



## **Previsão de Produção da casta Touriga Franca na região do Douro com base nas Componentes de Rendimento**

**Isabel Maria Sarmento de Beires de Abreu e Lima**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Viticultura e Enologia**

Orientador: Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes

**Júri:**

Presidente: Doutor Jorge Manuel Rodrigues Ricardo da Silva, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes, Professor Associado com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;  
Doutor Ricardo Nuno da Fonseca Garcia Pereira Braga, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Lisboa, 2014

## **Agradecimentos**

O trabalho desenvolvido não teria sido possível sem a ajuda de várias pessoas, às quais gostaria de deixar os meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Doutor Carlos Lopes, por tudo o que me ensinou enquanto professor e orientador, e por toda a atenção e exigência, apesar da distância.

Ao Eng.º Cristiano van Zeller, pela hospitalidade e disponibilidade em me receber na Quinta do Vale D. Maria, tornando possível este trabalho e os estágios que tive oportunidade de aqui fazer.

À Eng.ª Joana Pinhão por toda a ajuda e amizade que tanto me ajudaram e inspiraram nesta dissertação.

À minha família, amigos, e ao Sebastião, por toda o apoio e motivação que me deram sempre que precisei.

À Diana Vasconcelos, que sempre me incentivou, por toda a ajuda que prestou nas recolhas de dados.

A toda a equipa da Quinta do Vale D.Maria, pela amabilidade.

## Resumo

A previsão de rendimento em viticultura é uma importante vantagem competitiva. Para determinar as variáveis explicativas da produção numa parcela de Touriga Franca da Quinta do Vale D. Maria (Douro), foi seleccionada uma amostra de 98 videiras, cujos componentes de rendimento foram estudados ao longo de 2013.

Através de uma sub-amostra de 18 videiras, obtiveram-se 3 modelos de previsão de rendimento. O primeiro utiliza as variáveis "nºcachos/videira", "peso médio ráquis/cacho", "peso bagos/talão" e "nºmédio de bagos/cacho", explicando 92% da variação da produção por videira, com reduzidas medidas estatísticas de desvio, oferecendo uma melhor estimativa. O segundo recorre ao índice de fertilidade/talão e ao nºcachos para explicar 73% da variação da produção por videira, apresentando medidas de desvio intermédias. O terceiro modelo permite estimar a produção através do nºcachos/videira, com um  $R^2$  de 0,72 e medidas de desvio mais elevadas. Os dois últimos modelos dispensam a destruição de cachos, dependendo de observações. A escolha do modelo a utilizar depende da qualidade e da praticabilidade pretendida pelo produtor.

Este trabalho demonstrou bons resultados em estimativas de rendimento para Touriga Franca, casta pouco estudada apesar da sua importância na região do Douro. A implementação destes procedimentos permitirá estimar a produção da maior parcela da Quinta ao longo dos anos.

**Palavras-chave:** Douro, *Vitis vinifera*, Touriga Franca, previsão de rendimento, componentes de rendimento.

## Abstract

Yield predicting is a great advantage for winegrowers' competitiveness. To determine which variables explain most of the yield's variation at harvest in a Touriga Franca parcel at Quinta do Vale D. Maria (Douro), a sample of 98 grapevines was selected and its yield components studied through 2013.

Using an 18 grapevine subsample, 3 yield predicting models were achieved. The first uses "bunch number/vine", "average stem weight/bunch", "berry weight/spur" and "average berry number/ bunch" and explains 92% of yield variation per vine with the smallest statistical deviation measures, offering the best quality estimate. The second uses "fertility index/spur" and "bunch number" to explain 73% of yield variation per vine, with intermediate deviation measures. The third model allows a yield estimate through bunch number per vine, with a  $R^2$  of 0,72 , but higher deviation measures than the previous one. The last two models are determined through observation, avoiding bunch destruction. The choice of which model to use depends on the quality of the estimate and the practicality desired by the winegrower.

This work showed good results relating to yield predicting for Touriga Franca, a poorly studied variety despite its importance in Douro. The implementing of these procedures will enable production control in the biggest parcel in Quinta do Vale D. Maria.

**Key words:** Douro, *Vitis vinifera*, Touriga Franca, yield prediction, yield components.

## Extended Abstract

The use of yield predicting methodologies is a great practical and economical advantage for winegrowers around the world, allowing the planning of the operations to be done in the vineyard, organizing the space and resources needed in the winery for the vinification process, as well as improving the company management of wine stocks and marketing strategies.

In order to determine which variables would explain most of the production's variation at harvest, procedures were adopted to estimate the production through yield components in a Touriga Franca parcel belonging to Quinta do Vale D. Maria, in the Douro valley. To this end, a sample of 98 grapevines distributed in 20 blocks was selected, after a homogeneity analysis, and studied through 2013. Phenology was monitored in six grapevines belonging to this sample and distributed through the parcel. The node number, the percentage of budburst and the fertility were determined in a 20 grapevine subsample.

Collected data drew to the conclusion that inflorescences belonging to the same node number didn't differ significantly when it comes to the length of its branches and the number of its flowers. An important equation was obtained, permitting the calculation of the inflorescence's number of flowers through the number of its branches, explaining 73% of this numbers' variation. This relation allows a quick and simple estimate of the fruit set per bunch, enabling the estimation of the berry number at harvest.

Regarding bunches, spurs with 4 bunches (2 in each node position) showed a highest berry number and bunch weight when compared to spurs with 3 (1 in the first node and 2 in the second node) and 2 bunches (1 in each node position). Bunches' stem weight, on the other hand, depends on the node position in which they develop. Data collected also showed that bunches belonging to the first node canes are heavier when compared to the second node canes, and their berry number per bunch is also larger. This reflects a higher fertility rate and percent fruit set in these bunches.

Using a smaller 18 grapevine subsample, it was clear that the "number of berries per spur" was a weak component when it comes to yield estimates. The average bunch weight at veraison is also a useless variable to estimate average bunch weight at harvest. In contrast, three good yield predicting models were achieved considering this same subsample.

The first one involves a greater number of independent variables: the number of bunches per vine, the average stem weight per bunch, the berry weight per spur and the average berry number per bunch, which explain 92% of yield variation per vine at harvest (dependent variable).

The second model uses the fertility index per spur and the number of bunches to explain 73% of yield's variation per vine, which are two variables very easy to determine through observation, avoiding the need of destroying bunches to have an accurate estimate.

The third model allows a yield prediction through bunch number per vine, with a  $R^2$  of 72%. Regarding statistical deviation measures, the first model offers the best quality estimate, with lower RMSE, MAE and M%AE, followed by the second and then the third model. In spite of this result, the practical usage of the first model implies the destruction of bunches and the time consumed with countings and weighings. The second and third models were then developed as an attempt to overcome these difficulties, trying to make yield predicting methods easy to implement on an annual basis. Therefore, the choice of which model to use depends on the quality of the estimate desired by the winegrower.

Thereby, the work developed showed some very good results (relating to) concerning yield estimates for Touriga Franca, which is a poorly studied variety, especially in these matters, despite its important presence in the Douro valley. It would be interesting for the company to keep historical data of the variables that turned out to be relevant in this matter, for the purpose of developing more robust equations, approaching the real production each year. The implementation of these procedures will enable yield estimating in one of the biggest parcels in Quinta do Vale D. Maria, optimizing the management of the winery, its resources and the production control.

# Índice

1. Introdução .....	1
2. Revisão Bibliográfica .....	3
2.1. Ciclo biológico da videira e os seus componentes de rendimento.....	4
2.1.1. Componentes de Rendimento.....	5
2.2. Previsão de Rendimento.....	7
2.2.1. Previsão através das componentes do rendimento .....	7
2.2.2 Modelos agrometeorológicos .....	8
2.2.3 Análise polínica da atmosfera .....	10
2.2.4 Medição da tensão dos arames .....	11
2.2.5 Deteção remota .....	11
2.2.6 Análise de imagem.....	12
2.3. Clima .....	13
3. Importância do estudo .....	15
4. Material e Métodos .....	17
4.1. Caracterização da Parcela.....	17
4.2. Classificação Climática .....	18
4.3. Material Vegetal.....	19
4.3.1. Touriga Franca.....	19
4.3.2. Porta enxerto 99 Richter (99R).....	19
4.4. Intervenções culturais .....	20
4.5. Metodologia Experimental.....	20
4.5.1. Estudo de homogeneidade da parcela .....	21
4.5.2. Evolução Fenológica.....	22
4.5.3. Registos efectuados antes da floração.....	22
4.5.4. Registos ao Pintor.....	24
4.5.5. Registos à Vindima .....	27
4.5.6. Análise Estatística.....	28

5. Resultados e Discussão .....	29
5.1. Homogeneidade da Parcela.....	29
5.2. Evolução Fenológica.....	29
5.3. Carga à poda, abrolhamento e fertilidade .....	30
5.4. Estudo das inflorescências .....	32
5.5. Taxa de vingamento .....	34
5.6. Estudo dos Cachos.....	35
5.6.1. Colheita ao Pintor.....	35
5.6.2. Colheita à Vindima .....	37
5.7. Caracterização do Coberto e Índices Folha/Fruto .....	42
5.8. Controlo da Maturação .....	44
5.9. Relações alométricas.....	46
5.9.1. Inflorescências .....	46
5.9.2. Cachos.....	49
5.10. Estimativa da Produção .....	51
5.10.1. Número de Cachos .....	52
5.10.2. Caracterização do Cacho ao Pintor.....	53
5.11. Combinação de variáveis.....	55
5.12. Comparação dos melhores modelos.....	59
6. Conclusão .....	63
7. Referências Bibliográficas .....	65

## Índice de Equações

<b>Equação 1:</b> $SFE (m^2/ha) = 2 \times Hsebe + Esebe \times (N^o \text{ metros Sebe/ha})$ .....	26
<b>Equação 2:</b> $AFMp = \frac{Lp+Sp}{2} \times NFp$ .....	26
<b>Equação 3:</b> $AFp = e^{0,0835+0,992 \times \ln(AFMp)}$ .....	26
<b>Equação 4:</b> $AFs = e^{0,346+1,029 \times \ln AFMs-0,125 \times \ln(Ls)}$ .....	27
<b>Equação 5:</b> $N \text{ Botões Florais} = 42,396 \times L0-5,1715$ .....	48
<b>Equação 6:</b> $N \text{ Botões Florais} = 28,545 \times N \text{ Ramos}-205,06$ .....	48
<b>Equação 7:</b> $\text{Peso Cacho} = 1,3126 \times N \text{ bagos}-5,9338$ .....	50
<b>Equação 8:</b> $\text{Peso Cacho} = 1,0368 \times \text{Peso Bagos} + 2,0816$ .....	50
<b>Equação 9:</b> $\text{Peso Cacho} = 23,316 \times \text{Peso Ráquis}-13,37$ .....	51
<b>Equação 10:</b> $\text{ProdVideira } g = 0,27 \times N \text{ cachos} + 0,17$ .....	52
<b>Equação 11:</b> $FC = \frac{\text{Peso Cacho Vindima}}{\text{Peso Cacho Pintor}} = 1.46$ .....	53
<b>Equação 12:</b> $\text{ProdVideira} = -2,476 + 0,269 \times N \text{ cachosVid} + 0,624 \times P \text{ medraquisC}-3,175 \times$ $P \text{ bagosT}-0,016 \times N \text{ medbagosC}$ .....	56
<b>Equação 13:</b> $\text{ProdVideira} = -0,53-0,38 \times I \text{ talao} + 0,30 \times N \text{ cachosVid}$ .....	57
<b>Equação 14:</b> $\text{ProdVideira} = 0,2763 \times N \text{ cachosVid}-1,3411$ .....	58

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Evolução da produção de uvas e de vinho em Portugal entre 1961 e 2012 (dados FAOSTAT). .....	2
<b>Figura 2:</b> Climatograma da região do Douro, sub-região Cima Corgo (Pinhão), de Outubro de 2012 até Agosto de 2013. Fonte: ADVID.....	18
<b>Figura 3:</b> Identificação dos blocos escolhidos na parcela Touriga Franca Abade, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	21
<b>Figura 4:</b> Representação esquemática das medidas de uma inflorescência, segundo Casteran <i>et al.</i> (1981).....	23
<b>Figura 5:</b> Classificação de uma amostra cachos de acordo com o seu peso ao Pintor (n=54), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	36
<b>Figura 6:</b> Classificação de uma amostra cachos de acordo com o seu peso à Vindima (n=51), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.....	39
<b>Figura 7:</b> Evolução do Álcool Provável (% v/v) em 5 amostras de 100 bagos da casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. ....	44
<b>Figura 8:</b> Evolução do pH em 5 amostras de 100 bagos da casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. ....	45
<b>Figura 9:</b> Evolução Acidez Total (g de ácido tartárico/ dm <sup>3</sup> ) em 5 amostras de 100 bagos da casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. ....	46
<b>Figura 10:</b> Relação entre L0 (variável independente) e o número de botões florais (variável dependente), para uma amostra de 40 inflorescências, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. ....	47
<b>Figura 11:</b> Relação entre o número de ramos e o número de botões florais de uma amostra de 40 inflorescências, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. ....	48
<b>Figura 12:</b> Relação entre o número de bagos (variável independente) e o peso do cacho (g) (variável dependente) medidas ao Pintor (n=54), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.....	49

<b>Figura 13:</b> Relação entre o peso dos bagos (g) (variável independente) e o peso do cacho (g) (variável dependente) medidos ao Pintor (n=54), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	50
<b>Figura 14:</b> Relação entre o peso dos bagos (g) (variável independente) e o peso do cacho (g) (variável dependente) medidas ao Pintor (n=54), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	51
<b>Figura 15:</b> Relação entre o número de cachos (variável independente) e a produção obtida por videira (Kg) (variável dependente) à Vindima (n=98), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	52
<b>Figura 16:</b> Relação entre o número médio de bagos por cacho num talão (variável independente), ao Pintor, e a produção por videira (variável dependente) (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	54
<b>Figura 17:</b> Relação entre o peso médio do cacho à Vindima (variável dependente) e o peso médio do cacho ao Pintor (variável independente) (n=18), na casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	54
<b>Figura 18:</b> Relação entre a produção obtida por videira (variável dependente) e o respectivo número de cachos (variável independente) (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. ....	58
<b>Figura 19:</b> Relação linear entre a produção observada por videira à Vindima e a produção estimada através do Modelo 3 com as variáveis preditoras: número de cachos por videira, peso médio do ráquis por cacho, número de bagos por talão e número médio de bagos por cacho (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	60
<b>Figura 20:</b> Relação linear entre a produção observada por videira à Vindima e a produção estimada através do Modelo 2 com as variáveis preditoras: índice de fertilidade por talão e número de cachos por videira (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	60
<b>Figura 21:</b> Relação linear entre a produção observada por videira à Vindima e a produção estimada através do Modelo 1 com a variável preditora: número de cachos por videira (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	61

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Componentes de Rendimento da Videira e época da sua determinação. Adaptado de Lopes (2012). .....	6
<b>Tabela 2:</b> Caracterização da parcela Touriga Franca do Abade, Quinta do Vale D.Maria, 2013.....	17
<b>Tabela 3:</b> Número de ocorrências e respectiva percentagem das classes de fertilidade dos talões das videiras escolhidas em cada um dos 20 espaços que constituem a amostra, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	24
<b>Tabela 4:</b> Valores médios, erro padrão e valores máximos e mínimos observados por videira no registo de abrolhamento e fertilidade . Valores referentes aos olhos francos e da coroa (n=20). Casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	31
<b>Tabela 5:</b> Influência da ordem do olho e da inflorescência no número de botões florais, número de ramos e nas dimensões do ráquis (n=20), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. Dados analisados de forma factorial. ....	33
<b>Tabela 6:</b> Influência da ordem da inflorescência no número de botões florais, número de ramos e nas dimensões do ráquis em olhos de ordem 1 (n=10) e de ordem 2 (n=10), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. Dados analisados separadamente por cada nível do factor "ordem do olho". ....	33
<b>Tabela 7:</b> Caracterização da percentagem de vingamento, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	34
<b>Tabela 8:</b> Valores médios, e respectivo erro padrão, das variáveis peso do cacho, peso do ráquis, peso dos bagos, número de bagos e peso médio do bago por cacho, registadas ao Pintor (n=54), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.....	36
<b>Tabela 9:</b> Influência da ordem do olho e do cacho nas variáveis peso do cacho, peso do ráquis, peso dos bagos, número de bagos e peso médio do bago por cacho, registadas ao Pintor (n=24), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.....	37

<b>Tabela 10:</b> Produção média por videira $\pm$ erro padrão nas zonas Inferior e Superior, e percentagem da produção zonal face à produção média por videira da amostra da parcela Touriga Franca do Abade, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. ....	37
<b>Tabela 11:</b> Caracterização da parcela Touriga Franca do Abade e da amostra respectiva, relativamente ao número de plantas e sua produção, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	38
<b>Tabela 12:</b> Histórico de produção da parcela Touriga Franca do Abade desde 2009, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	38
<b>Tabela 13:</b> Valores médios, e respectivo erro padrão, das variáveis peso do cacho, peso do ráquis, peso dos bagos, número de bagos e peso médio do bago por cacho, registadas à Vindima (n=51), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.....	40
<b>Tabela 14:</b> Influência da ordem do olho e do cacho nas variáveis peso do cacho, peso do ráquis, peso dos bagos, número de bagos e peso médio do bago por cacho, registadas à Vindima (n=24), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.....	40
<b>Tabela 15:</b> Valores médios, e respectivo erro padrão, das variáveis relativas ao número de camadas de folhas, à superfície foliar exposta e à área foliar; casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	42
<b>Tabela 16:</b> Matriz de coeficientes de correlação de Pearson para as dimensões das inflorescências (n=40), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ...	47
<b>Tabela 17:</b> Matriz de coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis em estudo face aos valores registadas ao Pintor (n=24), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	49
<b>Tabela 18:</b> Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção obtida por videira à Vindima e as variáveis em estudo (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.....	55

<b>Tabela 19:</b> Sumário da regressão linear múltipla passo a passo realizada entre a produção à Vindima (variável dependente) e as 11 variáveis independentes em estudo (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.....	56
<b>Tabela 20:</b> Sumário da regressão linear múltipla passo a passo realizada entre a produção à Vindima (variável dependente) e as variáveis independentes "número de cachos por videira e "índice de fertilidade por talão" (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.....	57
<b>Tabela 21:</b> Sumário das medidas estatísticas de desvio relativas aos dois modelos propostos para previsão do rendimento para a casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013. ....	61

# 1. Introdução

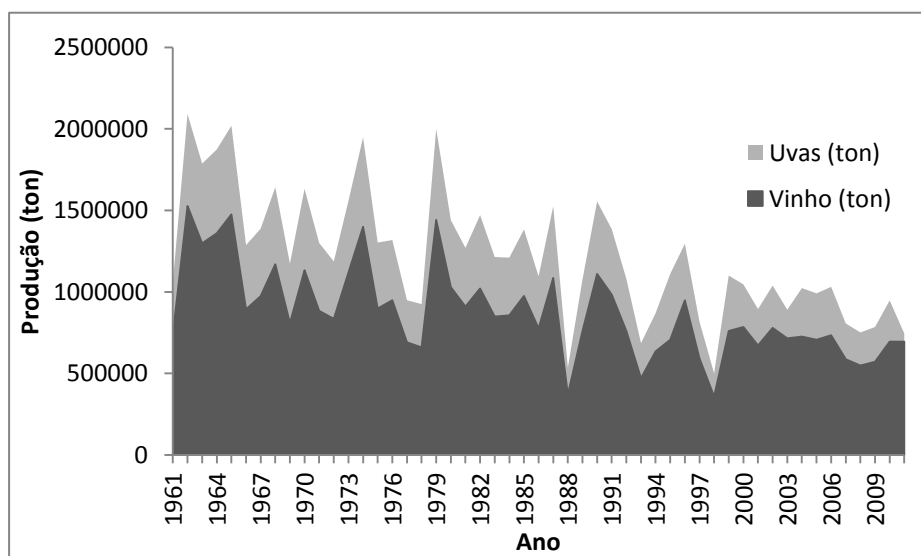
A videira é uma planta cuja origem remonta à era Terciária, tendo sido encontrado o seu fóssil mais antigo na região de Reims, em Champagne, com uma idade entre 54 e 55 milhões de anos (Amaral 1994). Em Portugal, o fóssil mais antigo do género *Vitis* foi encontrado em Silveirinha, perto de Coimbra, com cerca de 53 milhões de anos (Antunes, 2003). A transformação da uva em vinho, por sua vez, é um processo que data de há cerca de 10 000 anos atrás e que se disseminou por regiões como a Grécia e o Egipto, onde ganhou grande importância, há cerca de 5 000 anos (Amaral 1994). Coube então aos gregos o desenvolvimento das práticas vitícolas e aos fenícios a expansão do consumo de vinho através da sua actividade comercial.

