iniciou-se por uma descrição, numérica e gráfica, dos dados. Em valores absolutos, realizaram-se muito mais observações no Campo (573) do que na Câmara (60). De facto, nem todas as videiras tiveram observações no Campo e na Câmara, devido a limitações de espaço na câmara de crescimento que só tinha espaço para dois tabuleiros com 30 gomos cada.

Podemos verificar na Tabela 5 e Tabela 6, que no campo 11,7% (67) dos gomos não abrolharam; das 88,3% que produziram inflorescências, a maior parte produziu 1 inflorescência no Dão (35%) e 2 inflorescências nos Vinhos Verdes (57,9%). Já na câmara de crescimento, apenas uma observação não abrolhou e de entre as restantes 59 amostras que abrolharam, 56,7% das observações produziram efetivamente cachos. O facto de no Campo se registar um maior número de “Não Abrolhamentos” (NA) do que na câmara deve-se essencialmente aos processos de inibição hormonal existentes dentro do pânpano, não permitindo que o olho da base abrolhe.

Tabela 5- Distribuição do total de Inflorescências nos Vinhos Verdes por modalidade experimental. Em cada célula, apresenta-se a frequência absoluta (frequência relativa). No campo e na câmara de crescimento, as frequências relativas dizem respeito aos totais parciais. NA= Não abrolhamento

		Fertilidade		Total
		Campo	Câmara Crescimento	
Frequência do número de Inflorescências	0	26 (6,4 %)	8 (26,7 %)	34 (7,7 %)
	1	54 (13,2 %)	16 (20,0 %)	60 (13,7 %)
	2	244 (59,6 %)	10 (33,3 %)	254 (57,9%)
	3	24 (5,9 %)	6 (20,0 %)	30 (6,8%)
	4	5 (1,2 %)	0	5 (1,1 %)
	5	1 (0,2 %)	0	1 (0,2 %)
	NA	55 (13,5 %)	0	55 (12,5 %)
Total		409	30	439

Tabela 6- Distribuição do total de Inflorescências no Dão por modalidade experimental. Em cada célula, apresenta-se a frequência absoluta (frequência relativa). No campo e na câmara de crescimento, as frequências relativas dizem respeito aos totais parciais. NA= Não abrolhamentos

		Fertilidade		Total
		Campo	Câmara Crescimento	
Frequência do número de Inflorescências	0	26 (15,9 %)	18 (60,0 %)	44 (22,8 %)
	1	59 (36,0 %)	7 (23,4 %)	66 (34,0 %)
	2	64 (39,0 %)	4 (13,3 %)	68 (35,0 %)
	3	3 (1,8 %)	0 (0 %)	3 (1,5 %)
	NA	12 (7,3 %)	1 (3,3%)	13 (6,7 %)
Total		164	40	194

As frequências relativas das tabelas anteriores sugerem que a distribuição de inflorescências no campo é muito diferente da distribuição das inflorescências na câmara de crescimento. Os dados são apresentados em percentagem devido à diferença do número de amostras entre a câmara de crescimento e as amostrais reais (campo). Não se observam diferenças acentuadas na distribuição das inflorescências conforme a posição do gomo, isto é, o que se observa num gomo parece estar essencialmente também em qualquer outro gomo, independentemente da sua posição na vara.

Contudo, uma vez fixado um local, Verdes ou Dão, tem-se que Câmara ou Campo parece estar a produzir resultados diferentes por posição de gomo (Figura 35 e Figura 36). Por exemplo, no Câmara a situação de NA (Não Abrolhamento) é praticamente inexistente.

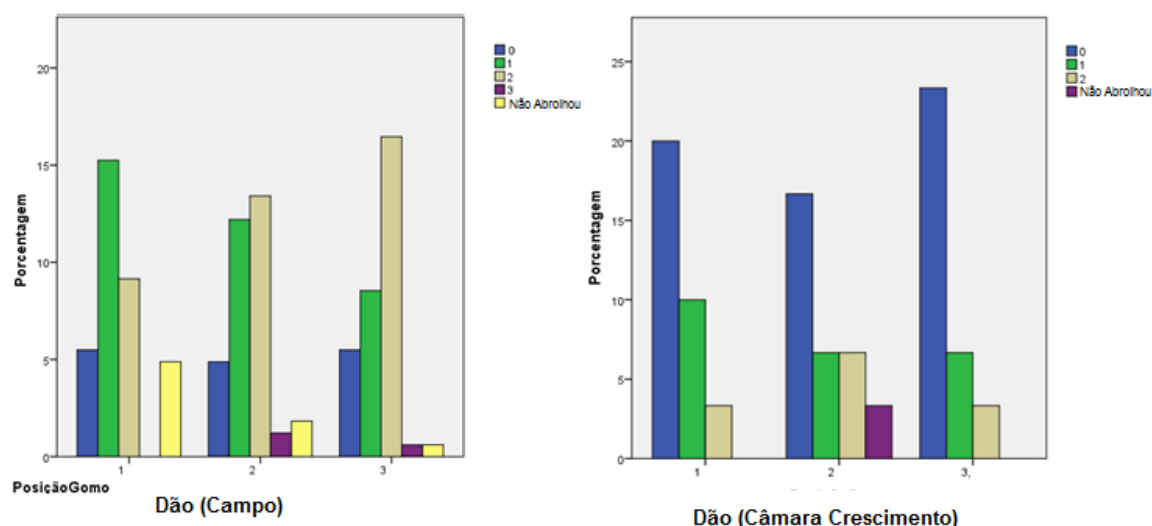


Figura 35- Distribuição de inflorescências por posição do gomo no Campo e na Câmara com as amostras do Dão

Aqui observa-se que o Gomo 1 no Campo é o que contém maior percentagem de olhos que não abrolharam. Já o Não Abrolhamento na câmara só aconteceu uma vez no gomo 2. Notam-se algumas diferenças, sendo que na câmara foi sempre mais frequente a situação de zero inflorescências, mas quando havia alguma inflorescência era mais comum uma do que duas. No campo foi mais frequente uma e duas inflorescências.

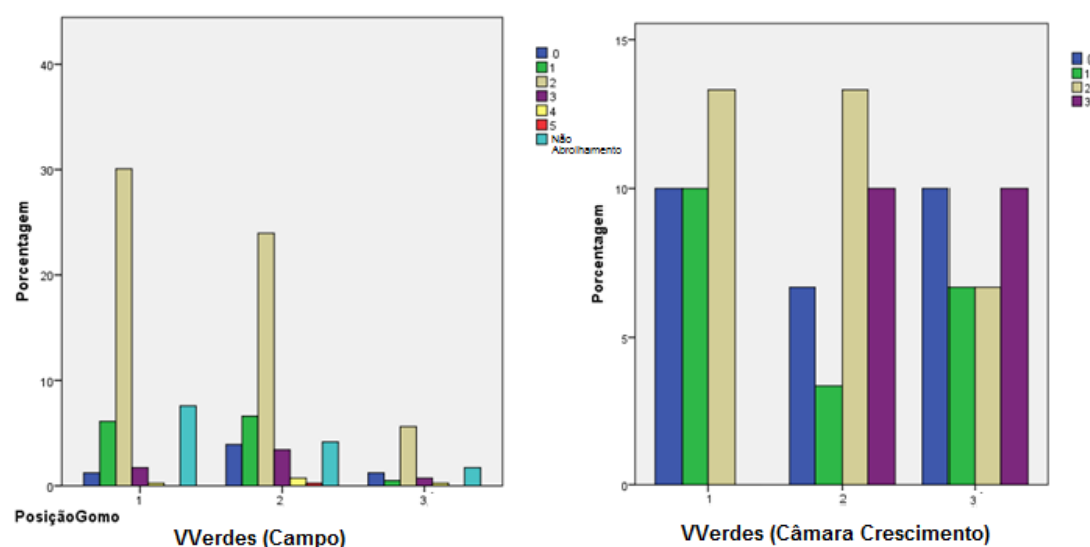


Figura 36- Distribuição das inflorescências por posição do gomo em cada modalidade experimental, para as amostras dos Vinhos Verdes.

Em relação aos Vinhos Verdes, no Campo tivemos mais Não Abrolhamentos no gomo 1 e alguns no gomo 2. Na Câmara de Crescimento não existiram Não

Abrolhamentos. A maior percentagem de gomos com duas inflorescências foi observada nos gomos 1 e 2, tanto na câmara como no campo.

Uma vez concluída a análise descritiva, passámos para a modelação estatística dos resultados obtidos. Pela estrutura dos dados e pelos objetivos colocados, usámos modelos lineares generalizados para dados dependentes, com estimação por equações de estimação generalizadas. Na verdade, dado que cada videira foi observada várias vezes, as possíveis dependências entre essas observações tiveram de ser tomadas em consideração. O modelo linear generalizado usual consideraria todas as observações como independentes, o que estaria naturalmente errado neste contexto.

Modelámos dois fenómenos: primeiramente, procurámos identificar os fatores conducentes ao abrolhamento; de seguida, estudámos a dependência entre o número de inflorescências e as várias condições testadas na experiência (modalidade experimental, local e posição do gomo). Enquanto no primeiro processo usámos regressão logística longitudinal, por ter apenas abrolhamentos ou não abrolhamentos na variável dependente, no segundo processo a modelação foi por regressão longitudinal de *Poisson*, por se tratar de dados de contagens. Ambos os modelos assumiram, como usual, que uma transformação adequada da média da resposta (ou variável dependente) pode ser escrita como uma combinação linear dos preditores (ou variáveis independentes), com coeficientes (efeitos) que são comuns a todas as unidades experimentais (videiras, neste caso).

Porque há dois objetivos em causa, vamos primeiro estudar a determinação dos efeitos dos preditores sobre o abrolhamento.

2.2. Modelação do fenómeno de abrolhamento em função da posição do gomo ao longo da vara, local (Dão *versus* Vinhos Verdes) e método experimental de determinação de fertilidade (fertilidade de estacas com crescimento em câmara *versus* fertilidade real observada no campo)

O facto de o “Não Abrolhamento” não ter sido demasiado raro (7 no total de 68 amostras (11%) não abrolharam) permitiu a aplicação da metodologia acima referida.

Regressão logística é a designação atribuída a um modelo linear generalizado com resposta binomial, portanto associada a dois únicos resultados, sucesso ou insucesso, neste caso Abrolhamento ou Não abrolhamento. Como função de ligação, a regressão logística usa a função *logit*, também conhecida por *log-odds*. Sendo um modelo de regressão, pretende estudar a forma como a média da resposta varia com um conjunto de variáveis explicativas pré-especificadas

O *odds* para um evento corresponde ao quociente entre a probabilidade do evento acontecer e a probabilidade desse mesmo evento não acontecer (Gaio, 2012):

$$Odds \text{ para o evento} = \frac{P(\text{evento})}{1 - P(\text{evento})}$$

Por exemplo, um *odds* de 1/3 para um acontecimento, significa que a probabilidade do acontecimento não ocorrer é três vezes maior do que a probabilidade do acontecimento ocorrer. O facto de as probabilidades $\pi_i = \pi(x_i)$ variarem entre 0 e 1 implica que os *odds*

$$odds_i = \frac{\pi_i}{1 - \pi_i}$$

que representam a razão entre a probabilidade do sucesso e a probabilidade do insucesso para a resposta, variem entre 0 e $+\infty$. Aplicando a transformação logarítmica (de base e), passamos a ter:

$$logit(\pi_i) = \log\left(\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}\right)$$

O modelo escolhido tem cada uma das videiras como unidade observacional e considera que a variabilidade da resposta em cada unidade é devida à unidade de frutificação e posição do gomo testadas. Testámos várias matrizes de correlação de trabalho (*Working correlation matrices*) e a escolha do melhor modelo baseou-se no critério de informação QIC (*Quasi-likelihood under the independence model Information Criterion*) – quanto menor o valor do critério, melhor a qualidade do ajustamento do modelo (Gaio, 2012). O modelo escolhido incluiu uma matriz de correlação de trabalho do tipo AR1 (autorregressiva de ordem 1). É um modelo do tipo populacional, usado para descrever comportamentos populacionais.

Em termos de interpretação dos coeficientes estimados pelo modelo, tem-se que, para uma variável explicativa X_i contínua (Gaio, 2012):

$$OR(x^{(+1)}_i, x) = e^{\beta_i}$$

onde $X_i^{(+1)}$ representa o aumento de 1 unidade em X_i . Assim:

- β_i representa a alteração provocada no *logit* da probabilidade por um aumento de uma unidade na variável X_i , mantendo as restantes variáveis explicativas constantes.
- e^{β_i} representa o *odds ratio* (OR) para o sucesso (neste caso, o abrolhamento) quando se aumenta X_i de 1 unidade e se mantêm as restantes variáveis explicativas constantes; ou seja, e^{β_i} corresponde ao *odds ratio* para o sucesso por aumento de 1 unidade X_i , ajustado para as restantes variáveis.
- O *odds* para o sucesso ($Y = 1$) quando $X = x_i + 1$ é igual a e^{β_i} vezes o *odds* para o sucesso quando $X = x_i$.

Os coeficientes correspondentes às variáveis explicativas qualitativas são interpretados de acordo com o raciocínio anterior mas usando variáveis indicatrizes (*dummies*) para cada uma das categorias.

Os coeficientes estimados foram os seguintes (Tabela 7):

Tabela 7- Coeficientes estimados do modelo de regressão logística para dados dependentes selecionado para o fenómeno de Abrolhamento. Os efeitos significativos são os correspondentes aos valores-p assinalados a cheio.

Variáveis	Estimativa	Erro Padrão	Estatística de teste	Valor-p
Constante	1,578	0,379	17,36	<0,001
Dão (vs VVerdes)	2,389	1,076	4,93	0,026
Gomo 1 (vs gomo3)	0,079	0,493	0,03	0,873
Gomo2 (vs gomo3)	0,670	0,484	1,92	0,166

Câmara (vs campo)	2,020	1,016	3,96	0,047
Dão:gomo1	-2,205	1,102	4,01	0,045
Dão:gomo2	-2,061	1,256	2,69	0,101

O parâmetro de correlação foi estimado em 0,053 (erro padrão=0,050).

Passemos agora à interpretação dos parâmetros do modelo:

- a) Para a população de videiras, num local e posição do gomo fixos, o modelo prevê que o *odds* para o abrolhamento em Câmara seja $\exp(2,020)=7,54$ vezes o *odds* para o abrolhamento no campo. Este efeito do Câmara sobre o fenómeno do abrolhamento é estatisticamente significativo ($p=0,047$).
- b) Na Câmara (ou no campo) e para os Vinhos Verdes, o modelo não identificou diferenças estatisticamente significativas para o abrolhamento entre os gomos 1 e 3 nem entre os gomos 2 e 3;
- c) Na Câmara (ou no campo) e para o gomo 1, o modelo prevê que o *odds* para o abrolhamento no Dão seja $\exp(2,389-2,205)= 1,2$ do *odds* para o abrolhamento nos Vinhos Verdes;
- d) Na Câmara (ou no campo) e para o gomo 2, o modelo não identificou diferenças estatisticamente significativas para a taxa abrolhamento entre os Vinhos Verdes e o Dão;
- e) Na Câmara (ou no campo) e para o gomo 3, o modelo prevê que o *odds* para a taxa de abrolhamento nos vinhos do Dão seja $\exp(2.389)=10.9$ vezes o *odds* para o abrolhamento nos vinhos verdes.