Desde a sua origem remota que a produção de vinho tem vindo a assumir um papel importante na identidade de algumas regiões vitícolas. Em Portugal, o Douro é uma das regiões mais emblemáticas na vitivinicultura, cuja primeira demarcação remonta ao final do século XVIII. Localizada no nordeste de Portugal, rodeada por cadeias montanhosas que lhe conferem características edafoclimáticas particulares, esta região estende-se por cerca de 250 000 hectares, 45 000 dos quais ocupados por vinha, e está dividida em três sub-regiões distintas: o Baixo Corgo, o Cima Corgo e o Douro Superior. Apesar de ser a terceira região demarcada, após Chianti e Tokay, o Douro foi a primeira região produtora de vinho a ser demarcada nas suas fronteiras montanhosas, sendo pioneira na regulação da sua produção (Gouveia *et al.*, 2011). Esta região é produtora por excelência de vinhos de qualidade reconhecida internacionalmente, sendo o vinho do Porto ainda hoje a sua principal marca, seguido por vinhos de mesa conceituados, mas com um percurso mais recente.

Actualmente, a produção vitícola portuguesa tem sofrido variações como reacção às oscilações do mercado. De 1961 até 2011, a área cultivada de vinha em Portugal, em geral, diminuiu, bem como a produção e o rendimento por hectare. Ao nível da produção de vinho, observou-se uma tendência decrescente nos últimos 50 anos, ilustrada na figura 1 (FAO). As correcções de mercado, resultantes da variação dos volumes de produção e dos seus preços, dificultam a situação económica dos viticultores (IVV, 2011). Apesar da crise que o país atravessa, os sectores vitícola e vinícola portugueses têm mostrado persistência e uma crescente vontade de aumentar a competitividade, especialmente em relação aos mercados estrangeiros. Têm vindo a ser aprovadas medidas orçamentais que visam impulsionar a competitividade da produção do sector vitivinícola, estimulando o tecido social nas zonas rurais e o respeito pelas medidas ambientais (IVV, 2011).

Neste contexto, a importância do aumento da competitividade do sector vitivinícola torna-se evidente. Uma das medidas mais importantes para o conhecimento do potencial vitícola nacional reside no conhecimento e acompanhamento do ciclo da cultura em cada parcela, assim como na capacidade de estimar a sua produção a cada ano. O desenvolvimento de tecnologias de viticultura de precisão, nas quais se incluem equipamentos de monitorização de rendimento, tem vindo a crescer desde 1999, ano em que começaram a ser lançados estudos sobre os primeiros equipamentos na Austrália e nos Estados Unidos da América (Arnó *et al.*, 2009). No entanto, tais instrumentos representam grandes investimentos por parte das empresas, com grandes custos associados. Desta forma, o estudo aprofundado do ciclo da videira e dos seus componentes surge como uma ferramenta directa e economicamente mais acessível para o acompanhamento e previsão do seu rendimento anual. Em regiões minifundiárias como o Douro, em que a mecanização da vinha se torna mais difícil e cara, a implementação de procedimentos para previsão de produção através dos componentes de rendimento representa um passo importante para uma melhor gestão do seu potencial vitícola, ajustando as despesas necessárias à matéria prima de que se dispõe, maximizando o lucro.

O presente trabalho pretende, deste modo, estudar a relação entre as componentes de rendimento da videira e a sua produção final, na casta Touriga Franca, na região do Douro. O objectivo final é a obtenção de uma relação que permita uma previsão do rendimento da parcela em estudo, através de determinações no campo, sem recurso a equipamentos de custo elevado.



**Figura 1:** Evolução da produção de uvas e de vinho em Portugal entre 1961 e 2012 (dados FAOSTAT).

## 2. Revisão Bibliográfica

De acordo com Dami (2006), a previsão de rendimento é o processo de projectar, com a maior precisão possível, a dimensão da produção que será colhida. As estimativas de rendimento das culturas, associadas a uma manutenção da sua produção, têm um impacto anual directo na economia nacional e internacional, sendo também importante na gestão dos recursos alimentares existentes (Prasad *et al.* 2006).

Relativamente à produção de uvas e de vinho, as previsões de rendimento assumem grande importância a nível da União Europeia face à obrigação dos estados membros reportarem a sua produção. Para isso são feitas estimativas de produção durante o ciclo da cultura e a confirmação dos mesmos valores durante a vindima (Comissão Europeia, 2009). Esta prática é muito importante para que os viticultores possam estimar a sua produção, permitindo-lhes concluir se esta é elevada ou reduzida, de acordo com os objectivos qualitativos que definem, e que intervenções serão necessárias para os alcançar. A nível vitícola, este tipo de práticas permite um planeamento das necessidades de mondas de cachos, uma estimativa da mão-de-obra e equipamentos necessários à vindima, perspectivar a necessidade de compra ou venda de uvas, estipular o preço da uva e a programação de investimentos a realizar (Lopes, 2012). A nível da adega, é fundamental para a organização do espaço necessário ao processo de vinificação das uvas produzidas e da quantidade de produtos enológicos necessários para esse fim (Dami, 2006). Ao nível da empresa, a previsão de rendimento das parcelas permite ainda uma gestão mais eficiente dos stocks de vinho, bem como desenvolver estratégias de marketing do produto (Lopes, 2012).

O surgimento das primeiras metodologias para estimativas de rendimento data da década de 50 (Wrugler *et al.*, 1955), altura a partir da qual se tem assistido a uma expansão da aplicação destas técnicas, principalmente em países com grandes produções vitícolas, como é o caso da Austrália. Esta expansão não foi apenas geográfica, como também tecnológica, tendo-se desenvolvido novas tecnologias e equipamentos com resultados cada vez mais precisos, como é o caso da análise de imagem e a detecção remota.

Existem vários factores que afectam o rendimento de uma vinha, como o clima, doenças, pragas e práticas culturais adoptadas, que contribuem para uma variação anual da produção (Clingeffer, 2001). Estes factores dependem muito do local onde a vinha é inserida, nomeadamente da sua disponibilidade hídrica, do tipo de solo, altitude, exposição, etc. O conhecimento de todos estes factores, bem como do ciclo biológico da cultura em questão e do local onde ela se insere, é determinante na avaliação da melhor relação entre

produção e qualidade que se pode obter (Jackson e Lombard, 1993), bem como na compreensão dos resultados de previsões de produção que se pretendam fazer.

A irregularidade da produção de uma vinha é normalmente um factor tido em conta na concepção de uma adega e no volume que esta comporta. Mas, apesar disso, a quantificação desta variação é uma forma importante de evitar prejuízos que possam advir de produções excessivas ou deficientes, tornando o seu processamento mais eficiente e maximizando o lucro (Clingeffer, 2005).

## **2.1. Ciclo biológico da videira e os seus componentes de rendimento**

A videira é uma planta perene da família das vitáceas, cuja produção é complexa devido a uma profunda modificação resultante da remoção da lenha de poda a cada inverno. Contudo a produção em videiras não podadas parece ser mais variável do que nas podadas, apresentando ciclos bianuais (Clingeffer, 2001).

Como planta vivaz, a videira apresenta três importantes funções. A primeira consiste na manutenção de um ciclo vegetativo, que tem início no abrolhamento e termina com a queda das folhas, que assegura a formação de ramos e folhas e que desenvolve o tronco e o sistema radicular a cada ano. A segunda função resume-se ao armazenamento de substâncias de reserva sob a forma de amido, durante o atempamento, principalmente no interior de tecidos das raízes, troncos e sarmentos. Por último, a videira tem a função de manter um sistema reprodutor que consiste no desenvolvimento de estruturas que permitam a disseminação da planta, como são as inflorescências que darão origem a cachos com bagos e grainhas (órgãos alvo de reservas sob a forma de amido para o seu eventual desenvolvimento numa nova planta).

Em climas temperados, como o português, a videira apresenta um ciclo de vida descontínuo, uma vez que alterna um período de vegetação com um período de repouso, correspondente aos meses entre Novembro e Março. Neste período, a planta não apresenta qualquer actividade vegetativa aparente, devido às baixas temperaturas a que está sujeita. Nesta fase, os seus gomos saem do estado de dormência (no qual se verificou um aumento da concentração do ácido abscísico, permitindo o desenvolvimento da capacidade de abrolhamento) devido a um período de baixas temperaturas constantes que vão diminuir a concentração do ácido abscísico, e permitir que os gomos se desenvolvam, fenómeno que culmina em Março, quando as condições forem favoráveis ao abrolhamento. Tendo início o

abrolhamento, ou seja, o surgimento dos primórdios vegetativos, dá-se posteriormente o desenvolvimento gradual dos principais órgãos da videira, como os pâmpanos, as folhas, as flores e os frutos. O crescimento da planta nesta fase depende naturalmente da sua taxa fotossintética, assistindo-se ao desenvolvimento dos seus ápices vegetativos e à transformação dos pâmpanos em sarmentos por acumulação de substâncias de reserva (designado fenómeno de atempamento).

O ciclo reprodutor insere-se no período vegetativo da planta, desde Maio do ano precedente até Setembro do ano seguinte. A fase reprodutiva dura cerca de 18 meses, uma vez que a produção da época corrente é influenciada pelas condições que se verificaram na época anterior e, por vezes, na época anterior a essa (May, 1987). Os gomos laterais começam então a formar-se nas axilas dos primórdios foliares dos gomos latentes. A formação das inflorescências a partir desses gomos é muito sensível às condições de luz e temperatura presentes durante as fases críticas do ciclo reprodutivo do ano anterior (Clingeffer, 2001). Esta formação designa-se por iniciação floral, em que uma parte do meristema vegetativo passa ao estado reprodutivo, em Maio-Julho, iniciando-se o esboço das inflorescências. Após o desenvolvimento das inflorescências e separação dos botões florais, segue-se o fenómeno de floração em que são libertadas as caliptras das flores, deixando expostas as suas estruturas reprodutivas. Através do fenómeno de polinização, o grão de pólen, após cair no estigma, vai germinar e fecundar o saco embrionário no interior do óvulo. O vingamento consiste então, no desenvolvimento do óvulo fecundado, que irá crescer em volume e tornar-se ultimamente em bago, culminando no desenvolvimento do cacho.

### **2.1.1. Componentes de Rendimento**

O sistema de condução das videiras e as intervenções em verde são alterações impostas ao seu estado natural com o objectivo de controlar a sua produção, equilibrando a distribuição das reservas da videira de forma a manter a sua longevidade, bem como a quantidade e a qualidade das uvas. Com este objectivo, a condução de uma videira, o sistema de poda e as intervenções em verde são formas de manipular as componentes do seu rendimento.

O estudo dos componentes de rendimento é a principal ferramenta na construção de modelos de previsão de rendimento, uma vez que constituem as entidades básicas responsáveis pela produção obtida à vindima. São vários os componentes de rendimento a considerar: o número de videiras por hectare, o número de olhos por videira, o número de sarmento por olho à poda, o número de inflorescências por sarmento, o número de flores

por inflorescência, o número de bagos por cacho e o peso por bago (Lopes, 2012). Estes coexistem em equilíbrio, uma vez que são interdependentes na sua contribuição para a produção e que a alteração de um deles tem consequências nos outros. A título de exemplo, o aumento da carga à poda pode não resultar num aumento proporcional da produção, uma vez que pode induzir uma menor taxa de abrolhamento dos olhos (Magalhães, 2008). Isto ilustra também a capacidade de autorregulação da videira, que procura equilibrar a relação entre os seus ciclos vegetativo e reprodutivo.

Na Tabela 1 encontra-se a época de determinação respeitante a cada componente de rendimento referido.

**Tabela 1:** Componentes de Rendimento da Videira e época da sua determinação. Adaptado de Lopes (2012).

<b>Componente de Rendimento</b>	<b>Época de Determinação</b>
Nº videiras/ ha	Plantação
Nº olhos/ videira	Poda
Nº sarmentos/ olho à poda	Abrolhamento
Nº inflorescências/ sarmento	Primavera do ano anterior
Nº flores/ inflorescência	Abrolhamento
Nº bagos/ cacho	Vingamento
Peso/ bago	Período do vingamento à Vindima

Os valores associados aos componentes de rendimento previamente mencionados não devem ser considerados exactos, uma vez que dependem de técnicas de medição com erro associado. Devem ainda ser considerados os factores que influenciam a expressão destes componentes, como o sistema de poda, a fertilidade dos gomos, a taxa de vingamento, a taxa de crescimento dos bagos, a sanidade da videira, as disponibilidades hídricas e práticas culturais como as intervenções em verde, fertilizações e rega (Lopes, 2012).

De acordo com Clingeleffer (2001), maior parte da variação sazonal da produção é explicada pela variação do número de cachos por videira. Em muitos casos este autor verificou ainda que o número de bagos por cacho à Vindima está positivamente correlacionado com o número de cachos por videira.

## **2.2. Previsão de Rendimento**

Os modelos de previsão de rendimento têm por base os componentes de rendimento da videira referidos no capítulo 2.1.1. Estes constituem um ponto de partida a partir do qual se têm vindo a desenvolver os mais variados métodos e tecnologias de forma a facilitar a recolha de dados necessária à obtenção de uma previsão do rendimento

A precisão das previsões está intimamente associada ao tipo de vindima que é feito. Um dos factores sugeridos por Dunn (2010) para melhorar esta precisão é a inclusão de um "factor de eficiência da vindima", que reflecta a entrega de uvas na adega face à produção real existente na vinha. Dunn considera quatro diferentes situações de vindima e atribui-lhes os respectivos valores do coeficiente de eficiência. O menor valor é de 0,85 e refere-se a vindimas mecânicas ineficientes com perdas por transporte. No caso de vindima mecânica eficiente com perdas por transporte reduzidas, o autor sugere um factor de 0,90. Se a vindima for manual em parcelas distantes da adega, o factor de eficiência sugerido é de 0,95. Por último, numa vindima manual e perto da adega as perdas são consideradas mínimas, com um factor eficiência da vindima de 1,00, ou seja, a eficiência é máxima.

### **2.2.1. Previsão através das componentes do rendimento**

A previsão de rendimento com base nas componentes de rendimento pode ser feita com base em várias determinações: o número de cachos, que pode ser determinado antes do abrolhamento, após o abrolhamento e após a floração; o número de botões florais, contabilizado uma ou duas semanas antes da floração; o número de bagos, avaliado entre o vingamento e a Vindima; e o peso do cacho ao Pintor. (Clingeleffer, 2001).

O número de cachos por videira fornece uma estimativa precoce da produção, que pode trazer vantagens a nível do planeamento da Vindima, explicando entre 60 e 70% da variação sazonal do rendimento (Clingeleffer, 2001). O valor que se irá obter para esta componente está directamente relacionado com a carga à poda e com a fertilidade dos olhos deixados e pode ser combinado com o valor médio do peso do cacho à Vindima de forma a obter estimativas mais robustas (Lopes, 2012). Este último valor pode ser retirado de registos históricos da parcela. A severidade da poda e as condições climáticas que se verificam na iniciação dos gomos estão intimamente ligadas ao número de gomos por videira e o número de lançamentos por gomo. As condições climatéricas anteriores à Vindima, por sua vez, irão influenciar o número de cachos por lançamento (Price, 1988). Se a contagem de cachos for feita antes do abrolhamento, esta implica o corte anatómico de

gomos, para contagem dos primórdios florais, ou a forçagem do seu abrolhamento em estufa, como referido por Wrugler *et al.* (1955). As estimativas de rendimento no período de dormência através do corte anatómico de gomos depara-se com algumas dificuldades, como o fraco abrolhamento dos gomos basais e, como verificado por Clingeffer (2001) para a casta *Chardonnay*, uma redução do número de cachos entre a fase do corte, ou um mês após abrolhamento, e o número verificado à Primavera. Apesar destes obstáculos, se os cortes forem feitos de forma cuidada e se se aplicarem regras aos procedimentos, nomeadamente no conhecimento profundo da anatomia dos gomos antes de os dissecar, este pode ser um método confiável para previsão de rendimento com resultados imediatos (Clingeffer, 2001).