Todas as afirmações anteriores concluídas através dos coeficientes estimados do modelo fazem sentido agronomicamente. Na verdade, o *odds* de 10.9 vezes de abrolhamento no gomo 3 comparativamente ao 1.2 *odds* do abrolhamento para o gomo 1 do Dão contra os Vinhos Verdes, é explicado pelo diferente método de condução. No Dão o tipo de poda era em Guyot sendo os gomos da posição intermédia mais férteis, inibindo o gomo da base a abrolhar.

2.3- Modelação do número de inflorescências em função do Local (Vinhos Verdes/Dão), Posição do Gomo (1,2,3) e Método Experimental (Fertilidade Câmara versus Fertilidade no Campo)

Nesta secção modelámos o número de inflorescências, de modo a perceber se a técnica de crescimento de estacas em câmara de crescimento é representativa da produção real de inflorescências. Os casos de Não Abrolhamentos não entraram para análise.

Usámos novamente modelos populacionais, descrevendo o comportamento médio na população. A natureza da resposta (dados de contagens) e a presença de dependências nos dados (várias observações de uma mesma videira) levou a que fossem considerados modelos de regressão de *Poisson* para dados dependentes.

A função de ligação em causa foi agora a função logaritmo. Isso implica que a interpretação dos coeficientes estimados pelo modelo passe a ser feita em função do risco relativo (RR), em vez de *odds* ou *odds-ratio*. Para um valor x de um preditor X , o risco relativo é definido por:

$$RR(x_i^{(+1)}, x_i) = \frac{E(Y | X_i = x_i + 1)}{E(Y | X_i = x_i)}$$

Aqui usamos a notação $E(.)$ para designar o valor esperado (média) de uma variável aleatória.

Para uma variável independente contínua X_i , mostra-se que :

$$RR(x_i^{(+1)}, x_i) = e^{\beta_i}.$$

Assim, sempre que X_i aumenta de 1 unidade, o valor esperado para o número de inflorescências aumenta e^{β_i} vezes.

A interpretação de coeficientes de variáveis explicativas qualitativas é feita de forma análoga, codificando primeiro cada uma das suas categorias por uma variável indicatriz (*dummy*).

O output do melhor modelo obtido foi o seguinte (Tabela 8):

Tabela 8- Coeficientes estimados do modelo de regressão logística para dados dependentes selecionado para o fenómeno de Número de Inflorescências. Os efeitos significativos são os correspondentes aos valores-p assinalados a cheio

Variáveis	Estimativa	Erro Padrão	Estatística de teste	Valor-p
Constante	0,5897	0,0161	1346,66	< 0,001
Dão (vs VVerdes)	-0,3353	0,0656	26,17	< 0,001
Câmara (vs Campo)	-0,2087	0,1327	2,47	0,116
Dão:Câmara	-0,7105	0,3377	4,43	0,035

A matriz de correlação de trabalho foi novamente uma matriz com uma estrutura autorregressiva de ordem 1, AR1, com um parâmetro estimado de 0.035 (erro padrão = 0.070). O modelo de regressão permitiu também que a distribuição de *Poisson* pudesse ser alargada a uma distribuição binomial negativa, adicionando um parâmetro de escala à estimação. Esse parâmetro foi estimado em 0,412 (erro padrão=0,038), sugerindo que a distribuição dos dados ronde, de facto, uma distribuição de *Poisson*.

Os resultados anteriores permite-nos concluir que:

- a) Nos Vinhos Verdes e no campo, o número médio previsto de inflorescências é de $\exp(0,5897) = 1,8$. Este número acaba por representar o Índice Fertilidade Potencial, número de cachos por número de olhos abrolhados. Este valor está de acordo com os dados recolhidos que se encontram na Tabela 4;
- b) No campo, o número esperado de inflorescências para o Dão é $\exp(-0,3353) = 0,715$ do número esperado de inflorescências para os Vinhos Verdes, portanto, cerca de 30% menor (este resultado é estatisticamente significativo, $p < 0,001$);
- c) Na câmara de crescimento, existiram diferenças estatisticamente significativas entre o Dão e os Vinhos Verdes ($p = 0,035$). O número esperado de inflorescências para o Dão na câmara de crescimento é $\exp(-0,3353 - 0,7105) = 0,351$ do número esperado de inflorescências para os Vinhos Verdes na câmara, ou seja cerca de 65% menor. Isto é explicado não só pela diferença de

produtividade dos dois locais (Vinhos Verdes naturalmente com produção mais elevada de Alvarinho em comparação com o Dão) assim como a diferença de vigor e produtividade registada no final do crescimento das estacas do Dão na câmara;

- d) Não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre o número de inflorescências no campo e na câmara de crescimento, para nenhum dos locais (Dão ou Vinhos Verdes), $p=0,116$. Isto significa que os dados não fornecem evidência estatística suficiente para concluir que Campo e Câmara fornecem números de inflorescência diferentes; se afirmássemos isso, estaríamos a cometer um erro de 11,6% para um nível de significância de 0,05. Podemos portanto afirmar que, na população de videiras em causa, e não apenas nas consideradas, pode acontecer que o total de inflorescências no Campo seja igual ao do Câmara.

Esta ultima conclusão valida a metodologia experimental desta tese como técnica de previsão de potencial de fertilidade.

3. Procedimento Experimental C: Estudo de fatores ambientais no período de Indução floral como método preditor de fertilidade

Nesta parte experimental procedeu-se à tentativa preliminar e exploratória de correlacionar fatores climáticos de temperatura em diferentes períodos de tempo com a produção obtida no ano seguinte (Figura 37). A tabela completa encontra-se no Anexo 1.

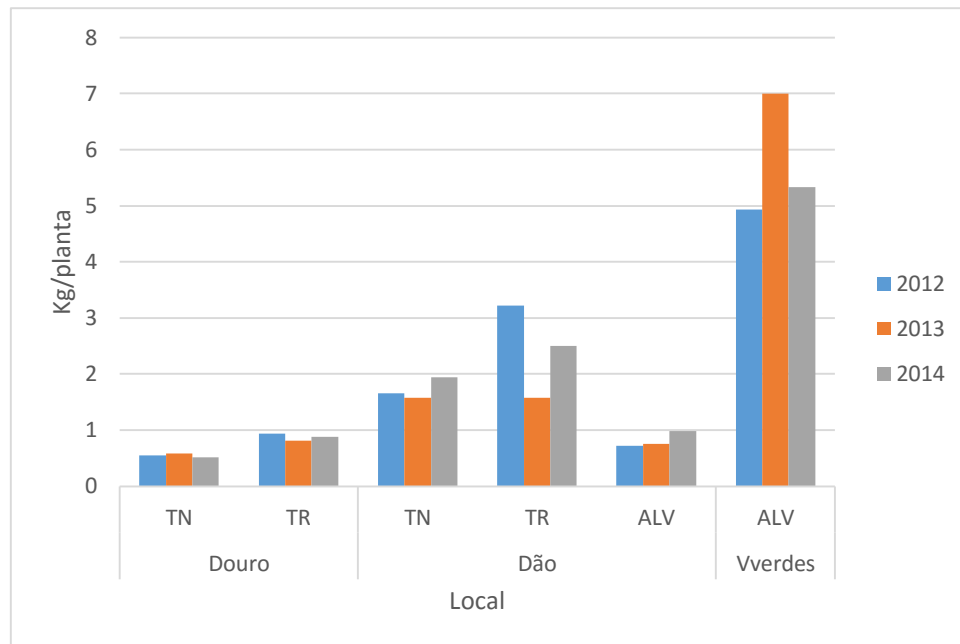


Figura 37- Distribuição das produtividades por casta nos três locais em estudo nos anos de 2011,2012 e 2013. (Fonte: Sogrape S.A.)

3.1- Análise Exploratória dos dados

Começamos por efetuar gráficos distribuição de forma a poder ver a tendência da produtividade com os valores de cada fator climático nos três momentos de análise.

Relembrando que os três períodos em teste são:

1. [Maio-Julho]
2. [Maio]
3. [15 Junho - 15 Julho]

E os fatores climáticos:

- A. Temperatura Média
- B. Temperatura Máxima
- C. Graus Dia (> 10 °C)
- D. N°Pulsos (1h)> 30 °C

FCUP

Fertilidade em *Vitis vinifera* L.: técnicas de determinação e influência climática

E. NºPulsos (4h)>30 °C

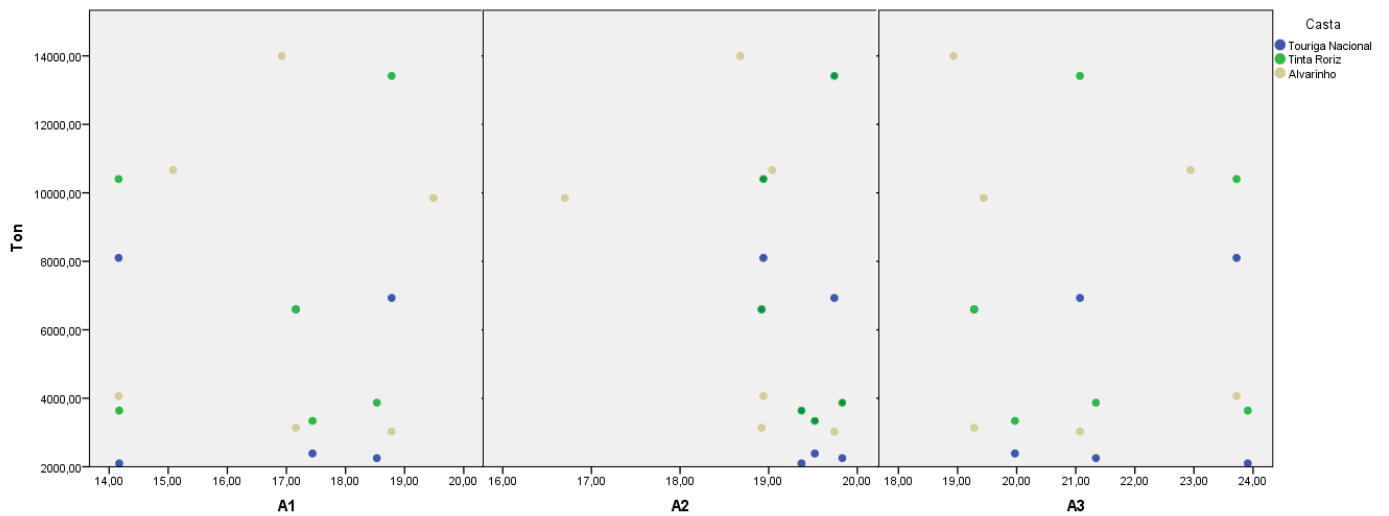


Figura 38- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático Temperatura Média (A) dos respetivos períodos de análise. A1- [Maio-Julho]; A2- [Maio]; A3- [15 Junho-15 Julho]

A Figura 38 não nos sugere nenhuma correlação pois os pontos estão bastante dispersos, especialmente nos períodos de Maio (A2) e 15 Junho -15 Julho (A3).

Já a Figura 39 sugere-nos uma boa correlação entre o fator de Temperatura Máxima registada, especialmente no período 2 e 3, respetivamente em Maio e de 15 Junho a 15 Julho. No entanto, a casta Alvarinho parece ter uma distribuição mais variável do que as duas tintas em análise.

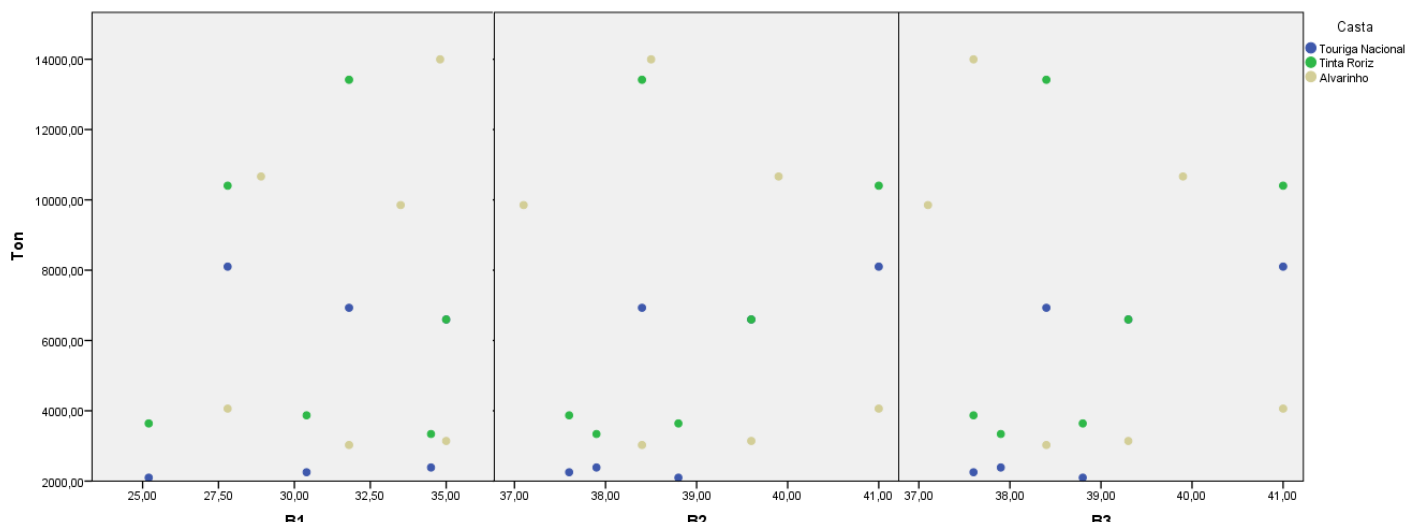


Figura 39- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático Temperatura Máxima (B) dos respetivos períodos de análise. B1- [Maio- Julho]; B2- [Maio]; B3- [15 Junho-15 Julho]

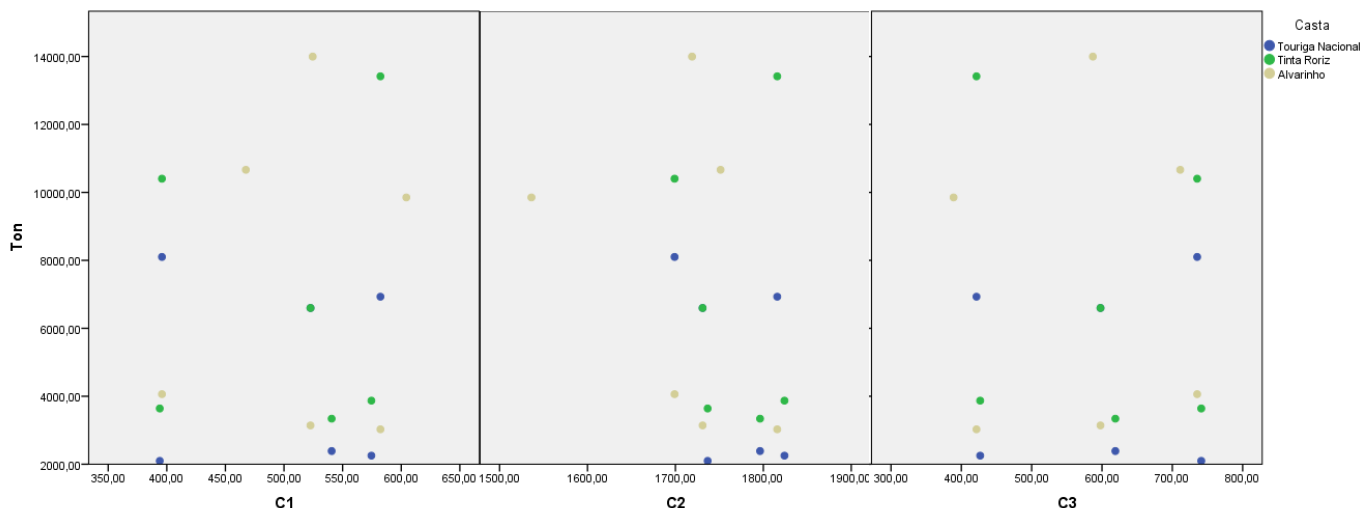


Figura 40- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático Graus dia (C), acima de 10°C, dos respetivos períodos de análise. C1- [Maio-Julho]; C2- [Maio]; C3- [15 Junho-15 Julho],

Com o fator Graus Dia, Figura 40, a dispersão dos dados é maior e não nos sugere que exista correlação.