A produção final obtida pode ser relacionada com o número de flores por inflorescência, através de uma contagem directa do número de botões florais (processo demorado e moroso) das inflorescências ou através de relações alométricas com medidas de dimensões da inflorescência. Este método é passível de ser utilizado em previsões precoces do rendimento, no entanto tem o inconveniente de não englobar factores que influenciem o vingamento e o desenvolvimento do bago (Lopes, 2012).

O número de bagos por hectare é também um bom estimador do rendimento da videira pois engloba variações do número de cachos e do número de bagos por cacho (Clingeffer, 2011). No entanto a sua contagem é um processo pouco prático, que pode ser facilitado pelo estabelecimento de relações alométricas envolvendo as dimensões do ráquis (Lopes, 2012). De acordo com Nuske (2011), o número de bagos por cacho explica 30% da variação da produção por videira.

Enquanto que o número de inflorescências se encontra determinado desde o ano anterior, o peso dos cachos é muito variável e profundamente influenciável pelo clima que se verifica desde o vingamento à Vindima (Hoskins, 2009). O peso do cacho ao Pintor é considerado um dos melhores estimadores do rendimento, uma vez que integra na estimativa factores como o vingamento e o desenvolvimento inicial do bago. Este componente do rendimento da videira deve ser estudado por casta, sendo que os dados à Vindima deve ser feita de acordo com a variedade em questão (Lopes, 2012).

### **2.2.2 Modelos agrometeorológicos**

A previsão de rendimento através de métodos agrometeorológicos é uma prática que desenvolve estimativas da produção com base nas condições climáticas a cada ano, partindo do pressuposto que estas são as principais responsáveis pela variação inter-anual da produção. A aleatoriedade das variáveis consideradas para este tipo de estimativa pode

ser reduzida através do conhecimento dos mecanismos directos ou indirectos que regem a interacção entre a planta e o clima, e devido ao facto de as flutuações climáticas seguirem padrões conhecidos (Gommes, 1998). As relações conseguidas através destes modelos são de difícil utilização comercial, dada a dificuldade na sua extrapolação (Lopes, 2012).

De acordo com Gommes (1998), estes modelos podem ser obtidos de três formas diferentes: através de métodos descritivos, de regressões lineares ou simulações de colheita. Os métodos descritivos identificam as variáveis agrometeorológicas relevantes para a cultura juntando-as em grupos, com verificação posterior que a produção média obtida a partir de cada um são significativamente diferentes. Desta forma, avaliam o efeito de vários factores combinados sobre a cultura, considerando a sua inter-relação. Esta é a abordagem mais adequada para implementação do conceito "qualidade" na produção de vinho, parâmetro difícil de descrever em termos quantitativos. A segunda alternativa é a obtenção de modelos a partir de regressões lineares entre as variáveis mais importantes do clima, como são a precipitação e a temperatura, e a produção final obtida. Para isso, é necessário manter registos mensais, ou registos anuais no caso de se criarem variáveis associadas aos diferentes meses (ex.: temperatura máxima em Agosto). Os modelos resultantes da regressão são de cálculo simples e de fácil aplicação. No entanto, as equações desenvolvidas não reflectem na estimativa de produção eventuais ocorrências de valores extremos em alguma das variáveis, que podem ter um grande impacto. Para redução das desvantagens deste tipo de determinações, pode associar-se variáveis de outra natureza, que melhorem a sua qualidade (Gommes, 2001). Por último, a simulação de colheita é a alternativa mais versátil e precisa, na qual se pretende descrever o comportamento da cultura de acordo com as condições ambientais a que está sujeita. Geralmente englobam diferentes componentes, ou sub-modelos, referentes à fenologia, síntese de matéria orgânica e sua distribuição pela planta, desenvolvimento radicular e gestão dos recursos hídricos e dos nutrientes absorvidos. Estes são descritos quantitativamente, de forma a simular um determinado rendimento, tendo em conta as interacções entre a videira, o ambiente e as práticas culturais utilizadas na parcela em questão (Gommes, 1998).

Uma vez que o clima é determinante no rendimento de uma vinha, e das variáveis mais difíceis de prever, a definição de uma relação clima/produção numa dada região ou parcela pode ser muito interessante para os vicultores.

### **2.2.3 Análise polínica da atmosfera**

Este método consiste na captação do pólen libertado na altura da floração para a atmosfera e sua quantificação, na perspectiva de o relacionar com o volume de colheita do ano. A captação dos grãos de pólen é geralmente feita por um filtro de gaze hidrófila de 400 cm<sup>2</sup> impregnada de óleo de silicone, que está orientado na direcção do vento, numa posição vertical, durante 3 a 4 dias. Os filtros são depois tratados fisico-quimicamente em laboratório pelo método de "Cour", permitindo a contagem microscópica dos grãos de pólen, obtendo o número de grãos de pólen por m<sup>3</sup> de ar. Através de uma regressão linear, utilizando este valor como variável independente e a produção obtida como variável dependente, obter-se-á uma equação que reflecte a relação entre as duas variáveis e que será aplicável em anos posteriores. Para este efeito é necessário que haja um histórico de recolha de dados a partir do qual se constrói a equação preditiva.

O índice Polínico (IP), definido por Cristofolini e Gottardini (2000) como a soma anual das concentrações diárias de pólen registadas, apresentou uma boa correlação com a produção observada na região de S.Michele all'Adige em Itália, permitindo a criação de um modelo de previsão e sua extensão a nível regional. Este modelo, no entanto, não engloba parâmetros meteorológicos, que têm um peso importante nestas estimativas. A temperatura é um factor determinante na duração da época de emissão de pólen, assim como a precipitação, que pode reduzir o valor do IP. Temperaturas elevadas imediatamente após a polinização, assim como chuvas no mês de Maio, têm influências negativas na época polínica (Cristofolini e Gottardini, 2000). De forma a melhorar a qualidade das estimativas obtidas por este método, Cristofolini e Gottardini (2000) sugerem a inclusão de parâmetros como a temperatura e a precipitação nos modelos desenvolvidos.

Em 2013, foram registadas grandes concentrações de pólen na atmosfera na região do Douro, em geral. No entanto, as taxas de vingamento não foram tão favorecidas como seria de esperar, uma vez que as temperaturas registadas desceram abaixo dos 15°C em Março (ADVID, 2013).

O método da análise polínica aplica-se mais a nível regional, com a instalação de postos de captação de pólen associados a estações que registem a direcção e intensidade dos ventos, de preferência num ponto alto. Os seus resultados são, por isso, representativos de uma região vitícola, e não de uma parcela ou casta. A precocidade desta determinação faz com que os seus resultados não integrem os factores que influenciam, posteriormente, o vingamento e o desenvolvimento do bago (Lopes, 2012).

#### **2.2.4 Medição da tensão dos arames**

Este é um método que relaciona a tensão dos arames na vinha com a sua produção, através da utilização de dinamómetros designados Monitores de Tensão de Arame, que quantificam, de forma contínua, as forças exercidas no mesmo. Surge como tentativa de contornar a imprevisibilidade dos fenómenos que possam ocorrer desde a altura em que as estimativas de rendimento mais precoces são feitas, bem como as limitações práticas e económicas que estas últimas podem acarretar. A medição da tensão deve ser feita após a floração, momento a partir do qual uma fracção da tensão do arame se deverá ao peso das uvas (Blom e Tarara, 2009). Segundo Tarara *et al.* (2009) é difícil diferenciar as alterações de pressão impostas pelo crescimento de vegetação daquelas que advêm do peso dos cachos. Esta diferenciação é necessária para avaliar a percentagem da tensão do arame que corresponde ao crescimento do fruto e qual a que corresponde à vegetação. É ainda aplicado um coeficiente de correcção de temperatura a cada monitor, uma vez que os arames se expandem e contraem de acordo com a sua variação.

A aplicação deste sistema não teve grande sucesso, apesar dos seus resultados serem favoráveis, devido talvez à sensibilidade dos dinamómetros envolvidos e à dificuldade em conciliar a sua aplicação com a mecanização da vinha (Martins, 2011). Em regiões como o Douro, onde grande parte das plantações são feitas em patamares e sujeitas às curvas de nível, a orientação dos arames não é constante, dificultando a medições da sua tensão. No entanto, a utilização desta técnica em plantações de vinha ao alto ou em planícies, em conjunto com modelos de previsão de rendimento tradicionais permite associar às estimativas mais precoces o conhecimento de alterações mais tardias na dimensão esperada da colheita, que podem ser significativas (Blom e Tarara, 2009).

#### **2.2.5 Detecção remota**

A detecção remota, juntamente com ferramentas como o “Global Positioning System” (GPS) e o Sistema de Informação Geográfica (GIS), fornecem ao viticultor informações detalhadas da sua parcela a nível geográfico. Esta prática surge no sentido de contrariar a necessidade de, nas outras técnicas descritas, compilar dados históricos para obter estimativas mais precisas do rendimento de cada parcela (Liu *et al.*, 2013). Vários estudos têm sido conduzidos a fim de obter uma melhor resolução dos dados recolhidos, resultando em modelos com previsões mais aproximadas (Dobrowski *et al.*, 2003; Lamb *et al.* 2004; Martín *et al.*, 2007).

O interesse principal nos sistemas de detecção remota orientava-se no sentido de mapear o vigor das vinhas. Sendo das determinações mais modernas, a detecção remota

consiste na fotografia aérea digital com recurso a um Radiómetro de Elevada Resolução (Advanced Very High Resolution Radiometer), que avalia o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) de uma parcela para estimativa da biomassa de uma determinada planta ou coberto vegetal. Este índice, que pode ser obtido entre a iniciação floral do ano anterior e a produção do ano corrente, avalia a produtividade da videira oferecendo a possibilidade de estabelecimento de relações entre o NDVI e o nível de produção (Lopes, 2012). Estas determinações dependem de imagens capturadas durante um longo período de tempo, oferecendo uma perspectiva de variação espacial da produção do ano corrente, fazendo uma melhor avaliação do coberto foliar do que das uvas propriamente ditas (Liu *et al.*, 2013). No entanto, este tipo de caracterização da vinha é importante, pois têm grande influência na quantidade e qualidade da sua produção. Através deste método pode proceder-se a uma classificação das várias zonas de uma parcela de acordo com o seu vigor e qualidade vinícola potencial, permitindo fazer uma separação das uvas à Vindima e também durante o processo de vinificação (Martín, 2007).

### **2.2.6 Análise de imagem**

O método de estimativa de produção através de análise de imagem baseia-se no contraste de cores entre a vegetação e os cachos, avaliando os pixels e permitindo uma detecção dos cachos e inclusivamente dos bagos, procurando uma explicação para a variação da produção. No caso do equipamento utilizado por Nuske *et al.* (2011), o contraste não está associado à cor da imagem, podendo detectar os bagos mesmo que a sua cor seja próxima da vegetação envolvente. A necessidade de contraste na imagem é um ponto desfavorável a esta técnica mas, dependendo do estado da vegetação da vinha, a detecção tende a ser precisa, com ocorrência de poucos falsos positivos (Nuske *et al.*, 2011). Neste caso, a calibração da câmara que capta a imagem apenas pode ser feita para um conjunto de videiras, resultado que tem de ser posteriormente aplicado à vinha em geral, tendo em consideração que a produção entre videiras é relativamente constante. O manuseamento destas imagens é feito em computador, sem destruição de unidades de produção na vinha para obter resultados conclusivos, factor que abona muito a favor desta técnica. É feito o cálculo da razão entre o número de pixels da uva e o número total de pixels da imagem, que é posteriormente relacionada com o peso de uvas produzidas por metro na vinha, e cujos resultados podem apresentar um erro inferior a 10% (Lopes, 2012). Dunn e Martin (2004) obtiveram uma razão pixels uva/pixels totais que explica 85% da variação no rendimento da casta *Cabernet Sauvignon*.

Esta técnica permite, assim, fazer previsões de rendimento confiáveis, que ajudem os viticultores a ajustar a produção da sua vinha com maior eficiência.

### 2.3. Clima

O clima é provavelmente o factor que mais influencia a produtividade das videiras. Dentro deste destacam-se a radiação solar, a temperatura e as disponibilidades hídricas como os elementos mais relevantes no comportamento destas plantas. Destes elementos, os que apresentam maior variação no Douro são a precipitação e a temperatura, sendo que a primeira vai determinar as reservas hídricas do solo, e a segunda se traduz em valores extremos no verão e inverno, o que pode prejudicar a produção. Na região do Douro, são frequentes os picos de temperatura e inconstantes os valores registados de precipitação, o que dá origem a produções difíceis de prever. A influência do clima na produção é, por isso, determinante, e a impossibilidade de o controlar traduz-se numa necessidade de o acompanhar de forma a conseguir estudar os efeitos que possa ter a cada ano.

A radiação solar está envolvida na fotossíntese, fenómeno que permite à planta obter energia e  $\text{CO}_2$ , libertando  $\text{O}_2$ . Quando os valores de irradiância são ainda muito baixos, o rendimento da fotossíntese é negativo. Ao atingir o ponto de compensação, a densidade do fluxo fotónico fotossinteticamente activo garante já um ganho de  $\text{CO}_2$  que compensa as perdas por respiração (Lopes, 2010). Após esta primeira fase, o rendimento da fotossíntese torna-se positivo e vai aumentando até ao ponto de saturação, em que é atingida a taxa fotossintética máxima e a partir do qual o consumo de  $\text{CO}_2$  estabiliza.

A temperatura por sua vez, é um elemento que determina a distribuição das várias espécies vegetais pelo planeta, e condiciona também a adaptação das variedades de *Vitis* aos mais variados ambientes. É relevante em todas as fases do seu desenvolvimento, sendo que a quebra de dormência, que marca o início de um novo ciclo, ocorre por uma baixa de temperatura, que provoca a hidrólise das reservas da planta sob a forma de amido. De acordo com Buttrose (1969), num estudo desenvolvido em videiras instaladas em pequenos contentores e em ambiente controlado, o aumento da temperatura favorece a iniciação dos primórdios florais na casta Moscatel de Alexandria. Após o abrolhamento, a temperatura ideal situa-se entre os 25 e os 30°C, intervalo em que se verifica um estímulo do crescimento da videira. A taxa fotossintética é também influenciada pela temperatura e os seus valores óptimos localizam-se num amplo intervalo, entre os 20 e os 35°C. É ainda relevante mencionar o efeito da temperatura no crescimento dos bagos e,

consequentemente, na sua composição e qualidade favorecendo uma acumulação de açúcares. A acumulação de antocianinas nas uvas, por sua vez, pode ser favorecida se, em condições de temperatura elevada, se verificar uma boa exposição da folhagem e um regime de secura moderada. A temperaturas superiores a 35°C, a concentração destes compostos da cor é prejudicada (Carbonneau, 1982). Temperaturas elevadas conduzem, por último, ao escaldão foliar que é também influenciado pelo sistema de condução da vinha e pela sua orientação (Lopes, 2010).

A disponibilidade hídrica de uma planta é determinada pelo equilíbrio entre as suas perdas por transpiração e a quantidade de água que ela é capaz de retirar do solo por absorção radicular. Para este efeito é necessário que o sistema radicular se expanda em profundidade no solo para a planta ser capaz de resistir a stresses térmicos com mais eficácia. Quando a água disponível no solo é diminuta, a planta responde a este estímulo através do fecho dos estomas, reduzindo a sua taxa de transpiração, tentando manter o seu crescimento. Esta situação não é favorável a longo prazo, pois vai ser prejudicial à fotossíntese, reduzindo a quantidade de CO<sub>2</sub> absorvido. O comportamento óptimo dos estomas será aquele em que a videira conseguir absorver a maior quantidade possível de CO<sub>2</sub> para uma perda mínima de água por transpiração, otimizando assim o uso da água que tem à sua disposição (Lopes, 2010).

A região do Douro é conhecida por vinificar uvas provenientes de vinhas centenárias com elevado nível de qualidade. Um dos factores que está na origem do *terroir* associado aos vinhos durienses é a natureza xística dos seus solos. Para plantação das videiras, a rocha-mãe tem de ser destruída através de um processo designado por surriba que confere ao solo uma capacidade de retenção de água elevada, associada a um importante arejamento (Magalhães, 2012). A deposição do xisto em camadas é mais uma característica que permite a penetração da humidade e que facilita o crescimento das raízes. Durante o inverno, a penetração da água também estabiliza o solo face aos fenómenos de erosão. A instalação da vinha nestes solos rochosos permite-lhes ainda uma maturação completa das uvas, devido à condutividade térmica da rocha que mantém a temperatura ao nível da raiz (Gladstones, 2011).

### 3. Importância do estudo

Cada vez mais a viticultura se dirige no sentido de encontrar o melhor equilíbrio entre a videira e o ambiente que a rodeia, de modo a obter produções mais elevadas e que as uvas produzidas, e o vinho que a partir delas terá origem, alcancem a melhor qualidade de acordo com as condições a que estão sujeitos. Tem-se assistido, desta forma, a um desenvolvimento das práticas culturais vitícolas e a um aproveitamento das potencialidades das castas e da sua relação com o meio, tentando maximizar a quantidade e qualidade da produção. Com esta evolução surgiu também a exploração do património genético da videira através da selecção clonal. Se por um lado se pretendia a selecção de plantas mais produtivas e com características mais favoráveis, por outro deu-se início a um processo de erosão genética que vulnerabilizou as características das castas que se tinham solidificado ao longo dos anos, nomeadamente a resistência a certas pragas e doenças e a sua grande adaptação a condições ambientais adversas (Eiras-Dias *et al.*, 2008).

Sendo um sector de grande importância a nível social e económico em Portugal, é da maior importância o desenvolvimento de rotinas e técnicas que permitam desenvolver a viticultura e a enologia e, conseqüentemente, o mercado dos vinhos. Como é de conhecimento comum, uma das formas mais eficazes de melhorar a qualidade do produto final é a maximização da qualidade da sua matéria prima. A antevisão da produção que se espera alcançar a cada ano numa parcela de vinha é da maior importância, no sentido em que permite um conhecimento mais profundo da sua produtividade e, conseqüentemente, um trabalho mais eficaz na sua gestão durante o ano, com vista a obter os melhores resultados na relação quantidade/qualidade. O relatório final australiano sobre um programa de previsão de rendimento aplicado em 5 grupos industriais do Sudeste da Austrália, no ano de 2002/2003, demonstra como a maioria das pessoas abrangidas por este programa afirma que os benefícios das técnicas de previsão de rendimento implementadas superam os custos a elas associados (Dunstone, 2002). Como tal, torna-se evidente a importância que a adopção de medidas desta natureza assume na sustentabilidade económica e qualitativa da viticultura portuguesa e, mais concretamente, no Douro, região de renome internacional e caracterizada pelas técnicas vitícolas tradicionais e rudimentares.