Na Figura 41, onde se visualiza a distribuição do Número de pulsos, de uma hora acima de 30 °C, com as toneladas registadas, sugere alguma correlação dos dados essencialmente com o período de Maio. Exceto, com a casta Alvarinho que parece correlacionar-se de modo contrário com este fator comparativamente com as duas castas tintas no mesmo período.

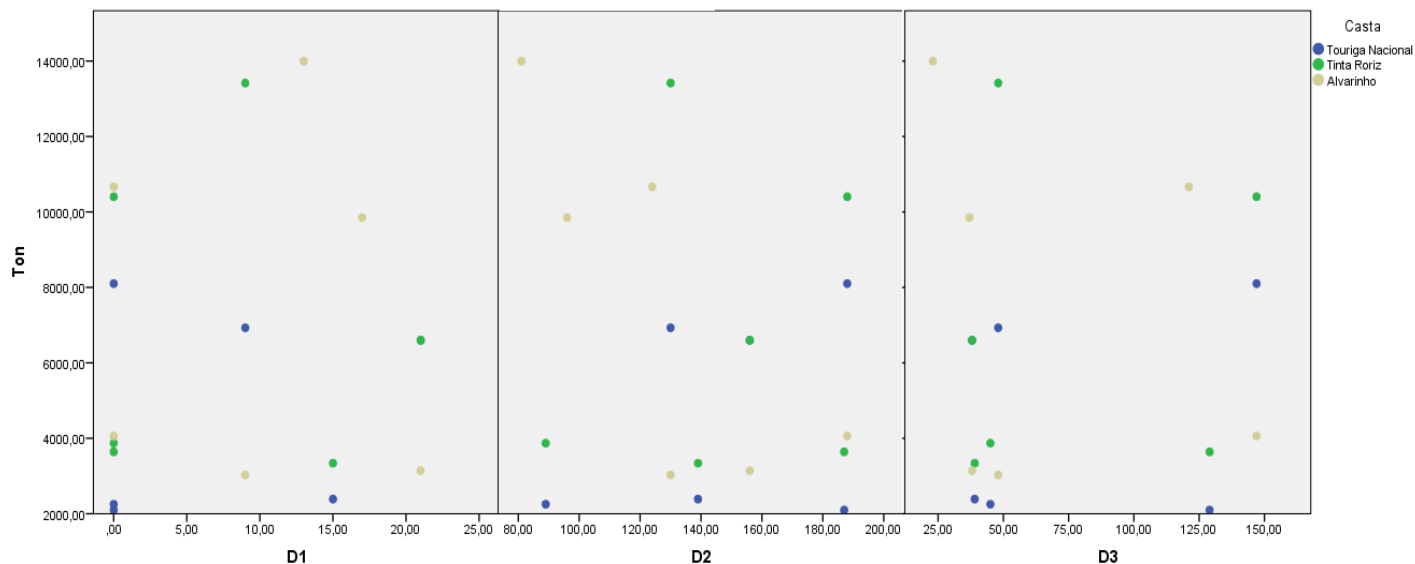


Figura 41- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático Número de Pulsos (D), de uma hora, acima de 30 °C, nos respetivos períodos de análise. D1- [Maio- Julho]; D2- [Maio]; D3- [15 Junho-15 Julho]

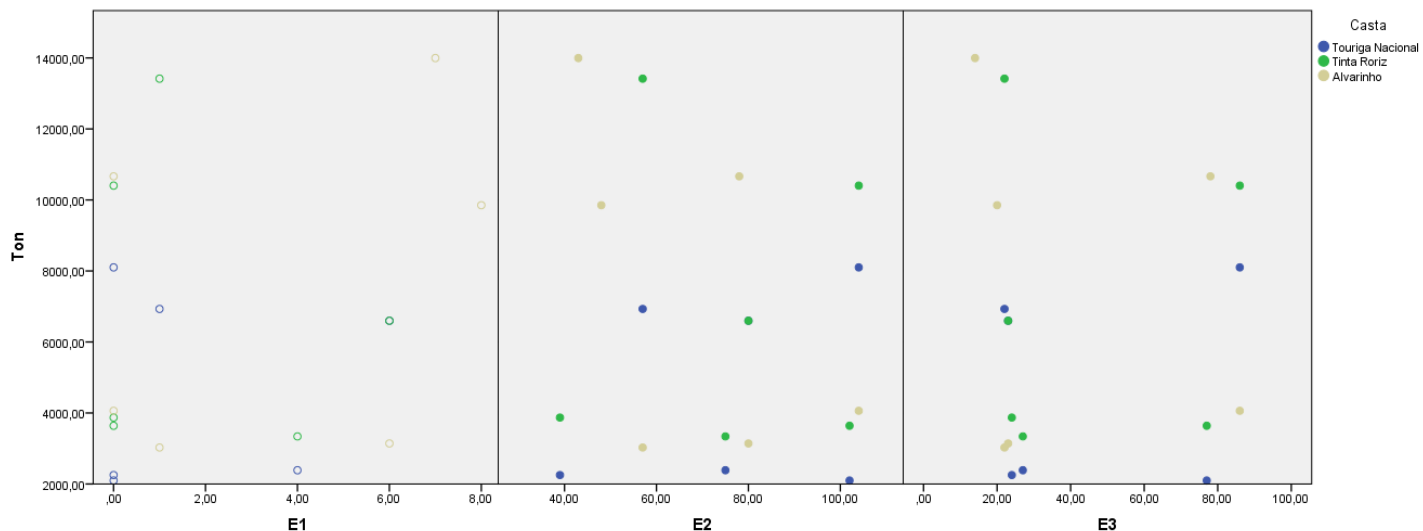


Figura 42- Distribuição da produtividade por casta com o fator climático Número de Pulsos, de quatro horas, acima de 30 °C (E), nos respetivos períodos de análise. E1- [Maio- Julho]; E2- [Maio]; E3- [15 Junho-15 Julho]

Por fim, o número de quatro horas seguidas registadas acima de 30 °C, apresentadas na Figura 42, sugere alguma, mas reduzida, correlação no período de Maio. Já com os outros dois períodos a dispersão dos dados é elevada, repara-se que quase se traça duas linhas verticais paralelas nos eixos dos XX, o que sugere que não existe praticamente nenhuma correlação.

3.2- Modelação dos dados

Após algumas análises básicas da distribuição da produtividade registada por casta, notou-se que existe demasiada variabilidade nos dados e muito poucas observações disponíveis.

Tomando como exemplo a unidade experimental (casta Touriga Nacional e Tinta Roriz + Dão) - o que dá uma observação por ano - ficamos com um estudo que tem seis unidades experimentais, isto é, no fundo era como realizar um estudo ao longo de 3 anos em 6 indivíduos.

Agora observemos o comportamento destas 6 unidades experimentais ao longo do tempo (Figura 43).