Uma vez que a fermentação e armazenamento dos vinhos na Quinta do Vale D. Maria são feitos por parcelas, sendo o loteamento dos vinhos feito antes do engarrafamento, existe interesse para a empresa em que o cálculo de previsões de rendimento seja igualmente feito por parcela, de forma a conseguir gerir as dimensões de equipamentos e quantidade de produtos enológicos necessários a cada processo de vinificação. Uma vez

que a Touriga Franca do Abade é a parcela monocasta com maior área na Quinta, os resultados de uma previsão do seu rendimento anual seriam de grande interesse na gestão dos trabalhos na adega.

## 4. Material e Métodos

### 4.1. Caracterização da Parcela

A parcela em estudo pertence à Quinta do Vale D.Maria, situada no vale do Rio Torto, afluente do Rio Douro, na sub-região do Cima Corgo. A propriedade localiza-se a 8 km do Pinhão e a 7 km de Ervedosa do Douro, tendo as seguintes coordenadas de localização:

Decimal: 41.164149, -7.511387

Graus: N41 09 50 W7 30 40

A parcela escolhida para o desenvolvimento deste estudo foi a Touriga Franca do Abade, parcela monocasta com uma produção relevante no total das parcelas da Quinta, devido à sua área. De acordo com o método de pontuação Moreira da Fonseca para classificação das parcelas de vinha cuja produção de vinho seja susceptível a obter a denominação de origem Porto (MADRP, 2001), esta parcela enquadra-se na letra A (classificação máxima). Os atributos que a colocam nesta posição são:

- A sua localização no Vale do Rio Torto;
- Uma altitude entre os 150 e 200 metros;
- A sua exposição a Sul, Sudoeste e Sudeste;
- Uma inclinação entre os 35 e os 45°;
- A natureza xistosa do seu terreno, com elevada pedregosidade;
- A plantação de uma casta recomendada muito boa (Touriga Franca);
- A sua idade superior a 35 anos.

Na tabela 2 encontra-se a descrição da plantação nesta parcela. Dado que esta foi feita em patamares, devido ao declive que se verifica, a densidade de plantação é naturalmente inferior à que seria de esperar numa mesma área sem relevo, tendo em conta a área ocupada pelos taludes.

**Tabela 2:** Caracterização da parcela Touriga Franca do Abade, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

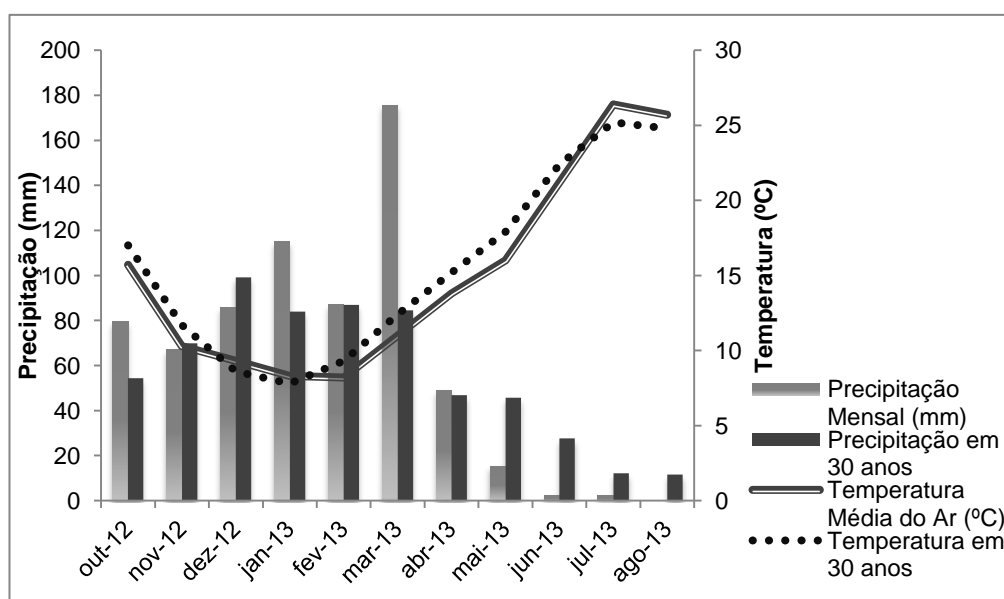
<b>Casta</b>	<b>Ano plantação</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Nº videiras</b>	<b>Distância na linha (m)</b>	<b>Entre linha (m)</b>
Touriga Franca	1977	3,45	6617	1	1,90

## 4.2. Classificação Climática

Entre as mais variadas regiões vitícolas, observam-se diferenças a nível do clima que têm grandes implicações no comportamento das videiras, quer a nível vegetativo quer a nível produtivo e fisiológico. Esta variação reflecte-se, naturalmente, nas intervenções feitas a nível da vinha, mas também nos vinhos que são produzidos e na sua qualidade.

De acordo com a classificação climática de Thornthwaite, a sub-região do Cima Corgo enquadra-se no tipo C1B'2 sb'4, caracterizado pelo clima sub-húmido seco, com temperaturas médias, moderado excesso de água no inverno e moderada concentração de eficiência térmica na estação mais quente (Magalhães, 2012). O Cima Corgo é ainda caracterizado pelo Índice de Aridez, que relaciona a temperatura com a precipitação, apresentando um valor de 2,3 para o Pinhão, incluindo-se assim na categoria de semi-árido, correspondente a valores entre 2 e 3 (Magalhães, 2012).

No ciclo cultural em estudo, foi registada a evolução climática do Cima Corgo, a nível de temperaturas e precipitação, que se pode observar na figura 2. Nesta observa-se um pico de precipitação no mês de Março de aproximadamente o dobro do valor médio registado nos últimos 30 anos. Após esta altura, no período correspondente à fase de maturação das uvas, o valor da precipitação mensal desceu abruptamente em Junho e Julho, com registos próximos de zero em Agosto. As temperaturas, por sua vez, mantiveram-se muito de acordo com a média dos últimos 30 anos, com uma subida nos meses de verão, que criou situações de stress aumentadas pela falta de precipitação necessária para equilibrar as necessidades hídricas das plantas.



**Figura 2:** Climatograma da região do Douro, sub-região Cima Corgo (Pinhão), de Outubro de 2012 até Agosto de 2013. Fonte: ADVID.

## **4.3. Material Vegetal**

### **4.3.1. Touriga Franca**

A Touriga Franca, geneticamente relacionada com a Touriga Nacional, é uma casta recente muito comum no Douro, onde tem maior expressão, e cujas qualidades a nível da vinificação foram também recentemente reconhecidas, sendo mencionada apenas desde 1940 (Magalhães, 2008). Com origem na região do Douro, esta é uma casta difícil quando fora desta, evidenciando a sua sensibilidade a diferentes carências, podendo inclusivamente conduzir a maturações difíceis (Soares, 2004). É designada como recente devido à sua baixa variabilidade genética e apresenta um vigor médio a elevado, com tendência a desenvolvimento de netas (Bohm, 2007). A sua caracterização ampelográfica resume-se a um folha adulta quinquelobada, com limbo verde escuro e ligeiramente ondulado, com baixa densidade de pelos prostrados na página inferior; pânpanos ligeiramente estriados de vermelho com gomos avermelhados; sarmentos castanho-amarelado, e cachos compactos cónico-alados, de pedúnculo curto (Bohm, 2007). É uma casta de elevadas produtividades, cuja maturação é favorecida por baixas altitudes e boa exposição solar (sul, sudeste e oeste), permitindo-lhe alcançar a graduação necessária a vinificações de qualidade, caracterizando-se pela riqueza polifenólica e aromática que confere aos vinhos (Magalhães, 2003).

### **4.3.2. Porta enxerto 99 Richter (99R)**

Muito utilizado no Douro na década de 1980, o porta-enxerto 99R caracteriza-se por uma grande afinidade entre a casta e o porta-enxerto, induzindo produtividades elevadas associadas a teores de açúcar no mosto também altos. No entanto é bastante sensível à acidez dos solos e texturas pouco equilibradas, podendo ainda levar a produções excessivas quando em solos mais férteis. Por estas razões assistiu-se a uma substituição deste porta-enxerto por outros na região, como o 110R, 1103 P, 196-17 C ou 140 Ru (Magalhães, 2008).

O seu elevado vigor leva a que proporcione uma boa adaptação a solos secos e pouco férteis, sendo necessário avaliar se a elevada produtividade que o caracteriza não conduz a um empobrecimento da qualidade dos mostos, dependendo da casta enxertada. É bastante resistente a nemátodes galícolas, mas muito sensível à humidade do solo, bem como a deficiências de potássio, e a solos salgados, tolerando apenas até 17% de calcário activo (Magalhães, 2008).

Apesar das características adaptativas que o porta-enxerto confere à planta, Clingeleffer (2001) verificou que a variação na escolha deste, para um mesmo enxerto, não provoca variações significativas na produção.

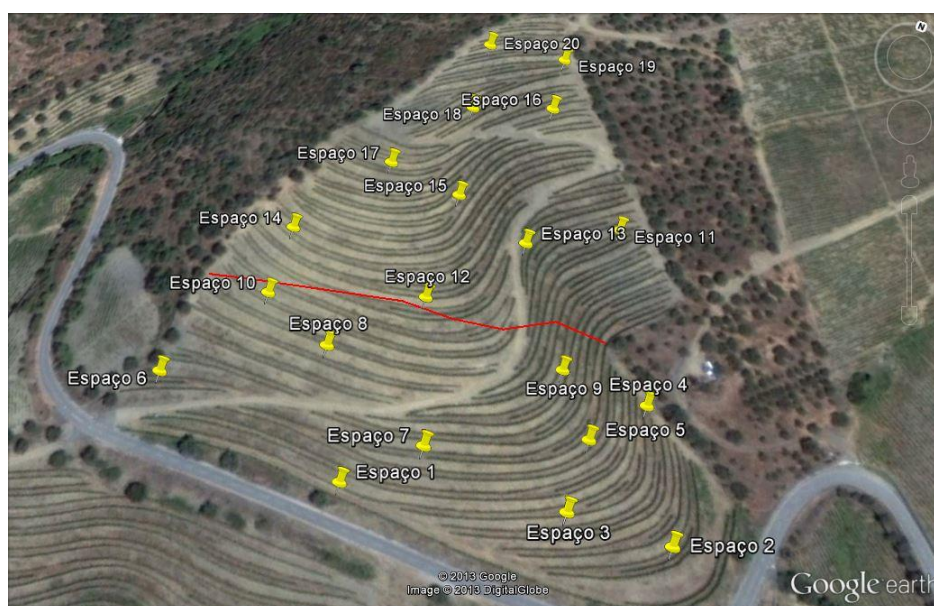
#### **4.4. Intervenções culturais**

As práticas culturais utilizadas foram as tradicionais da região. Não houve aplicação de herbicida no ano corrente, apenas corte da vegetação na zona sul da parcela com roçadoras. Todos os outros tratamentos fitossanitários seguiram o plano normal das vinhas da Quinta, não tendo havido registo de pragas ou doenças significativas na Touriga Franca.

#### **4.5. Metodologia Experimental**

O ensaio foi instalado numa parcela de Touriga Franca com a área de 3,45 hectares, onde foram marcados aleatoriamente 20 espaços (definidos como as videiras existentes entre dois postes), excluindo os que se localizam junto à cabeceira, divididos por duas zonas previamente delimitadas (inferior e superior) e ilustradas na Figura 3. Esta marcação foi feita tentando abranger a gama de altitudes e exposições existentes na parcela, perfazendo uma amostra total de 101 indivíduos (incluindo videiras e falhas). Em cada espaço, constituído por um conjunto de cerca de 5 videiras, foi seleccionada uma videira como representativa, também de forma aleatória, não havendo qualquer interferência da sua aparência nesta escolha.

Os procedimentos experimentais adoptados visaram a monitorização dos componentes de rendimento em cada fase do desenvolvimento da videira.



**Figura 3:** Identificação dos blocos escolhidos na parcela Touriga Franca Abade, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

#### **4.5.1. Estudo de homogeneidade da parcela**

Antes do estudo dos componentes de rendimento, foi feita uma caracterização da parcela para efeitos de estudo da sua homogeneidade. Para isso, foi feita uma contabilização das videiras, bem como dos seus talões e as suas cargas respectivas. As videiras foram ainda classificadas em 2 grupos, de acordo com o estado de formação do cordão: Completamente Formadas (CF) – quando apresentavam os 2 braços do cordão bilateral – e 1 braço (1B) quando apresentavam apenas um braço. Procurou-se que a formação das videiras pertencentes aos espaços seleccionados não fosse um factor determinante na sua escolha, de forma a que a amostra fosse representativa da heterogeneidade existente na parcela.

Os espaços que apresentavam carga média superior à média da parcela (30 olhos por espaço), foram preteridos e substituídos pelos espaços mais próximos cuja carga se enquadrasse dentro do intervalo considerado.

Depois da análise de homogeneidade, foram escolhidas as videiras-alvo para estimativa de rendimento dentro dos espaços marcados, tentando que a amostra fosse o mais homogénea possível, de forma a reduzir o erro. Esta escolha foi feita através de uma sequência de números aleatórios gerada pelo programa estatístico R. Foram rejeitadas todas as videiras com carga média à poda inferior a 50% da carga média por videira (6 olhos por videira) as quais foram substituídas pela videira imediatamente a seguir

### **4.5.2. Evolução Fenológica**

Das 20 videiras seleccionadas foram escolhidas 6 representativas da parcela para monitorização da evolução fenológica. A escala utilizada para classificar os estados fenológicos foi a escala Eichhorn e Lorenz modificada por Coombe (1995). A importância deste acompanhamento reside na determinação das alturas mais importantes do ciclo da videira: a data de abrolhamento, a floração, o Pintor e a Vindima. Para este efeito foram apenas considerados olhos francos (excluindo os olhos das esperas e da coroa). Apenas foram considerados olhos de primeira ordem aqueles que apresentavam abaixo de si, e a toda a sua volta, um pouco de entrenó. Os que não verificaram esta condição foram classificados como olhos da coroa, não sendo contabilizados.

### **4.5.3. Registos efectuados antes da floração**

Foram feitas medições das componentes de rendimento numa amostra de talões de diferentes fertilidades. Na semana anterior à floração efectuou-se uma colheita destrutiva de inflorescências para efeitos de quantificação do número de botões florais. Para o efeito foram seleccionadas todas as inflorescências de dois grupos talões com diferente fertilidade:

→ F11 - 10 talões com dois sarmentos cada um com um cacho ;

→ F22 - 5 talões com dois sarmentos, cada um com dois cachos.

A escolha destes talões foi feita de forma aleatória, nas diferentes zonas da parcela.

#### **4.5.3.1. Abrolhamento e Fertilidade**

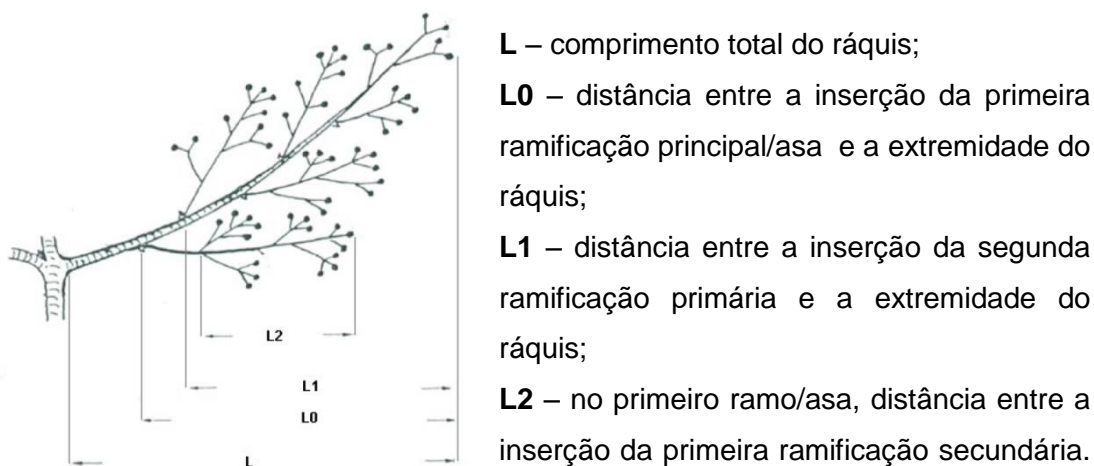
A carga deixada à poda influencia directamente o número de sarmentos da planta, a sua área foliar, e, conseqüentemente, o microclima do coberto, bem como a qualidade da produção e o rendimento da videira (Lopes, 2009). O levantamento desta carga foi feito no dia 12 de Março em todas as videiras dos 20 espaços, na mesma data em que foram recolhidos os dados para o estudo de homogeneidade da parcela. Posteriormente, no dia 9 de Maio, foi registado, nas videiras eleitas em cada espaço, o número de olhos abrolhados e respectiva ordem, bem como o número de inflorescências correspondentes.

#### **4.5.3.2. Estudo das inflorescências**

O número de bagos de um cacho permite exprimir a fertilidade da planta, e o seu conhecimento é importante para determinar qual o sistema de poda que mais se adapta, mantendo os valores de fertilidade ideais (Casteran *et al.*, 1981). O número de botões florais numa inflorescência determina o número de bagos que o cacho virá a ter, após o seu vingamento. Na perspectiva de obter uma relação entre as características das

inflorescências e o seu número de botões florais, foi feita uma amostragem de 40 inflorescências antes da floração, em videiras de vigor médio que não faziam parte do grupo das videiras úteis. Estas 40 inflorescências foram recolhidas de 5 talões de fertilidade F22 e de 10 talões de fertilidade F11. A amostragem foi feita aleatoriamente nas duas principais zonas da parcela: superior e inferior, tentando que existisse a mesma representação de cachos de bardos externos, internos e intermédios. Procedeu-se à colheita das inflorescências junto à inserção do ráquis, entre o dia 9 e 13 de Maio. Após a sua colheita foram feitos os seguintes registos:

- Contagem de número de ramificações da inflorescência;
- Contagem do número de botões florais por ramo;
- Medição das dimensões do eixo principal e dos ramos de acordo com a metodologia adoptada por Casteran et al. (1981), ilustrada na Figura 4:



**Figura 4:** Representação esquemática das medidas de uma inflorescência, segundo Casteran et al. (1981).

Quando a primeira ramificação principal apresentava um maior desenvolvimento foi classificada como "asa". Do ponto de vista morfológico, as asas podem ser consideradas como cachos individuais, mas neste trabalho as suas ramificações e número de botões florais foram contabilizados como se se tratasse do primeiro ramo de um só cacho. Foi considerado como último ramo aquele em que a distância de inserção entre dois ramos consecutivos era mínima, tendo em conta que num mesmo ramo todos os botões partem da mesma inserção.