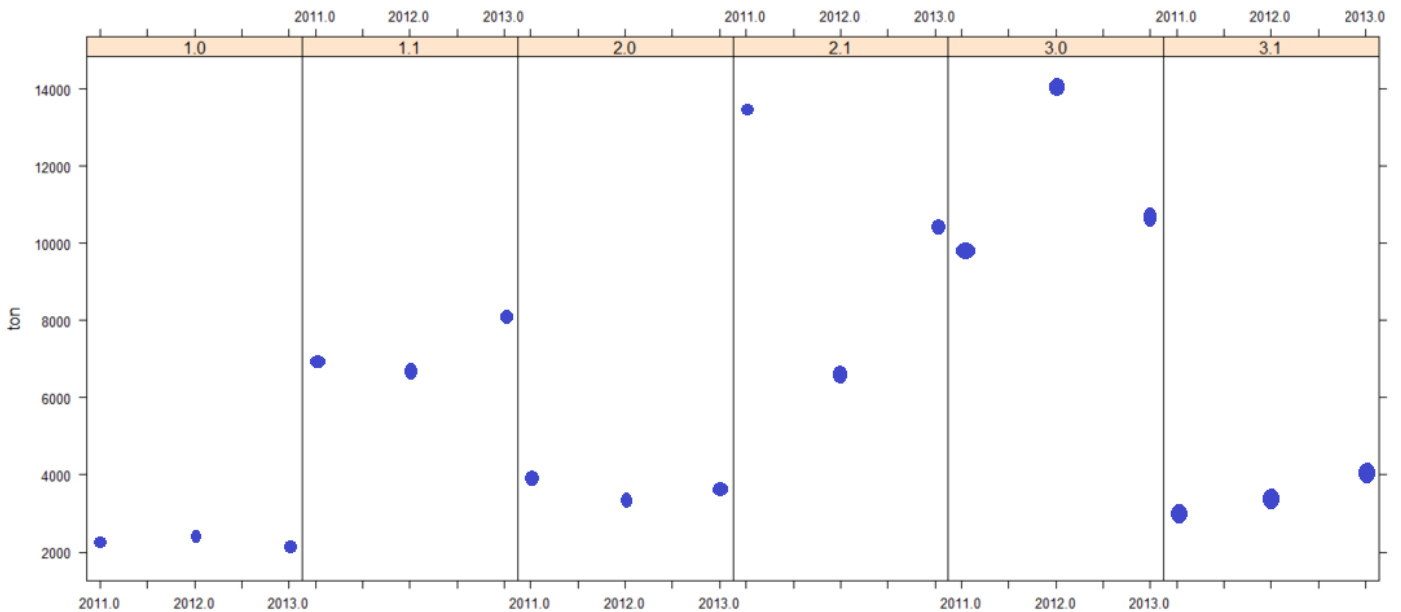


Figura 43- Distribuição da produtividade das castas em estudo nos três diferentes locais 2011, 2012 e 2013. 1.0: Touriga Nacional (Douro); 1.1: Touriga Nacional (Dão); 2.0: Tinta Roriz (Douro); 2.1: Tinta Roriz (Dão); 3.0: Alvarinho (Vinhos Verdes); 3.1: Alvarinho (Dão)

O que acontece é que, entre elas, os comportamentos são diferentes. Para algumas das unidades, a evolução ao longo do tempo é linear, enquanto para outras, a evolução ao longo do tempo é quadrática (umas com curvatura positiva e outras com curvatura negativa).

Em termos matemáticos, não teríamos outra hipótese senão usar modelos de efeitos aleatórios com dependência quadrática do tempo. Ora, com apenas 6 dados e 3 tempos observados, este modelo é impossível de ajustar aos dados. Teríamos quase uma observação para um parâmetro, o que não dá para a estimação dos parâmetros, assim acabaríamos por ter um modelo sobre-ajustado - fenómeno de *overfitting*.

Assim, apesar de no ponto 3.1 termos algumas sugestões de tendências, não é possível proceder a uma análise estatística que ofereça resultados conclusivos e corretos por falta de dados, sendo, então necessário mais anos de estudo.

V- CONCLUSÕES

Foi possível estudar os fatores que influenciam a fertilidade da videira, nomeadamente o processo de formação de inflorescências no período de indução floral, a influência climática neste período e como a fertilidade de videira em câmara de crescimento se comporta comparativamente à fertilidade em campo.

Mais conhecimento sobre a regulação da transição floral em videira pode ajudar a desenvolver novas estratégias genéticas ou de gestão para melhorar a produção vitivinícola.

Com o presente ensaio, chega-se às seguintes conclusões:

- O corte anatómico de gomos, como técnica para se proceder à contagem de inflorescências e assim obter um potencial de fertilidade de videiras, resultou numa técnica pouco precisa. Mesmo com uso de equipamento de observação microscópica de alta resolução, foi bastante difícil afirmar com segurança que as estruturas observadas eram inflorescências e quantas é que eram. Assim, esta técnica não é uma solução para aferir o nível de fertilidade de parcelas de videiras;
- Este estudo permitiu demonstrar que não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre a fertilidade na câmara de crescimento e a fertilidade no campo, sendo então o procedimento de crescimento de estacas de videira validado como técnica de avaliação precoce de fertilidade;
- Esta técnica pode ser realizada no período de entrada de dormência da videira, após a vindima. Colocando as amostras em câmara de frio, de modo a acumular as horas de frio necessárias, e, posteriormente numa câmara de crescimento em ambiente controlado, é possível obter o potencial de fertilidade com 10 meses de antecedência da colheita;
- Apesar do resultado positivo desta última técnica, pode ser vantajoso repetir o ensaio de modo a melhorar o procedimento experimental e cimentar os resultados finais obtidos. Pode-se considerar a hipótese de regar com solução nutritiva de forma a melhorar a qualidade das amostras finais, repensar nas condições de clima da câmara (menos temperatura e menos humidade relativa) e deixar mais espaço entre as estacas, pois no final houve muito ensombramento

entre as amostras o que pode ter causado com que algumas inflorescências não vingassem;

- Este procedimento deve ser realizado o mais cedo possível, para permitir a realização de várias repetições de modo a dar os resultados obtidos antes de ocorrer o abrolhamento no campo;
- Por fim, como tentativa de perceber qual a influência do clima no período de determinação do número de inflorescências, fez-se em estudo exploratório, através de análise estatística avaliando de que forma a temperatura em três períodos teste afetava o rendimento registado no ano seguinte. Apesar dos gráficos de distribuição sugerirem alguma correlação com o fator Temperatura Máxima (nos três períodos considerados), Pulsos de uma ou quatro horas superior a 30 ° C no mês de Maio não foi possível obter respostas conclusivas devido ao baixo número de observações disponíveis e à elevada variabilidade existente entre os dados, sendo preciso mais anos de estudo;
- Este estudo nos fatores climáticos, também pode igualmente ser recriado em câmaras de crescimento, modificando as condições ambientais entre as amostras e relacionando com o número de inflorescências obtidas no ciclo seguinte.

VI- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrocontrol, Estudo da EVAG.

Andreini, L., Viti, R. & Scalabrelli, G., (2009). Study on the morphological evolution of bud break in *Vitis vinifera* L. *Vitis*, 48(4), pp.153–158. [Consultado 3 Março 2015]. Disponível em: <http://www.vitis-vea.de/admin/volltext/w0099.pdf>.

Baldwin, J.G., (1964). The Relation between weather and fruitfulness of the Sultana Vine. *Australian Journal of Agricultural Research*, 15, pp.920–928. [Consultado 10 Março 2015]. Disponível em: http://krishikosh.egranth.ac.in/HD/common/split_document.jsp?doc=MPKV-1462.pdf1/2055012/1/.

Bloom, P., Ferguson, J., Pierce F., Tarara J., (2005). Estimating Grapevine Yield from Measurements of Trellis Wire Tension. In *Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production FRUTIC 05 meeting*. Montpellier, França.

Böhm, J., (2007). *O Grande Livro das Castas*, Lisboa: Chaves-Ferreira Publicações, S.A.

Boss, P.K., Buckeridge, E. J., Poole, A., & Thomas, M.R. (2003). New insights into grapevine flowering. *Functional Plant Biology*, 30(6), pp.593–606.

Buttrose, M.S., (1969). Fruitfulness in Grapevines: Effects of light intensity and Temperature. , 68(1), pp.1–7.

Buttrose, M.S., (1970). Frutifulness in grape-vines: The response of different cultivars to light, temperature and daylength. *Vitis*, pp.121–125.

Buttrose, M.S., (1974). Fruitfulness in grapevines Effects of water stress.pdf. *Vitis* 12, 299-305, p.7.

C.E.E, (1999). Zonas Vitícolas. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Regulamento (CE)*, nº 14937, pp.45–46.

Carmona, M.J., Chaib, J., Martinez-Zapater, J.M., & Thomas, M.R. (2008). A molecular genetic perspective of reproductive development in grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 59(10), pp.2579–2596.

Carmona, M.J., Cubas, P., Myriam, C., & Martínez-Zapater, J.M. (2007). Evolution of the grapevine (*Vitis vinifera* L.). In *Canadian Journal of Botany*. XVII International Botanical Congress held in Vienna, Austria, in 2005., pp. 679–690. [Consultado 18 Abril 2015] Disponível em: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/B07-060>.

Celce, B., (2013). Wine Tasting, Vineyards, in France. [Consultado 5 Maio 2015] Disponível em: http://www.wineterroirs.com/2013/07/helda_rabaut_chinon.html.

Chauvet, M. & Reynier, A., (1984). *Manual de Viticultura*, Litexa Editora, LDA.

Clingeffer, P., (2001). Crop Development , Crop Estimation and Crop Control to Secure

Quality and Production of Major Wine Grape Varieties : A National Approach. *Final Report to Grape and Wine Research & Development Corporation*, (September).

- Collins, C., Coles, R., Conran, J.G., & Rawnsley, B., (2006). The progression of primary bud necrosis in the grapevine cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.): A histological analysis. *Vitis - Journal of Grapevine Research*, 45(2), pp.57–62.
- Costa, M., (2015). Comunicação Pessoal.
- Costa, M.M., Ramos, M.J., Coito, J.L., Silva, H.G., Cunha, J., & Rocheta, M. (2014). Flower development and sex specification in wild grapevine. *BMC Genomics*, 15(1), p.1095. [Consultado 23 Março 2015]. Disponível em: <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/15/1095>.
- Cunha, M., Abreu, I., Pinto, P., & De Castro R., (2003). Airborne pollen samples for early-season estimates of wine production in a mediterranean climate area of northern Portugal. *American Journal of Enology and Viticulture*, 54(3), pp.189–194.
- Cunha, M., Marçal, A.R.S. & Silva, L., (2010). Very early prediction of wine yield based on satellite data from VEGETATION. *International Journal of Remote Sensing*, 31(12), pp.3125–3142.
- CVRVV, (2015a). Região Demarcada da Região dos Vinhos Verdes. [Consultado 22 Junho 2015] Disponível em: <http://www.vinhoverde.pt/pt/vinhoverde/regiao/default.asp>
- CVRVV, (2015b). Vinho Verde-Castas. [Consultado 20 Maio 2015]. Disponível em: <http://www.vinhoverde.pt/pt/castas>.
- Darwin, C., (1875). *On the movement and habits of climbing plants* J Murray., Londres, Reino Unido.
- Diago, M., Correa, C., Milán, B., Barreiro, P., Valero, C. & Tardaguila, P. (2012). Grapevine Yield and Leaf Area Estimation Using Supervised Classification Methodology on RGB Images Taken under Field Conditions. *Sensors*.
- Dobrowski, S., Ustin J. & Wolpert, S.Z. (2003). Grapevine dormant pruning weight prediction using remotely sensed data. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 9, pp.177–182.
- Dunn, G., (2010). *Yield Forecasting*. Grape and Wine Research and Development Corporation
- Dunn, G.M. & Martin, S.R., (2007). A functional association in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon between the extent of primary branching and the number of flowers formed per inflorescence. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13(2), pp.95–100.
- Dunn, G.M. & Martin, S.R., (2000). Do temperature conditions at budburst affect flower number in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon? *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), pp.116–124. [Consultado 20 Março 2015]. Disponível em: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00169.x>.
- Easton, S.,(2012). Growing season temperature. [Consultado 20 Julho 2015]. Disponível

em: <http://www.winewisdom.com/articles/techie/growing-season-temperature/>.

Estação de Avisos Agrícolas do Algarve (2011), Estados fenológicos da vinha segundo Baggiolini.

Fuente, M. de La, (2014). The Relevance of the yield Prediction Methods in Vineyard Management. *Bulletin de l'OIV*, 87, pp.387–394.

Gaio, R., (2012). Texto de apoio às aulas de Estatística Aplicada em Ciências e Engenharia. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Guilpart, N., Metay, A. & Gary, C., (2014). Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. *European Journal of Agronomy*, 54, pp.9–20. [Consultado 17 Junho 2015]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.11.002>.

INEGI/Mercatura, (2009). InfoVini. [Consultado 20 Maio 2015]. Disponível em: <http://www.infovini.com/pagina.php?codNode=18017#tab0>.

IPMA, Índices Vitivinícolas. (2015). [Consultado 20 Julho 2015]. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/agrometeorologia/index.html?page=bio.vitivi.index.xml&print=true>.

IVDP, (2010). Região do Douro. [Consultado 23 Julho 2015]. Disponível em: <http://www.ivdp.pt/pagina.asp?codPag=16> [Accessed June 24, 2015].

IVV, (2011). *Catálogo das Castas Para Vinho Cultivadas Em Portugal* 1ª ed., Lisboa: Chaves Ferreira-Publicações SA.

Jones, G., (2013). *Uma Avaliação do Clima para a Região Demarcada do Douro: Uma análise das condições climáticas do passado, presente e futuro para a produção de vinho*, ADVID.

Keller, M., Tarara, J.M. & Mills, L.J., (2010). Spring temperatures alter reproductive development in grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(3), pp.445–454.

Larsen, R.P., (1963). Effect of potassium and magnesium fertilizers on the nutritional status and yield of a Concord grape vineyard. *Michigan State University Agric. Exp. Station*, 45, pp.376–386.

Liu, S., Marden, S. & Whitty, M., (2013). Towards Automated Yield Estimation in Viticulture. In *Conference on Robotics and Automation, 2-4 December 2013 (Australia)*. pp. 2–4. [Consultado 7 Junho 2015]. Disponível em: <http://www.araa.asn.au/acra/acra2013/papers/pap163s1-file1.pdf>.

Lopes, A., (2009). *Previsão quantitativa de vindimas- Tese de Mestrado*. Universidade Técnica de Lisboa & Universidade do Porto.

MacGregor, (2000). Cool climate crop size estimation: site specific. *5th Internacional Symposium on Cool Climate Viticulture and Oenology*.

Magalhães, N., (2008). *Tratado de Viticultura* 1ª ed., Publicações Chaves Ferreira.