#### 4.5.3.3. Taxa de vingamento

Para cálculo da taxa de vingamento foi adoptado um método não destrutivo através da colocação de sacos de rede a envolver todos os cachos de um talão de cada videira

seleccionada, antes da floração, como reportado por Wicks (2007). A escolha dos talões foi feita de forma aleatória, tendo em conta que cada um devia ter dois sarmentos com cachos (representativo do sistema de poda adoptado: poda a talão a dois olhos). Não foram considerados talões com sarmentos gémeos, nem os sarmentos oriundos de olhos da coroa. Cachos de muito pequenas dimensões não foram seleccionados.

No dia 20 de Junho (cerca de 20 dias após a floração) foi feita uma primeira recolha do conteúdo dos sacos sem que estes fossem retirados, com posterior contagem das caliptras libertadas e do número de flores abortadas.

Um pouco antes da data de Vindima, mais precisamente no dia 17 de Setembro, foram recolhidos todos os cachos dos 20 espaços. Todos os cachos envolvidos por sacos de rede foram separados com o objectivo de contar o número de bagos vingados e eventuais caliptras e bagos que tivessem ficado retidos. Através dos dados recolhidos foi calculada a taxa de vingamento.

#### **4.5.4. Registos ao Pintor**

##### **4.5.4.1. Determinação do Factor de Crescimento do bago**

Com vista a estimar o crescimento dos bagos entre o Pintor e a Vindima, foram feitas duas amostragens de cachos nestas duas fases. O delineamento desta amostragem teve por base a fertilidade dos talões dos espaços seleccionados para estudo, sintetizada na tabela 3.

**Tabela 3:** Número de ocorrências e respectiva percentagem das classes de fertilidade dos talões das videiras escolhidas em cada um dos 20 espaços que constituem a amostra, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

<b>Fertilidade dos Talões</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>
<b>F22</b>	<b>10</b>	<b>19</b>
F21	4	7
<b>F12</b>	<b>11</b>	<b>20</b>
<b>F11</b>	<b>17</b>	<b>31</b>
F20	1	2
F02	5	9
F10	2	4
F01	4	7
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>100</b>

**Nota:** Fxy - talão com x cachos no primeiro lançamento e y cachos no segundo lançamento.

Devido à maior representatividade dos talões F22, F12 e F11, foram recolhidos cachos de talões com estas três classes de fertilidade em igual percentagem. Foram, então, retirados todos os cachos de 6 talões F22, 6 talões F12 e 6 talões F11, perfazendo um total de 54 cachos. Estes foram retirados de videiras pertencentes aos 20 espaços escolhidos, designadas "videiras úteis", excluindo a videira útil marcada como representativa em cada espaço. A importância da escolha de videiras úteis reside no facto estas terem sido previamente descritas no estudo de homogeneidade, o que permite interpretar melhor os resultados obtidos ao nível do peso dos cachos ao Pintor. Foram mantidos registos da origem de cada cacho de forma a poder, à Vindima, fazer uma amostragem semelhante, reduzindo o erro.

A primeira amostragem de cachos foi realizada quando se atingiu 50% de Pintor, no dia 1 de Agosto. Estes cachos foram levados para o laboratório onde se determinaram as seguintes variáveis: número de bagos, peso dos bagos e peso do ráquis.

#### **4.5.4.2. Caracterização do Coberto Vegetal**

De forma a obter resultados relativos à área foliar responsável pela maturação das uvas, foram realizadas medições a fim de determinar o Número de Camadas de Folhas, a Superfície Foliar Exposta e a Área Foliar, após se verificar 100% de Pintor na vinha, ou seja, entre 21 e 23 de Agosto.

##### **4.5.4.2.1. Número de Camadas de Folhas**

O Número de Camada de Folhas (NCF) é um parâmetro importante na gestão da canópia das videiras, pois permite avaliar o microclima a que os cachos estão sujeitos, e é estudado através do método *Point Quadrat*, proposto por Smart e Robinson (1991). De acordo com este método, foi feita a inserção transversal de uma vara de metal de um lado ao outro da sebe das videiras, ligeiramente acima da zona dos cachos, registando o número de contactos com folhas e cachos e o número de espaços vazios encontrados nesse percurso (Moutinho-Pereira *et al.*, 2001). Este processo foi repetido 5 vezes em cada um dos 20 espaços eleitos, com uma distância de aproximadamente 50 cm entre cada inserção, num total de 100 inserções. Com base nos resultados obtidos foi calculado o número médio de camadas de folhas (LLN), bem como a percentagem de buracos, de cachos externos e de folhas internas.

#### 4.5.4.2.2. Superfície Foliar Exposta

Para o cálculo da SFE (Eq. 1) foram medidas a altura (Hsebe) e a espessura média da sebe (Esebe), através das quais foi calculado o perímetro exposto, o qual, quando relacionado com o compasso e densidade de plantação, nos permite obter o valor da SFE em metros quadrados por hectare (m<sup>2</sup>/ha). De modo a que o resultado fosse representativo da parcela, as medições foram repetidas 5 vezes em cada um dos 20 espaços eleitos, perfazendo um total de 100 medições.

$$\text{SFE (m}^2/\text{ha)} = (2 \times \text{Hsebe} + \text{Esebe}) \times (\text{N}^\circ \text{ metros Sebe/ha)} \quad (\text{Eq. 1})$$

#### 4.5.4.2.3. Área Foliar

A área foliar foi medida numa amostra de 20 sarmentos, com base na metodologia descrita por Lopes e Pinto (2005). Esta metodologia consiste na contagem não destrutiva do número de sarmentos das videiras seleccionadas e na escolha de um destes em cada videira, de vigor médio, sobre o qual se efectua a contagem do número de folhas e medições das nervuras das folhas maiores e menores do sarmento e suas netas. O cálculo da área foliar total da videira foi, desta forma, feito a partir da área foliar principal e da área foliar das netas. Não foram consideradas folhas cujo comprimento das nervuras principais fosse inferior a 3 cm (Lopes e Pinto, 2000), ou que apresentassem um formato anormal.

Para estimar a área foliar principal foi utilizado o modelo descrito por Lopes e Pinto (2005), representado na equação 2. Este tem por base a variável área foliar média principal por sarmento (AFMp), estimada a partir da área da maior folha principal do sarmento (Lp), da área da menor folha principal do sarmento (Sp) e do número de folhas principais do sarmento (NFp).

$$\text{AFMp} = \frac{Lp+Sp}{2} \times \text{NFp} \quad (\text{Eq.2})$$

A estimativa da área foliar principal por sarmento (AFp) foi calculada a partir da equação 3:

$$\text{AFp} = e^{0,0835+0,992 \times \ln(\text{AFMp})} \quad (\text{Eq.3})$$

Por fim, foi calculada a área foliar secundária por sarmento (AFs) (Eq.4) utilizando duas variáveis: a área foliar média secundária por sarmento (AFMs) e a área da maior folha secundária do sarmento (Ls).

$$AFs = e^{0,346+1,029 \times \ln(AFMs)-0,125 \times \ln(Ls)} \quad (Eq.4)$$

#### **4.5.5. Registos à Vindima**

##### **4.5.5.1. Determinação do Factor de Crescimento**

Na data de Vindima (dia 17 de Setembro), foi feita a separação de uma nova amostra de cachos de 6 talões de fertilidade F22, 6 talões de fertilidade F12 e 6 talões de fertilidade F11, semelhante à realizada ao Pintor. A selecção destes 18 talões foi feita dentro do universo de todas videiras pertencentes aos 20 espaços vindimados. Os cachos foram transportados para o laboratório onde foram registadas as mesmas variáveis registadas ao Pintor. Este procedimento permitiu obter dados para o cálculo do Factor de Crescimento dos cachos entre o Pintor e a Vindima.

##### **4.5.5.2. Evolução da Maturação**

Para controlo da evolução da maturação e determinação da data de Vindima, foram recolhidas amostras de 100 bagos, aleatoriamente de diferentes zonas dos cachos (apical, média e basal) e de diferentes zonas da sebe (interna e externa), como descrito por Carbonneau e Champagnol (1993). Estas amostras foram analisadas no laboratório da Quinta do Vale D. Maria. Registaram-se assim os valores de pH, volume, temperatura, álcool provável e acidez total. Para o pH foi utilizado um potenciómetro existente na adega, calibrado previamente com soluções tampão de pH conhecido, neste caso de pH = 4,0 e pH = 7,0, tendo sido seguida a metodologia descrita pela OIV (OIV, 2005). Para medição da temperatura foi utilizado um termómetro de mercúrio. Para cálculo do álcool provável foi previamente medido o grau Brix, através de um refractómetro portátil, cujo resultado foi convertido em graus de álcool provável com recurso a tabelas de conversão com correcção da temperatura para 20°C. Por fim, a acidez total foi medida seguindo o protocolo usual da OIV (2005), procedendo-se a uma titulação com NaOH (0,1 N) de uma amostra de 10 ml de mosto, 1 ml do indicador Azul de Bromotimol (4g/L) e 30 ml de água destilada. A titulação foi levada a cabo até o titulado atingir uma coloração verde-azeitona. O volume total de NaOH gasto até ao ponto de viragem foi então multiplicado por 0,75, obtendo-se o valor da acidez total em gramas de ácido tartárico por dm<sup>3</sup>.

#### **4.5.5.3. Índices Folha/Fruto**

Para avaliação da relação entre a área foliar e a quantidade de uvas produzida, foram calculados dois índices Folha/Fruto ilustrativos desta relação: a Área Foliar Total (em cm<sup>2</sup>) por grama de produção e a Produção (em kg) por metro quadrado (m<sup>2</sup>) de Superfície Foliar Exposta. Este último é considerado um bom indicador para o desenvolvimento equilibrado da videira (Murisier *et al.*, 1986).

#### **4.5.6. Análise Estatística**

Os dados recolhidos durante este trabalho foram organizados e tratados utilizando o programa Microsoft Excel para Windows (versão 2010). Para análise estatística dos resultados, foi utilizado o programa Statistix – Analytical Software (versão 9).

No estudo das inflorescências foram realizadas correlações e análises de variância para descobrir relações entre as suas características e o número de botões florais. Para analisar a relação das variáveis estudadas com a ordem do olho e a ordem da inflorescência, foi realizada uma análise de variância a um factor, com um nível de significância mínimo de 0,05.

O estudo da relação entre o peso dos cachos ou do seu número de bagos, e a ordem do olho em que tiveram origem, ou a sua própria ordem no sarmento, foi feita também através de uma análise de variância a um factor, quer ao Pintor, quer à Vindima.

Através do mesmo programa, foi realizada uma regressão múltipla entre a produção (variável dependente) e as variáveis eleitas (independentes). A selecção das variáveis foi feita através de uma regressão passo a passo, sendo que a sua inclusão ou exclusão no modelo foi determinada por um valor crítico de *p*-value de 0.15.

## **5. Resultados e Discussão**

### **5.1. Homogeneidade da Parcela**

A análise da homogeneidade da parcela para um total de 103 videiras revelou que 75% das videiras descritas se encontrava completamente formada (CF), 23% apresentava apenas um braço (1B) e que existiam 2% de falhas. Dentro das videiras CF, 43% apresentava 4 ou mais talões, 29% apresentava 3 talões e 29% têm apenas 2 ou 1 talão. Dentro das videiras com apenas um braço 21% tinham 4 ou mais talões, 13% tinham 3 talões e 67% apresentam apenas 1 ou 2 talões. Nas videiras CF o número médio de talões por videira é de 3,2, enquanto que nas videiras 1B é de 2,5. A par desta pequena variação no número de talões entre videiras CF e 1B, em ambos os casos a carga média por talão é de 2 olhos. Estes valores demonstram que, apesar da grande heterogeneidade na formação das videiras desta parcela, o número de talões e a carga deixada à poda não apresentam uma grande diferença. Isto sugere que a alteração à formação das videiras, entre 2 braços e 1 braço, é consequência das opções de poda tomadas ao longo dos 37 anos desta vinha e não se reflecte obrigatoriamente numa diferença a nível da produção.

### **5.2. Evolução Fenológica**

De acordo com a ADVID (2013), o abrolhamento foi o único estado fenológico que, em 2013, ocorreu dentro das datas previstas para a região do Douro em geral, durante os últimos 10 dias do mês de Março. O pico de precipitação registado neste mês, observável no climatograma da figura 2 (capítulo 4.2), representou um estímulo na evolução vegetativa das plantas, contribuindo para o seu vigor e para um melhor desenvolvimento dos seus gomos. O ciclo vegetativo da parcela em estudo teve início na primeira semana de Abril, um pouco mais tarde do que a data referida pela ADVID, quando 50% dos gomos monitorizados abrolharam, no estado fenológico designado por "ponta verde", exibindo os primeiros tecidos foliares visíveis. A floração, por sua vez, iniciou-se na terceira semana de Maio, com a libertação das primeiras caliptras, tendo entrado na sua fase plena uma semana depois, com 50% das caliptras já soltas. O atraso médio que se observou no ciclo, de cerca de duas semanas, teve um grande impacto sobre a floração, que ocorreu sob condições climáticas instáveis de precipitação e temperaturas baixas.

Os períodos de precipitação verificados após a floração, conduziram a um aumento do vigor vegetativo, que pode ter sido responsável por uma redução na taxa de vingamento e consequente fenómeno de bagoinha, principalmente em castas mais sensíveis como a Tinta Roriz, Touriga Nacional, Tinta Barroca e Malvasia Fina (ADVID, 2013). A casta Touriga Franca na parcela em estudo manifestou sintomas de bagoinha apenas em duas videiras numa amostra de 98, que demonstra um pequeno impacto na produção final.

O atraso no ciclo vegetativo face ao ano anterior foi mais tarde compensado pelas elevadas temperaturas que se registaram nos meses de Julho e Agosto, altura em que ocorreu o Pintor. Este estado fenológico é atingido quando metade dos cachos apresentam já bagos tintos, fenómeno que teve lugar na primeira semana de Agosto e se prolongou durante a segunda semana na Touriga Franca do Abade.

Os dados do controlo de maturação, cujos resultados se encontram apresentados no capítulo 5.8, revelaram que os valores de pH, acidez total e álcool provável que se verificaram no início de Setembro não eram os pretendidos para vinificação das uvas. A juntar a esta análise, a logística na gestão do espaço de fermentação disponível na adega e os períodos de chuva que se verificaram entre o dia 26 de Setembro e o dia 2 de Outubro atrasaram a data de Vindima efectiva da parcela para o dia 4 de Outubro. Isto representou um atraso de apenas 5 dias em relação à Vindima do ano anterior com uma maturação das uvas equilibrada e com qualidade.

### **5.3. Carga à poda, abrolhamento e fertilidade**

Foi feito um levantamento de fertilidade das videiras seleccionadas em cada um dos 20 blocos, cujos resultados se apresentam na tabela 4.

**Tabela 4:** Valores médios, erro padrão e valores máximos e mínimos observados por videira no registo de abrolhamento e fertilidade . Valores referentes aos olhos francos e da coroa (n=20). Casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

Variável	Média	Erro Padrão	Máx.	Min.
Nº talões/videira	3	0,3	6	1
Carga à Poda/videira	7	0,5	12	2
Nºsarmentos/olho franco abrolhado	1	0,03	3	1
% abrolhamento olhos francos	93	3	100	50
Índice de Fertilidade (nºinflorescências/olho franco abrolhado)	1,4	0,1	2	0,5
Nº olhos abrolhados na coroa	1	0,3	4	0
Índice de Fertilidade dos olhos da coroa	0,94	0,2	2	0
Nº sarmentos/videira	11	1,1	19	3
Nº total inflorescências/ videira	10	1,2	22	3

Para as videiras seleccionadas em cada um dos 20 espaços verifica-se uma grande variação da carga à poda e, por consequência, do número total de sarmentos por videira. Esta variabilidade é reflexo de uma poda manual, feita de acordo com o vigor de cada videira, tentando ir de encontro às suas capacidades vegetativas e mantendo o seu equilíbrio. Estes valores podem, assim, ser considerados uma evidência da heterogeneidade das videiras dentro da amostra seleccionada, que é um reflexo da heterogeneidade da parcela em estudo.

Cada olho é composto por um gomo primário, um secundário e um terciário. O primário é, em maior parte dos casos, o único a abrolhar e o mais fértil, sendo que o secundário e terciário geralmente apresentam cachos de pequenas dimensões ou inexistentes. O abrolhamento destes dois últimos gomos são geralmente consequência de excesso de vigor, doença ou quebra do primeiro, conduzindo a uma diminuição do rendimento devido à sua menor produtividade (Rawnsley *et al.*, 2005). Desta forma, o valor médio de 1 sarmento por olho franco abrolhado está dentro do valor esperado, demonstrando um equilíbrio no vigor vegetativo das videiras.

É relevante referir que Sánchez e Dokoozlian (2005), num estudo de campo realizado na Califórnia para as castas *Thompson Seedless*, *Flame Seedless*, *Chardonnay* e *Cabernet Sauvignon*, demonstraram que um bom microclima luminoso das videiras tem uma influência positiva na fertilidade dos seus gomos. O número de sarmentos por olho franco abrolhado, número de olhos abrolhados na coroa e número de sarmentos por videira são valores que vão influenciar o microclima luminoso e que, desta forma, vão ter um efeito directo na fertilidade dos gomos.

O valor do índice de fertilidade obtido é ligeiramente inferior ao apontado por Bohm (2007) como típico para esta casta, que se localiza entre 1,5 e 1,7 cachos por olho

abrolhado, sendo inferior também ao obtido por Martins (2011) para a casta *Sauvignon Blanc* e por Lopes (2009) para a casta *Syrah*, na região de Lisboa. De acordo com Camilo (2009), um elevado número de sarmentos e uma alteração do microclima luminoso poderia traduzir-se num efeito desvigorante, que seria menos favorável à diferenciação floral. Mas visto que na parcela em estudo o número de sarmentos por videira é inferior ao registado por Lopes (2009) para a casta *Syrah*, tal justificação não parece aplicável. Isto leva a crer que o regime de sequeiro, as elevadas temperaturas no período de maturação e o solo rochoso onde as videiras se desenvolvem, sejam as razões que levam a um índice de fertilidade inferior.

#### **5.4. Estudo das inflorescências**

De forma a avaliar o efeito da ordem do olho e da ordem da inflorescência no número de botões florais, número de ramos e dimensões das inflorescências foi feita uma análise de variância a dois factores relativamente aos talões de fertilidade F22, onde esta variação ocorre. Os dados dos talões de fertilidade F11 não foram usados uma vez que apenas têm inflorescências de primeira ordem em ambos os olhos.

Na tabela 5 encontram-se os valores médios das variáveis "Número de Botões Florais", "Número de Ramos", "L", "L0", "L1" e "L2" por ordem de olho e de inserção da inflorescência no sarmento. Os resultados da análise de variância demonstram que as variáveis em análise não apresentam diferenças significativas entre diferentes ordens do olho. May (2004) afirma ainda que o efeito da ordem da inflorescência se reflecte mais na distância entre a inserção da primeira ramificação secundária do primeiro ramo ou asa (L2), e no número de botões florais da inflorescência. Este efeito não corresponde exactamente ao verificado no caso em estudo, uma vez que o efeito da ordem da inflorescência é mais expressivo nas variáveis L, L0, L1, número de ramos e número de botões florais, do que na variável L2. Contrariamente ao afirmado por Magalhães (2003), não se evidencia nenhuma variação significativa na fertilidade dos gomos ao longo do talão, quando seria de esperar uma menor fertilidade dos olhos de primeira ordem, como constatado por May (2004). Da análise desta tabela decorre ainda que as inflorescências de ordem 2 têm significativamente mais botões florais do que as inflorescências de ordem 1, contrariamente ao número e dimensões dos seus ramos, que são significativamente inferiores nas inflorescências de segunda ordem. A existência de interação entre a ordem do olho e a ordem da inflorescência sugere que o número de botões florais, número de ramos, comprimento de L,

L0, L1, e L2 das inflorescências de primeira e segunda ordem dependem da ordem do olho a que pertencem. Foi então aprofundada esta interação, estando os seus dados sumariados na tabela 6.

**Tabela 5:** Influência da ordem do olho e da inflorescência no número de botões florais, número de ramos e nas dimensões do ráquis (n=20), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. Dados analisados de forma factorial.

Variáveis	Ordem do Olho			Ordem da Inflorescência			Interação
	1ª	2ª	Sig.	1ª	2ª	Sig.	Sig.
<b>Nº Botões Florais</b>	449,3	503,9	n.s.	607,4	345,8	***	***
<b>Nº Ramos</b>	23,2	24,8	n.s.	27,1	20,9	***	***
<b>L (cm)</b>	13,7	13,9	n.s.	15,1	12,5	***	**
<b>L0 (cm)</b>	11,3	11,3	n.s.	13,1	9,5	***	**
<b>L1 (cm)</b>	9,1	9,5	n.s.	10,6	8,0	***	**
<b>L2 (cm)</b>	1,7	2,0	n.s.	2,8	0,9	*	*

L – comprimento total do eixo principal do cacho desde o início do ráquis até ao último botão floral da inflorescência;  
 L0 – comprimento entre a primeira ramificação e o último botão floral da inflorescência;  
 L1 – comprimento entre a segunda ramificação e o último botão floral da inflorescência;  
 L2 – comprimento entre a primeira ramificação da asa e o último botão floral da asa;  
 Sig. – nível de significância pelo teste de Fisher (LSD): n.s.: não significativo; \*\*\*, \*\* e \*: valores diferentes ao nível de significância de 0,001, 0,01 e 0,05, respectivamente.

**Tabela 6:** Influência da ordem da inflorescência no número de botões florais, número de ramos e nas dimensões do ráquis em olhos de ordem 1 (n=10) e de ordem 2 (n=10), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013. Dados analisados separadamente por cada nível do factor "ordem do olho".

Variáveis	Olhos ordem 1			Olhos ordem 2		
	Ordem inflorescência			Ordem inflorescência		
	1ª	2ª	Sig.	1ª	2ª	Sig.
<b>Nº Botões Florais</b>	404,7	328,2	n.s.	471,6	363,4	n.s.
<b>Nº Ramos</b>	21,0	19,8	n.s.	23,0	22,0	n.s.
<b>L (cm)</b>	11,8	13,0	n.s.	12,8	12,2	n.s.
<b>L0 (cm)</b>	9,4	10,3	n.s.	10,4	9,7	n.s.
<b>L1 (cm)</b>	7,7	8,3	n.s.	8,5	8,3	n.s.
<b>L2 (cm)</b>	1,7	1,5	n.s.	2,4	1,4	n.s.

L – comprimento total do eixo principal do cacho desde o início do ráquis até ao último botão floral da inflorescência;  
 L0 – comprimento entre a primeira ramificação e o último botão floral da inflorescência;  
 L1 – comprimento entre a segunda ramificação e o último botão floral da inflorescência;  
 L2 – comprimento entre a primeira ramificação da asa e o último botão floral da asa;  
 Sig. – nível de significância pelo teste de Fisher (LSD): n.s.: não significativo

Da análise da tabela 6 tem-se que, para inflorescências pertencentes a olhos da mesma ordem, não existem diferenças significativas no seu número de botões, número de ramos, ou comprimento de L, L0, L1 e L2, entre inflorescências de primeira e segunda ordem. Estes resultados vão de encontro ao referido por May (2004) para as castas *Grenache* e *Cabernet Sauvignon*, onde se verificam casos em que a primeira e segunda inflorescências de um mesmo lançamento apresentam desenvolvimento semelhante. Conclui-se então que, na parcela em estudo, a ordem do olho em que se inserem os lançamentos é um factor

determinante para a diferença entre as características das inflorescências de primeira e segunda ordem.

## 5.5. Taxa de vingamento

De acordo com a metodologia descrita no capítulo 4.5.3.3, foram cobertas com sacos de rede todas as inflorescências de uma amostra aleatória de talões nas videiras seleccionadas em cada espaço. Após a floração, foram recolhidas e contabilizadas as caliptras retidas nos sacos. A partir deste valor, e com base no número de bagos contados nos mesmos cachos à Vindima, calculou-se a taxa de vingamento de cada cacho.

Por existir um número diferente de amostras de olhos e cachos de ordem 1 e 2 não foi feita a análise de variância destes factores, apresentando-se apenas as médias, o desvio padrão e os coeficientes de variação relativos aos valores observados para os cachos de primeira e segunda ordem (tabela 7).

**Tabela 7:** Caracterização da percentagem de vingamento, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

	Nº inflorescências (n)	Vingamento Máximo (%)	Vingamento Mínimo (%)	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
<b>Inflorescência Ordem 1</b>	32	70,1	10,1	42,7	16,8	39,3
<b>Inflorescência Ordem 2</b>	11	95,7	28,4	56,4	24,3	43,1
<b>Total</b>	43	95,7	10,1	46,2	19,6	42,5

A grande variabilidade de valores observados no total das inflorescências medidas, evidenciada pelo coeficiente de variação, reflecte uma grande heterogeneidade da percentagem de vingamento nesta vinha. As taxas mais elevadas foram registadas em cachos de segunda ordem, enquanto que as taxas mais reduzidas se encontram associadas a cachos de primeira ordem, contrariamente ao preconizado por Martins (2011) para a casta *Sauvignon Blanc*. Isto deve-se provavelmente ao facto de, no caso em estudo, os cachos de primeira ordem terem um maior número de botões florais, resultando numa menor percentagem de vingamento (Huglin e Schneider, 1998).

De acordo com Bessis (1993), os valores observados ilustram uma taxa de vingamento inferior à considerada "normal", pois é inferior a 50%, mas superior à considerada "pobre", visto ser superior a 30%. Na ausência de estudos conhecidos sobre esta matéria

relativamente à casta Touriga Franca, poder-se-á considerar este valor como moderado, quando comparado com os 40% verificados por Martins (2011) e Dry *et al.* (2010) para a casta *Sauvignon Blanc* e os 36% verificados por Candolfi-Vasconcelos *et al.* (1996) em videiras não despontadas da casta *Pinot Noir*.

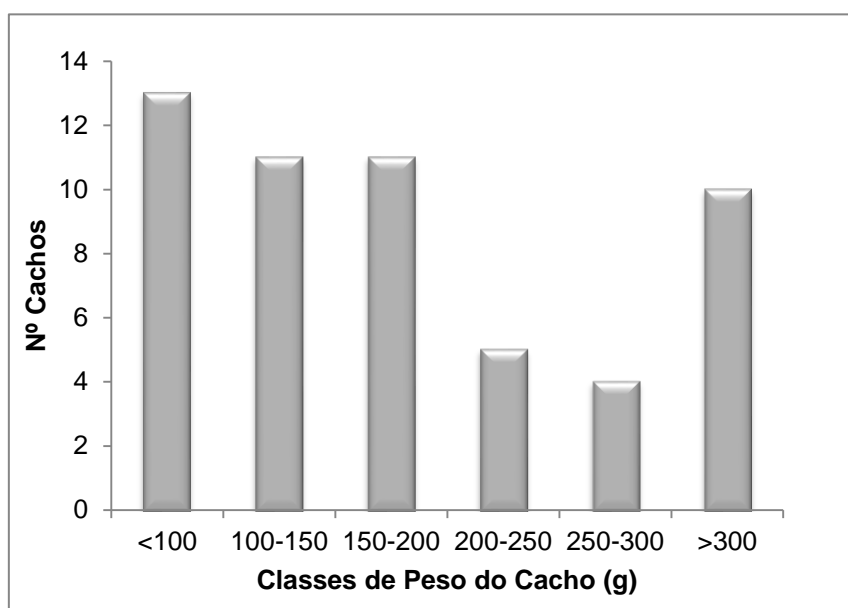
Por ausência de registos históricos da parcela não é possível concluir se esta taxa de vingamento é recorrente ou anormal. Não obstante, sabe-se que o número de botões vingados está associado à eficiência da translocação de hidratos de carbono para as inflorescências e, numa fase em que a sua força enquanto órgãos *sink* é menor que a dos lançamentos, o desenvolvimento destas pode ser prejudicado através de uma redução da taxa de vingamento (Coombe, 1962; May, 2004). Existem ainda outros factores que podem afectar negativamente o fenómeno de vingamento (Olmstead *et al.*, 2006; Skinkis, 2013):

- Clima desfavorável, com fraca incidência de luz solar sobre a planta, temperaturas reduzidas à floração ou chuva durante a polinização;
- Intervenções culturais, como a monda de inflorescências;
- Carências da videira em nutrientes como boro ou zinco, desequilíbrio na razão carbono:azoto, que influencia o vigor da planta, ou mesmo carências hídricas em fases anteriores ao vingamento;
- Vigor excessivo ou demasiado baixo ;
- Danos físicos imprevisíveis, como granizo ou perda de folhas.

## **5.6. Estudo dos Cachos**

### **5.6.1. Colheita ao Pintor**

De acordo com a metodologia descrita para a análise das características dos cachos, foram realizadas duas amostragens: ao Pintor e à Vindima. Na figura 5 encontra-se representado um histograma com as diferentes classes de peso dos cachos recolhidos ao Pintor e a respectiva frequência.



**Figura 5:** Classificação de uma amostra cachos de acordo com o seu peso ao Pintor (n=54), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

As classes com menor frequência foram as de 200 a 250 g e 250 a 300 g. A maioria dos cachos amostrados apresentou um peso inferior ou igual a 200 g, sendo que o peso médio nesta fase foi de 194,3 g. Este valor médio encontram-se muito próximo do intervalo de 200 a 300 g referido por Bohm (2007) como peso típico de um cacho de Touriga Franca.

Na tabela 8 apresentam-se os valores médios e o desvio padrão das diferentes variáveis medidas nos cachos em função do nível de fertilidade dos dois sarmentos amostrados por talão (F11, F12, F22). A análise mostra que tanto o peso do cacho como o peso do ráquis, o peso dos bagos e o número de bagos, apresentam valores superiores em talões de fertilidade F22.

**Tabela 8:** Valores médios, e respectivo erro padrão, das variáveis peso do cacho, peso do ráquis, peso dos bagos, número de bagos e peso médio do bago por cacho, registadas ao Pintor (n=54), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

Variáveis	Fertilidade do talão		
	F11 (n=12)	F12 (n=18)	F22 (n=24)
<b>Peso do Cacho (g)</b>	187,9 ± 33,9	163,7 ± 16,8	220,5 ± 32,7
<b>Peso do Ráquis (g)</b>	8,1 ± 1,3	7,7 ± 0,7	10,3 ± 1,2
<b>Peso dos Bagos/cacho (g)</b>	179,8 ± 32,6	156,0 ± 16,2	210,3 ± 31,6
<b>Nº de Bagos/cacho</b>	144,0 ± 25,7	129,4 ± 15,1	174,2 ± 20,4
<b>Peso do Bago (g)</b>	1,25 ± 0,09	1,29 ± 0,10	1,15 ± 0,07

Fxy - talão com x cachos no primeiro lançamento e y cachos no segundo lançamento.

Utilizando apenas os dados dos talões de fertilidade F22 procedeu-se a uma análise de variância ao efeito da ordem do olho e do cacho nas várias variáveis (tabela 9).

**Tabela 9:** Influência da ordem do olho e do cacho nas variáveis peso do cacho, peso do ráquis, peso dos bagos, número de bagos e peso médio do bago por cacho, registadas ao Pintor (n=24), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.

Variáveis	Ordem do olho			Ordem do Cacho			Interacção
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	Sig.	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	Sig.	
<b>Peso do cacho (g)</b>	216,74	184,05	n.s.	182,27	218,52	n.s.	n.s.
<b>Peso do Ráquis (g)</b>	9,23	8,82	n.s.	8,64	9,42	n.s.	n.s.
<b>Peso dos bagos (g)</b>	207,51	175,23	n.s.	173,63	209,10	n.s.	n.s.
<b>Nº de Bagos</b>	162,52	148,46	n.s.	148,21	162,77	n.s.	n.s.
<b>Peso do Bago (g)</b>	1,60	1,61	n.s.	1,60	1,61	n.s.	n.s.

Sig. – nível de significância pelo teste de Fisher : n.s., não significativo.

Após a análise do quadro acima verifica-se que não existem diferenças significativas nas variáveis em análise para diferentes ordens do olho ou do cacho, o que demonstra que estas não têm qualquer efeito sobre o número de bagos e sobre o peso dos diferentes constituintes do cacho.

### **5.6.2. Colheita à Vindima**

Em primeiro lugar foi analisada a variação da produção por videira de cada espaço, de acordo com a zona em que se localiza.

Os valores médios de produção por videira em cada zona da parcela (tabela 10), são ambos próximos da produção média por videira verificada para o total da amostra (2,07 kg/videira). A percentagem média zonal é também próxima de 100% nos dois casos, valor este que representa a média da amostra.

**Tabela 10:** Produção média por videira  $\pm$  erro padrão nas zonas Inferior e Superior, e percentagem da produção zonal face à produção média por videira da amostra da parcela Touriga Franca do Abade, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.

Zona	n	Produção Média	% face à Média da Amostra
Inferior	49	2,11 $\pm$ 0,24	102
Superior	49	2,04 $\pm$ 0,17	99

Estes resultados sugerem que ambas as zonas, inferior e superior, demonstram valores muito próximos dos globais da amostra. O erro padrão que caracteriza a produção média é também reduzido nos dois casos, traduzindo a sua precisão relativamente à amostra total. A

ausência de diferenças significativas indica, então, que qualquer uma das zonas é representativa da produção total.

Para análise da qualidade da amostra utilizada, foi verificada qual a proximidade do valor obtido da produção média por planta face ao valor real obtido na parcela. Na tabela 11 observa-se que a amostra seleccionada apresenta uma diferença de 230 g em relação à produção média real por videira, o que é uma variação aceitável, dada a proximidade dos valores.

**Tabela 11:** Caracterização da parcela Touriga Franca do Abade e da amostra respectiva, relativamente ao número de plantas e sua produção, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

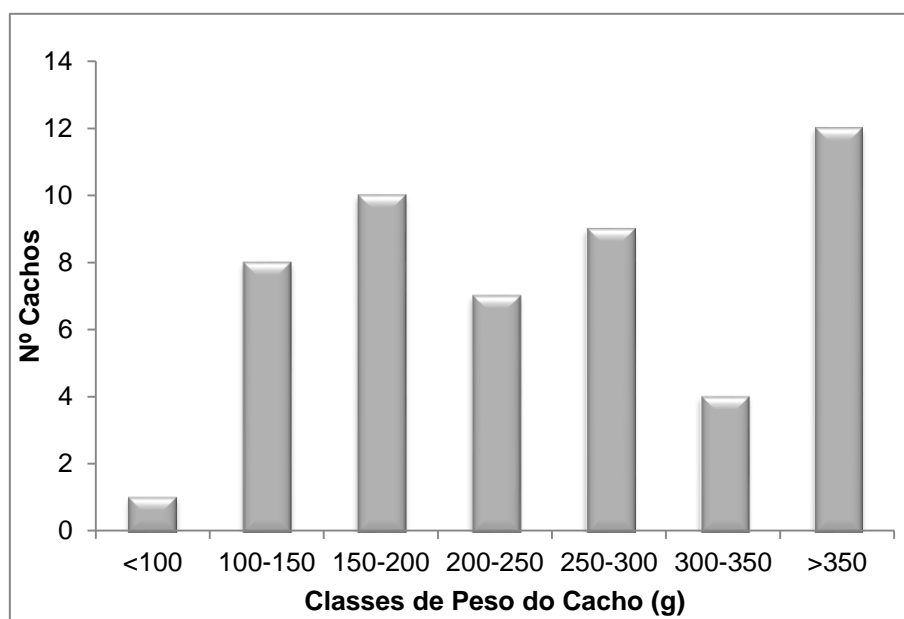
<b>Touriga Franca Abade</b>	<b>Parcela</b>	<b>Amostra</b>
Nº Plantas	6617	98
Total Vindimado (kg)	15218	203
Produção média/planta (kg)	2,30	2,07

Analisando o histórico de produção da parcela nos últimos 5 anos, constante na tabela 12, observa-se que a produção média por videira é relativamente baixa, característica das vinhas na região do Douro, com um coeficiente de variação de aproximadamente 30%. Esta variação pode ser explicada pela imprevisibilidade do clima a cada ano e da falta de meios para contornar os seus efeitos, uma vez que se trata de uma vinha de sequeiro. No Douro, a plantação em solo rochoso associada a uma conformação do terreno em patamares (que diminui a densidade de plantação) e à idade avançada de grande parte das vinhas, são factores característicos da região que conduzem a uma baixa produção por videira.