- Malheiro, A.C., Ferreira, T. & Mathews, R., (2007). Transpiration of vineyards of Douro Region. In *Congreso Clima y Viticultura*. Zaragoza.
- Martínez-Casasnovas, J.A., (2005). Viticultura de precisión: Predicción de cosecha a partir de variables del cultivo e índices de vegetación. *Revista de Teledetección*, 24, pp.67–71.
- Matthews, P. & Skinner M., (1989). Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.) under phosphorus-limited conditions. *Sci. Hortic.*, 38, pp.49–60.
- May, P., (2000). From bud to berry, with special reference to inflorescence and bunch morphology in *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), pp.82–98. [Consultado 2 Abril 2015]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00166.x> <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00166.x/asset/j.1755-0238.2000.tb00166.x.pdf?v=1&t=hqxn4b9z&s=f1161b6220d5b5dc37bd9ac71fd976a4f028d822>.
- May, P., (1961). The value of an estimate of fruiting potential in the Sultana. *Vitis*, 3, pp.15–26.
- Meireles, A., (2013). *Relatório de Estágio: Controlo de Maturação e Clarificação do Mosto*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Moyer, M., (2015). Comunicação Pessoal.
- Moyer, M. & Komm, B., (2015). Vineyard Yield Estimation. *Washington State University Extension*, pp.0–11.
- Mullins, M.G., Bouquet, A. & Williams, L.E., (1992). *Biology of Grapevine*, Cambridge University Press.
- Nuske, S., Achar S., Bates T., N.S.G & S.S (2011). Yield Estimation in Vineyards by Visual Grape Detection. In *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS '11)*. p. 7.
- OIV, (2015). Elements de Conjoncture Mondiale. , pp.1–14. [Consultado 14 Abril 2015]. Disponível em: http://www.oiv.int/oiv/files/OIV_NoteConjavril2015_FR.pdf.
- Pedroso, V., Gouveia, J., Rodrigues, P., Alves, I., & Lopes, C.M. (2012). Ecophysiological potential of the Dão terroir for the production of Touriga nacional red grapes. , (Ci), pp.6–8.
- Queiroz, J. (2010). Ciclo biológico da videira. *Documentos de apoio às aulas de Viticultura Geral, da Licenciatura de Ciências de Engenharia, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto*.
- Ribereau-Gayon, J., (2006). *Handbook of Enology: Volume 1 The Microbiology of the Wine and Vinifications* 2º ed. J. W. & S. Ltd., ed., West Sussex.
- Rodrigues, C.C., Cruz, A., Botelho, M., Rodrigues, C., & Castro, R. (2006). Estratégias de Gestão do Coberto Vegetal e da Produção na Casta Touriga Nacional na Região do Dão. 8º *Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo, Évora*, pp.p. 187–196.

- Rosa, A.M., Pescador, R., Lima, A., Silva, D.A., Brighenti, A.F., & Brunetto, G. (2014). Fertilidade e Reservas de Carbono e Nitrogénio em gemas de ramos das viníferas “Cabernet Sauvignon” e “Nebbiolo.” *Revista Brasileira Fruticultura*, pp.576–585.
- Sánchez, L. a. & Dokoozlian, N.K., (2005). Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(4), pp.319–329.
- Serrano, E. Roussel, S., Guizard, C., Dias F.(2008). Sistema óptico de estimativa dos rendimentos à parcela. *Conferências da Tapada, ISA, UTL*.
- Srinivasan, C. & Mullins, M.G., (1981a). Physiology of flowering in the grapevine -- a review. *Am. J. Enol. Vitic.*, 32(1), pp.47–63. [Consultado 8 Maio 2015]. Disponível em: <http://www.ajevonline.org/cgi/content/abstract/32/1/47>.
- Srinivasan, C. & Mullins, M.G., (1981b). Physiology of flowering in the grapevine -- a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 32(1), pp.47–63. [Consultado 16 Junho 2015]. Disponível em: <http://www.ajevonline.org/cgi/content/abstract/32/1/47>.
- Toda, F.M., (2015). Comunicação Pessoal.
- Toda, F.M., (1991). *Biologia de la Vid - Fundamentos Biologicos de la Viticultura*, Ediciones Mundi-Prensa.
- Vasconcelos, M.C., Greven, M., Winefield, C.S., Trought, M.C.T., & Raw, V. (2009). The flowering process of *Vitis vinifera*: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(4), pp.411–434.
- Vasquez, S. & Fidelibus, M., (2006). Using Grapevine Bud Dissection to Assess Yields. *California Fresh Fruit*.
- ViniPortugal, (2010). Wines of Portugal. [Consultado 2 Maio 2015]. Disponível em: <http://www.winesofportugal.info/pagina.php?codNode=1089>.
- Watt, A. M., Dunn, G.M., May, P.B., Crawford, S.A., & Barlow E.W.R. (2008). Development of inflorescence primordia in *Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay from hot and cool climates. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(1), pp.46–53.
- Williams, L., 2000. Bud development and fruitfulness of grapevines. *Raisin Production Manual. LP Christensen (Ed.)*, pp.24–29. [Consultado 6 Março 2015].Disponível em: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=rMoAET18u9YC&oi=fnd&pg=PA24&dq=Bud+Development+and+Fruitfulness+of+Grapevines&ots=0hCs4yLyUX&sig=NN7MXd3Z1OU1-mwSxixxJVLwbWE>.

ANEXOS

Tabela 9- Valores dos fatores climáticos testados em diferentes períodos do ano e consequente produção obtida no ano seguinte (kg/planta).

2011				Kg/planta (n+1)				
Local			1. Maio	2. [Maio- Julho]	3. [15 Junho - 15 Julho]	ALV	TN	TR
Azevedo (Vinhos Verdes)	A	T°C Média	19,5	16,7	19,4	4,93		
	B	T°C Máx	33,5	37,1	37,1			
	C	Graus Dias (>10°C)	604	1536	389			
	D	NºPulsos (1h)>30°C	17	96	37			
	E	NºPulsos (4h)>30°C	8	48	20			
Carvalhais (Região do Dão)	A	T°C Média	18,8	19,7	21,1	0,72	1,66	3,22
	B	T°C Máx	31,8	38,4	38,4			
	C	Graus Dias (>10°C)	582	1816	422			
	D	NºPulsos (1h)>30°C	9	130	48			

	E	NºPulsos (4h)>30°C	1	57	22			
Sairrão (Douro)	A	T°C Média	18,5	19,8	21,3		0,55	0,94
	B	T°C Máx	30,4	37,6	37,6			
	C	Graus Dia (>10° C)	575	1824	427			
	D	NºPulsos (1h)>30°C	0	89	45			
	E	NºPulsos (4h)>30°C	0	39	24			
2012								
Azevedo (Vinhos Verdes)	A	T°C Média	16,9	18,7	18,9	13 997		
	B	T°C Máx	34,8	38,5	37,6			
	C	Graus Dia (>10°C)	525	1719	587			
	D	Nº Pulsos (1h)>30°C	13	81	23			
	E	NºPulsos (4h)>30°C	7	43	14			

Carvalhais (Região do Dão)	A	T°C Média	17,2	18,9	19,3	0,75	1,58	1,58
	B	T°C Máx	35,0	39,6	39,3			
	C	Graus Dia (>10°C)	523	1731	598			
	D	NºPulsos (1h)>30°C	21	156	38			
	E	NºPulsos (4h)>30°C	6	80	23			
Sairrão (Douro)	A	T°C Média	17,4	19,5	20,0		0,58	0,81
	B	T°C Máx	34,5	37,9	37,9			
	C	Graus Dia (>10°C)	541	1796	619			
	D	NºPulsos (1h)>30°C	15	139	39			
	E	NºPulsos (4h)>30°C	4	75	27			
2013								
	A	T°C Média	15,1	19,0	23,0			
	B	T°C Máx	28,9	39,9	39,9			

Azevedo (Vinhos Verdes)	C	Graus Dia (>10°C)	467	175	711	5,33		
	D	NºPulsos (1h)>30°C	0	124	121			
	E	NºPulsos (4h)>30°C	0	78	78			
Carvalhais (Região do Dão)	A	T°C Média	14,2	18,9	23,7	0,98	1,94	2,50
	B	T°C Máx	27,8	41	41			
	C	Graus Dia (>10°C)	396	1699	735			
	D	NºPulsos (1h)>30°C	0	188	147			
	E	NºPulsos (4h)>30°C	0	104	86			
Sairrão (Douro)	A	T°C Média	14,2	19,4	23,9		0,51	0,88
	B	T°C Máx	25,2	38,8	38,8			
	C	Graus Dia (>10°C)	394	1737	741			
	D	NºPulsos (1h)>30°C	0	187	129			

	E	NºPulsos (4h)>30°C	0	102	77			
--	---	-----------------------	---	-----	----	--	--	--