**Tabela 12:** Histórico de produção da parcela Touriga Franca do Abade desde 2009, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

	<b>Anos</b>					<b>Média</b>	<b>Coef. Variação (%)</b>
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>		
<b>Produção Total (kg)</b>	8252	11278	11048	7290	15218	10617	29,2
<b>Produção/ha (kg)</b>	2392	3269	3202	2113	4411	3077	29,2
<b>Produção/videira (kg)</b>	1,25	1,70	1,67	1,10	2,30	1,60	29,3

Na figura 6 apresenta-se um histograma de frequências relativo ao peso dos cachos à Vindima. Comparativamente ao histograma da figura 5, observa-se uma melhor distribuição dos cachos amostrados pelas diferentes classes de peso. É visível ainda um incremento no número de cachos com peso superior a 200g, que reflecte o crescimento dos cachos entre o Pintor e a Vindima. Nesta fase, apenas um cacho apresentou um peso inferior a 100g.



**Figura 6:** Classificação de uma amostra cachos de acordo com o seu peso à Vindima (n=51), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

Na tabela 13, apresentam-se os valores médios e o desvio padrão das diferentes variáveis em função do nível de fertilidade dos dois sarmentos amostrados por talão (F11, F12 e F22). Observou-se que, à Vindima, continua a verificar-se uma superioridade do peso do cacho, peso do ráquis, peso dos bagos e número de bagos, em talões de fertilidade F22, aos quais se acrescenta um peso médio do bago superior. Os valores médios registados para F12 aproximam-se, nesta fase, dos observados para talões F11. Estes padrões são similares aos observados ao Pintor e vão de encontro aos obtidos por Dunn e Martin (2000), reafirmados por Clingeleffer (2001) para a casta *Cabernet Sauvignon*. Por outro lado, contrariam o conceito de que, em lançamentos com vários cachos, o seu peso individual será inferior ao peso de um cacho único num lançamento, defendido por vários autores (Huglin e Balthazard, 1975; Dunn e Martin, 2000; May, 2004).

**Tabela 13:** Valores médios, e respectivo erro padrão, das variáveis peso do cacho, peso do ráquis, peso dos bagos, número de bagos e peso médio do bago por cacho, registadas à Vindima (n=51), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

Variáveis	Fertilidade		
	F11 (n=12)	F12 (n=15)	F22 (n=24)
<b>Peso do Cacho (g)</b>	220,4 ± 31,0	255,5 ± 26,3	334,9 ± 40,6
<b>Peso do Ráquis (g)</b>	6,7 ± 1,2	7,7 ± 1,4	11,5 ± 1,6
<b>Peso dos Bagos (g)</b>	213,8 ± 29,9	247,7 ± 24,9	323,4 ± 39,3
<b>Nº de Bagos</b>	152,0 ± 19,7	156,5 ± 14,2	204,3 ± 23,6
<b>Peso do Bago (g)</b>	1,40 ± 0,07	1,58 ± 0,07	1,61 ± 0,07

Foi feita uma análise de variância, sobre os talões de fertilidade F22, relativamente às variáveis peso do do cacho, peso dos bagos, peso do ráquis, número de bagos e peso médio do bago por cacho à Vindima, em função da ordem do olho e do cacho (tabela 14).

**Tabela 14:** Influência da ordem do olho e do cacho nas variáveis peso do cacho, peso do ráquis, peso dos bagos, número de bagos e peso médio do bago por cacho, registadas à Vindima (n=24), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.

Variáveis	Ordem do olho			Ordem do Cacho			Interacção
	1ª	2ª	Sig.	1ª	2ª	Sig.	
<b>Peso do cacho (g)</b>	343,8	326,1	n.s.	364,6	305,3	n.s.	n.s.
<b>Peso dos bagos (g)</b>	331,4	315,3	n.s.	350,7	296,1	n.s.	n.s.
<b>Peso do Ráquis (g)</b>	12,3	10,8	n.s.	13,9	9,2	n.s.	*
<b>Nº de Bagos</b>	209,0	199,5	n.s.	215,6	192,9	n.s.	n.s.
<b>Peso do Bago (g)</b>	1,6	1,6	n.s.	1,6	1,6	n.s.	n.s.

Sig. – nível de significância pelo teste de Fisher (LSD): n.s., não significativo; \*, valores diferentes ao nível de significância de 0,05.

Com base nestes resultados, conclui-se que não existe nenhuma diferença significativa entre cachos de diferentes ordens e de diferentes ordens do olho para as variáveis peso do cacho, peso dos bagos, número de bagos e peso médio do bago, o que indica que o efeito destes factores não é significativo na parcela em estudo. No entanto, observa-se uma interacção entre a ordem do olho e a ordem do cacho para a variável peso do ráquis, que sugere que os valores associados a esta variável diferem significativamente de acordo com a ordem do olho em questão. Neste sentido, foi feita uma análise de variância simples a esta variável para cachos de olhos da mesma ordem. Verificou-se que não existem diferenças significativas no peso do ráquis de cachos pertencentes a olhos da mesma ordem. Isto indica que, na parcela em estudo, a ordem do olho a que pertencem os cachos é um factor determinante para a diferença do peso do seu ráquis.

Apesar de as diferenças não serem significativas, é possível observar que as inflorescências de primeira ordem apresentam valores superiores em todas as variáveis

analisadas, à excepção do peso médio do bago, que se mantém constante. Verifica-se também que os cachos pertencentes a lançamentos de primeira ordem apresentam um número de bagos superior, bem como um maior peso do cacho e dos seus componentes. A explicação para estes resultados pode consistir no facto de, como referido por Dry (2000) e Clingeleffer (2001), os lançamentos da base serem geralmente mais férteis. Estes autores explicaram que eventuais diminuições na fertilidade no primeiro lançamento justificam-se pela ocorrência frequente de necrose dos gomos primários, necrose esta que conduziria ao abrolhamento do gomo secundário do olho, de menor fertilidade. A necrose dos gomos primários é uma doença que ocorre geralmente devido ao microclima que se forma na zona dos olhos basais (junto à estrutura perene da planta). No estudo em questão, a carga deixada à poda por videira, não é favorável ao desenvolvimento desta doença, bem como a densidade foliar, que é mais elevada na zona do arame superior devido ao enrolamento da vegetação. Deste modo, a fertilidade do gomo primário é expressa naturalmente e o elevado número de botões florais registado antes da floração traduz-se à vindima num número de bagos e peso superiores dos seus cachos. Resta concluir que as suposições feitas por May (2004) e por Antcliff e May (1961), de que a formação de inflorescências nos lançamentos proximais seja inibida por auxinas produzidas pelos lançamentos distais, ou que o crescimento vigoroso dos lançamentos terminais diminua a quantidade de nutrientes armazenada pelos primeiros, ou ainda de que o corte da poda possa induzir uma produção de etileno nos gomos adjacentes que os favoreça em relação aos gomos basais, não são válidas para a casta Touriga Franca na parcela em estudo.

A correspondência entre os resultados ao Pintor e à Vindima demonstra consistência na amostra seleccionada para este estudo, reforçando as conclusões acima referidas.

## 5.7. Caracterização do Coberto e Índices Folha/Fruto

Os resultados das medições do número de camadas de folhas, superfície foliar exposta e área foliar do coberto encontram-se sumariados na tabela 15.

**Tabela 15:** Valores médios, e respectivo erro padrão, das variáveis relativas ao número de camadas de folhas, à superfície foliar exposta e à área foliar; casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

	Variável	Resultado
<b>Nº de Camadas de Folhas</b> (n=20)	Nº Médio de Camadas de Folhas (LLN)	2,5 ± 0,13
	% Buracos	12,0 ± 2,68
	% Folhas internas	36,1 ± 1,50
	% Cachos externos	15 ± 4,82
<b>Superfície Foliar Exposta</b> (n=20)	Espessura média da Sebe (Esebe) (cm)	49,1 ± 1,0
	Altura Média da Sebe (Hsebe) (cm)	98,7 ± 1,3
	Superfície Foliar Exposta (m <sup>2</sup> /ha)	12968,4 ± 160,9
	SFE por Produção (m <sup>2</sup> /kg)	3,52 ± 0,31
<b>Área Foliar</b> (n=20)	Área Foliar Total/ Sup. Foliar Exposta	0,43 ± 0,06
	Área Foliar Principal (m <sup>2</sup> /videira)	1,52 ± 0,22
	Área Foliar Total (m <sup>2</sup> /videira)	2,91 ± 0,45
	% Área Foliar Secundária	46 ± 2
	Área Foliar por Produção (cm <sup>2</sup> /g de uvas)	14,3 ± 2,1

A análise da tabela 15 mostra um valor médio do número médio de camadas de folhas, bem como uma elevada percentagem de folhas internas. De acordo com Van den Heuvel *et al.* (2002), as folhas internas da sebe funcionam como órgãos alvo de fotoassimilados, apesar de o seu rendimento fotossintético ser muito inferior devido à fraca exposição solar. Quando presentes em excesso, para além de aumentar o número médio de camadas de folhas, as folhas internas vão receber carboidratos produzidos pela fotossíntese, diminuindo a acumulação destes nos frutos em desenvolvimento e, conseqüentemente, a sua qualidade (Ricciardi, 2008). Esta percentagem está acima dos 0 a 20% recomendados por Smart e Robinson (1991), assim como o número médio de camadas de folhas, que se encontra acima do intervalo de 1 a 1,5 sugerido pela mesma fonte. Isto pode conduzir a um fraco microclima luminoso para os lançamentos, factor que demonstrou estar fortemente correlacionado com a fraca fertilidade dos seus gomos

(Sánchez e Dokoozlian, 2005), influenciando a produtividade da vinha. Relativamente à percentagem de cachos externos, observa-se um valor inferior aos 50 a 100% referidos por Smart e Robinson (1991) como ideais. Dado que o Cima Corgo se trata de uma sub-região duriense geralmente caracterizada por uma elevada secura e exposição solar, aumentando o risco de escaldão, e onde o microclima formado na sebe não representa uma grave ameaça ao desenvolvimento de doenças criptogâmicas, estes valores não são preocupantes, podendo ser úteis na manutenção da qualidade da produção.

Analisando o valor obtido para a superfície foliar exposta, verifica-se que é bastante inferior ao valor preconizado por Smart e Robinson (1991) de 21000 m<sup>2</sup>/ha. Este resultado reflecte a capacidade fotossintética do coberto foliar, que será, neste caso, inferior ao recomendado pelo autor. A utilização de arames pareados móveis, ausentes na parcela em estudo, seria uma forma acessível de aumentar a superfície foliar exposta, com o objectivo de otimizar a qualidade da sua produção. O valor de SFE pode também relacionar-se com o peso de uvas vindimado, funcionando como um indicador de qualidade. Através do índice de Superfície Foliar Exposta por kg de produção obtido para a parcela em estudo, observa-se que 3,52 m<sup>2</sup> de superfície foliar exposta deram origem a 1 kg de produção. Este valor é superior ao mencionado por Mota *et al.* (2009) de 1,0 m<sup>2</sup>/kg que, segundo o autor, indicaria a melhor relação entre a quantidade de uvas produzida e a quantidade de açúcares nelas presente. Disto decorre que a eficiência da folhagem do coberto vegetal em análise é inferior à preconizada pelo autor.

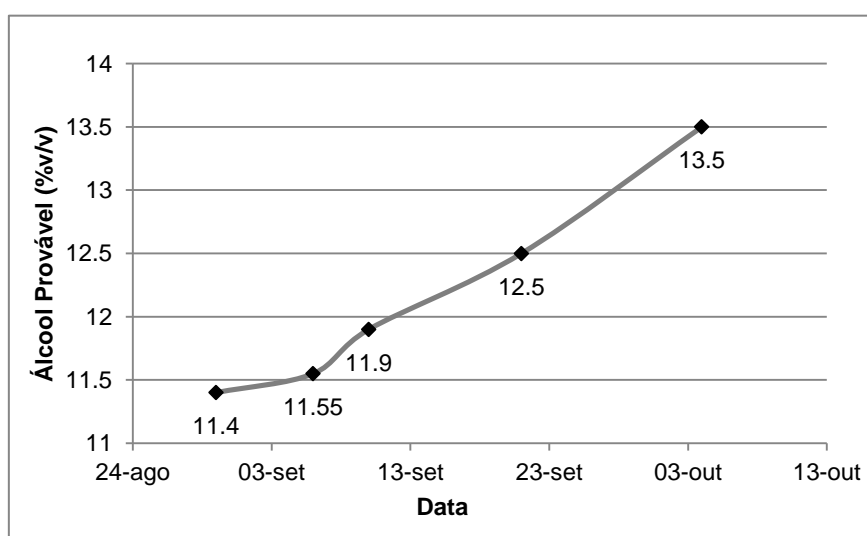
De acordo com Smart e Robinson (1991), a área foliar ideal por produção é de aproximadamente 12 cm<sup>2</sup> por grama de uva. A área foliar média da amostra estudada é ligeiramente superior ao valor recomendado, mas com uma variabilidade que a torna próxima deste valor, como demonstra o seu erro padrão. É, portanto, considerado um resultado adequado para esta variável. Segundo Archer e Hunter (2004), no final da maturação a área foliar das netas deve representar cerca de 30% da Área Foliar Total. Os resultados apresentados demonstram que na parcela este valor é um pouco superior, ultrapassando os 40%, o que leva a uma maior densidade da sebe, podendo trazer inconvenientes a nível do microclima luminoso e da circulação do ar no seu interior. O número de netas está ligado ao vigor da videira, que pode ser controlado através da sua carga à poda, que deve ser adaptada às necessidades de cada planta.

As relações ideais expressas pelos índices folha/fruto "Área Foliar por Produção" e "SFE por Produção" das videiras podem variar de acordo com o clima da região onde se inserem e também com a sua variedade (Borghizam, 2010). Apesar de as uvas de Touriga Franca produzidas no ano de 2013 apresentarem bons níveis de qualidade, seria

interessante tentar reduzir a área foliar e a SFE até ao mínimo necessário para manutenção da qualidade e quantidade de produção, e do equilíbrio das reservas hídricas das videiras. Valores elevados de superfície foliar implicam uma maior transpiração por parte das videiras, conduzindo a um stress hídrico mais acentuado (Magalhães, 2012).

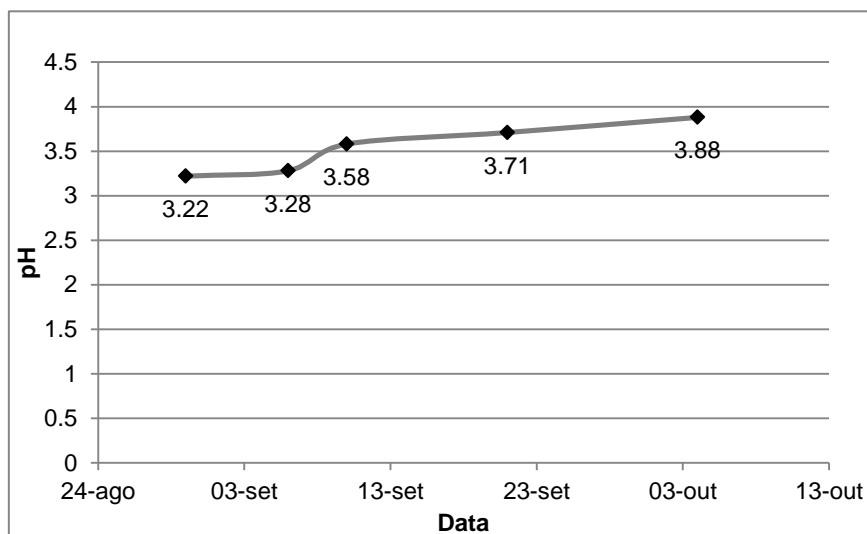
## 5.8. Controlo da Maturação

Foram feitas cinco amostragens de bagos para controlo da maturação, cujos resultados se apresentam nas figuras 7, 8 e 9. No período de aproximadamente um mês verifica-se uma subida acentuada do °Brix, reflectindo a acumulação de açúcares durante a maturação, que por sua vez leva a um aumento equivalente do álcool provável até à vindima (figura 7). Não se verifica uma estabilização dos açúcares perto da data da vindima, o que indica uma maturação ainda em curso.



**Figura 7:** Evolução do Álcool Provável (% v/v) em 5 amostras de 100 bagos da casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.

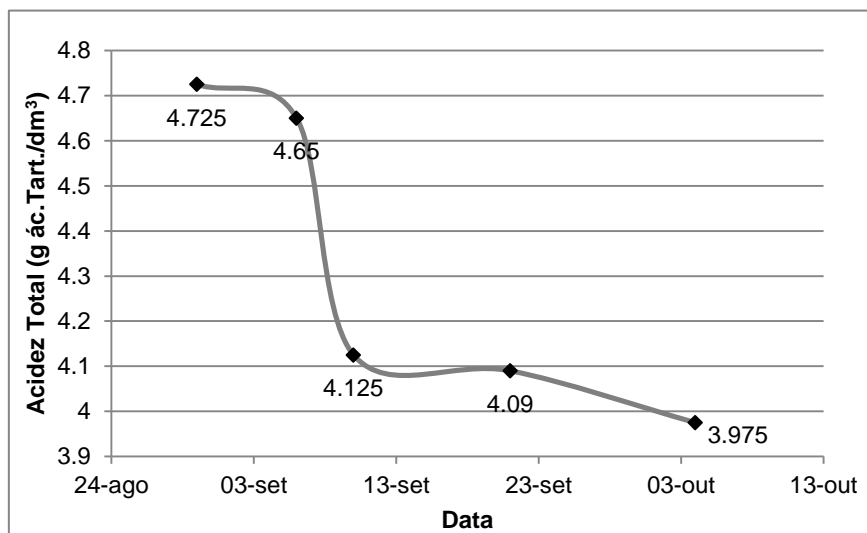
Os valores de pH durante este período registaram um ligeiro aumento (figura 8) , indicando que ocorreu uma diminuição da acidez das uvas durante a maturação, evolução natural e esperada. A colheita das uvas com bons valores de pH é importante para manter a estabilidade microbiológica e fisico-química dos mostos. O seu valor tem ainda influência nos tratamentos enológicos a realizar ao vinho, tal como colagens, aplicações de dióxido de enxofre e de ácido tartárico (Tomaz, 2013).



**Figura 8:** Evolução do pH em 5 amostras de 100 bagos da casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.

Por fim, o valor da acidez total sofreu uma diminuição durante a maturação, notando-se uma descida abrupta do seu valor entre o dia 6 e o dia 10 de Setembro (figura 9), altura em que se deu também um aumento mais marcado do pH e do álcool provável. O valor da acidez total (determinada essencialmente pelos ácidos tartárico e málico) é expressa pela concentração do ácido tartárico, que vai sendo degradado durante a maturação das uvas. Isto explica a correspondência entre a oscilação dos valores de pH e da acidez total, uma vez que o ácido tartárico é aquele que liberta mais iões  $H^+$  na sua degradação (Peynaud, 1989). Durante a maturação das uvas, assiste-se à diminuição da concentração dos ácidos málico e tartárico. O primeiro constitui cerca de metade da acidez total das uvas e do vinho e a sua concentração decresce para menos de metade nas duas semanas que antecedem a mudança de cor das uvas. O ácido tartárico permanece relativamente constante durante a maturação, sendo o ácido que mais prevalece nas uvas e no vinho. Sofre uma diluição durante o aumento de volume dos bagos e um decréscimo na sua concentração ao longo da maturação, apesar de menos acentuado do que o ácido málico. A degradação dos ácidos orgânicos málico e tartárico é justificada pela sua utilização como substrato no fenómeno de

respiração, que se acentua com a temperatura (Tomaz, 2013). Desta forma, a diminuição marcada da acidez total nos dias referidos pode ser justificada por um aumento de temperatura neste período, responsável por uma aceleração na maturação das uvas.



**Figura 9:** Evolução Acidez Total (g de ácido tartárico/ dm<sup>3</sup>) em 5 amostras de 100 bagos da casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.

## 5.9. Relações alométricas

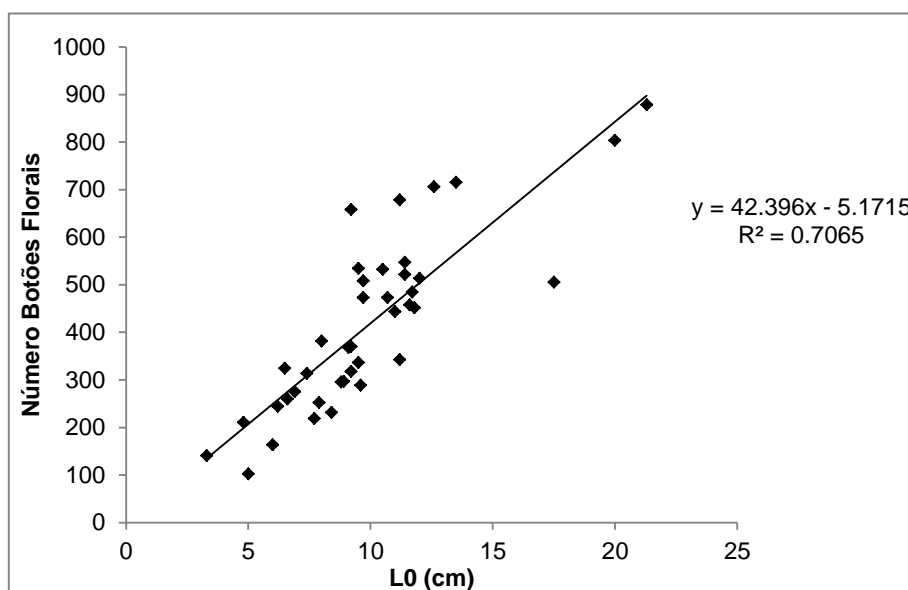
### 5.9.1. Inflorescências

Foi feito um estudo das correlações entre as diferentes medidas das inflorescências e o número de botões florais obtendo-se a matriz de correlação constante na tabela 16. Verifica-se que os coeficientes de correlação mais elevados ocorrem entre as dimensões L, L0 e L1. Observa-se ainda um coeficiente de correlação elevado entre o número de ramos da inflorescência e o número de botões florais e entre o comprimento de L0 e o número de botões florais. Estas duas relações obtidas para a amostra de videiras da Touriga Franca do Abade são de grande interesse para futuras estimativas do número de botões através de medidas indirectas. Dunn e Martin (2007) apresentaram também um modelo envolvendo o número de ramos da inflorescência para a casta *Cabernet Sauvignon* com coeficientes de determinação elevados em diferentes regiões, o que demonstra o interesse da utilização desta variável em modelos relativos a diferentes variedades e locais.

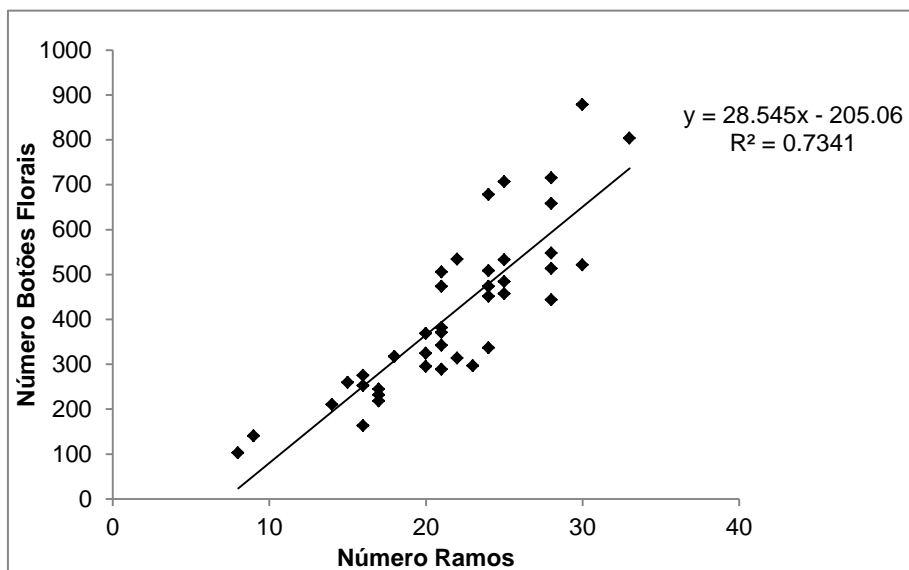
**Tabela 16:** Matriz de coeficientes de correlação de Pearson para as dimensões das inflorescências (n=40), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

	L (cm)	L0 (cm)	L1 (cm)	L2 (cm)	Nº de Botões
<b>L0 (cm)</b>	0,95				
<b>L1 (cm)</b>	0,98	0,96			
<b>L2 (cm)</b>	0,72	0,75	0,69		
<b>Nº de Botões</b>	0,82	<b>0,84</b>	0,83	0,71	
<b>Nº de Ramos</b>	0,75	0,77	0,79	0,51	<b>0,86</b>

As figuras 10 e 11 ilustram a relação linear entre as duas variáveis eleitas (L0 e número de ramos) e o número de botões florais, bem como as equações das respectivas rectas de regressão ajustadas.



**Figura 10:** Relação entre L0 (variável independente) e o número de botões florais (variável dependente), para uma amostra de 40 inflorescências, casta Touriga Franca. Quinta do Vale D. Maria. 2013.



**Figura 11:** Relação entre o número de ramos e o número de botões florais de uma amostra de 40 inflorescências, casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria. 2013.

Obtiveram-se então duas equações para cálculo do número de botões florais: a equação 5, a partir do comprimento de L0, e a equação 6, que recorre ao número de ramos da inflorescência. A segunda apresenta um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superior, o que manifesta uma melhor relação com o número efectivo de botões florais.

$$\mathbf{N \ Botões \ Florais = 42,396 \times L0 - 5,1715}$$

(Eq.5)

$$R^2 = 0,71 \ (p < 0,001); \ n = 40$$

$$\mathbf{N \ Botões \ Florais = 28,545 \times NRamos - 205,06}$$

(Eq.6)

$$R^2 = 0,73 \ (p < 0,001); \ n = 40$$

Estes resultados permitem concluir que a contagem do número de ramos das inflorescências, ou a medição do seu L0, podem oferecer uma boa estimativa do número de botões florais da inflorescência, não implicando a sua destruição, e que podem ser utilizadas as equações deduzidas para cada um destes parâmetros (Eqs. 5 e 6) para o cálculo indirecto do número de botões florais e, conseqüentemente, estimar a percentagem de vingamento. O número de botões florais é também um bom estimador do número de bagos à vindima, podendo ser utilizado para esse fim (Clingeffer, 2001).

## 5.9.2. Cachos

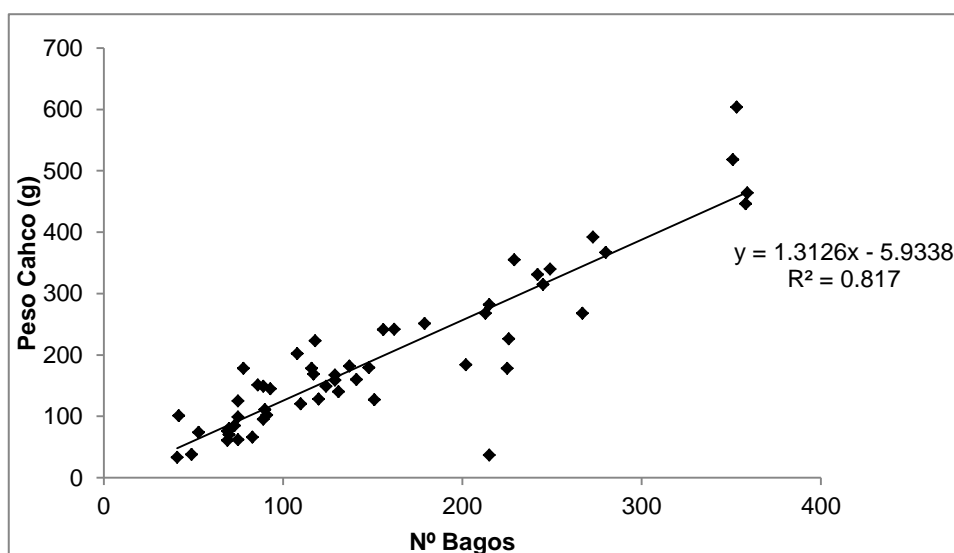
### 5.9.2.1. Amostragem ao Pintor

Através da análise da matriz de correlação presente na tabela 17, verifica-se que as variáveis “peso dos bagos”, “peso do ráquis” e “número de bagos” apresentaram forte correlação com o peso do cacho.

**Tabela 17:** Matriz de coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis em estudo face aos valores registadas ao Pintor (n=24), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

	Nº Bagos	Peso Bagos	Peso Cacho
Peso Bagos	0,90		
Peso Cacho	<b>0,90</b>	<b>1,00</b>	
Peso Ráquis	0,96	0,91	<b>0,91</b>

Foram então realizadas regressões lineares sobre estas três variáveis para analisar a sua potencialidade enquanto modelo para estimativa do peso do cacho ao Pintor. A análise do gráfico da figura 12 demonstra uma boa relação linear entre o número de bagos e o peso do cacho, em que o número de bagos explica 82% da variação do peso do cacho, de acordo com a Equação 7.



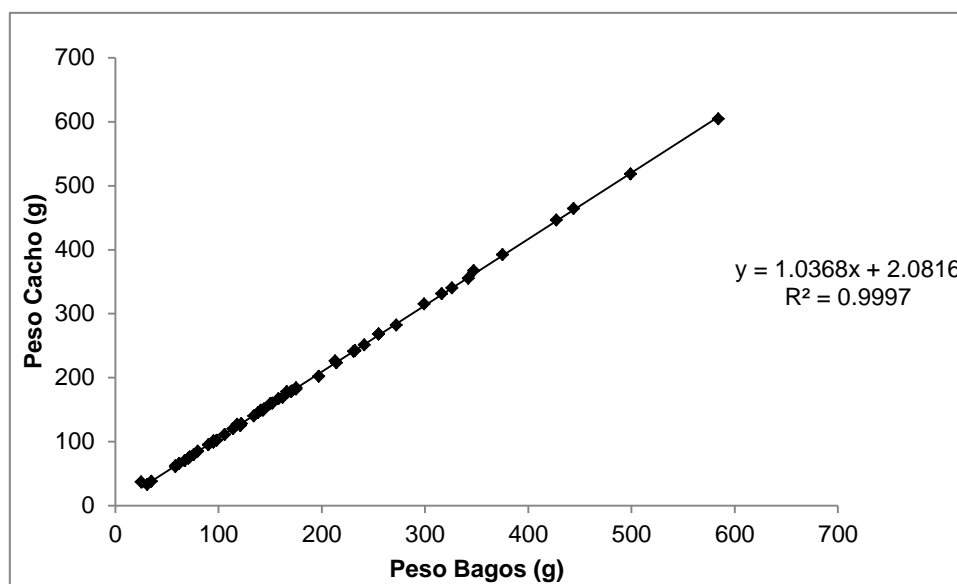
**Figura 12:** Relação entre o número de bagos (variável independente) e o peso do cacho (g) (variável dependente) medidas ao Pintor (n=54), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

$$\text{Peso Cacho} = 1,3126 \times \text{Nbagos} - 5,9338$$

(Eq.7)

$R^2=0,82$  ( $p<0,001$ );  $n=54$

O gráfico da figura 13 demonstra uma relação linear quase perfeita entre as variáveis peso dos bagos e peso do cacho, em que a primeira explica 99,97% da variação da segunda, de acordo com a Equação 8.



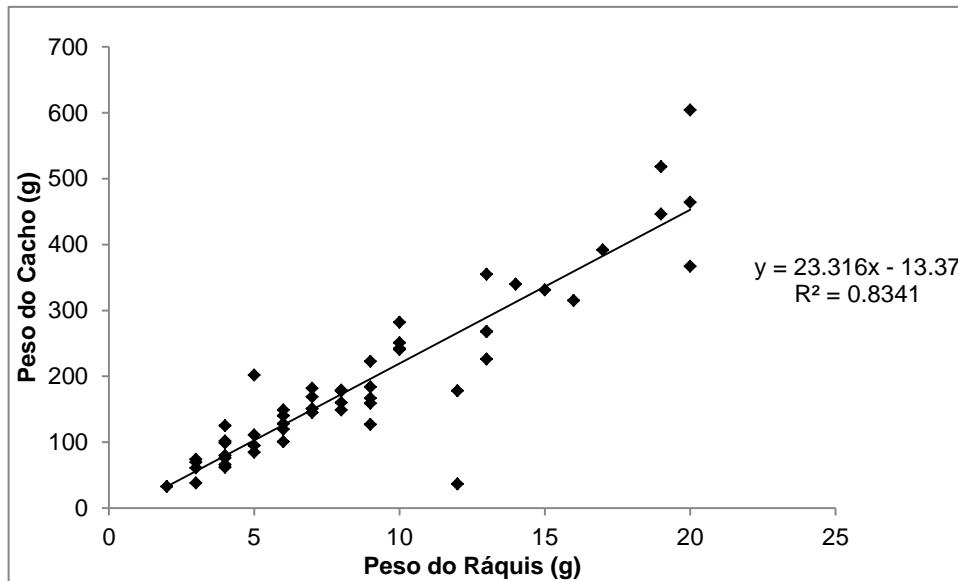
**Figura 13:** Relação entre o peso dos bagos (g) (variável independente) e o peso do cacho (g) (variável dependente) medidos ao Pintor ( $n=54$ ), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

$$\text{Peso Cacho} = 1,0368 \times \text{Peso Bagos} + 2,0816$$

(Eq.8)

$R^2=0,9997$  ( $p<0,001$ );  $n=54$

Observando, por último, o gráfico da figura 14 verifica-se uma boa relação linear entre o peso do ráquis e o peso do cacho, com um coeficiente de determinação de 0,83. A Equação 9 traduz esta relação permitindo uma estimativa do peso do cacho.



**Figura 14:** Relação entre o peso dos bagos (g) (variável independente) e o peso do cacho (g) (variável dependente) medidas ao Pintor (n=54), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

$$\text{Peso Cacho} = 23,316 \times \text{Peso Ráquis} - 13,37 \quad (\text{Eq.9})$$

$R^2=0,83$  ( $p<0,001$ );  $n=54$

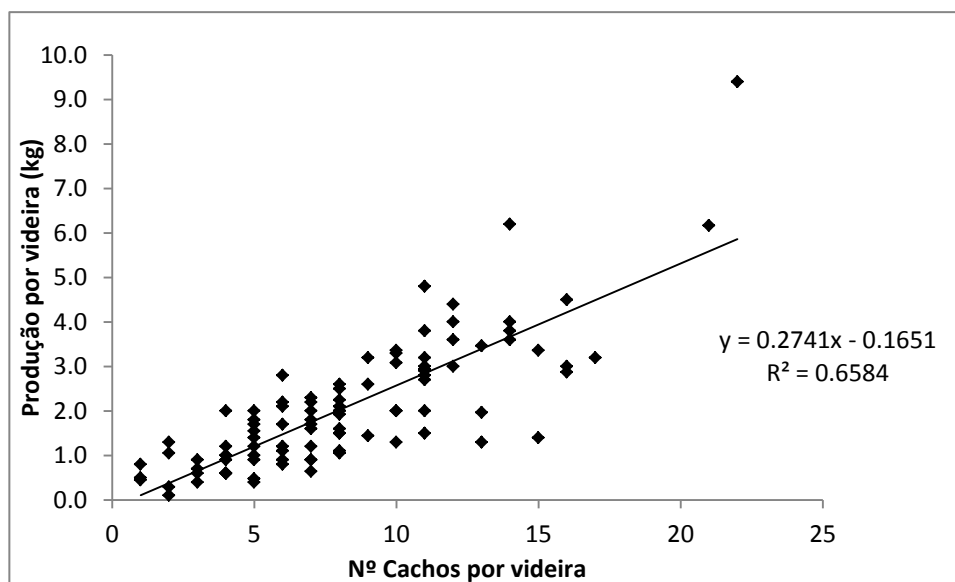
Em todas as relações analisadas, o modelo que oferece uma estimativa mais aproximada do peso real do cacho, e que seria preferencialmente utilizado para este fim, é aquele que utiliza o peso dos bagos como variável independente.

## 5.10. Estimativa da Produção

Após a constatação de uma boa relação entre o peso dos cachos e as variáveis peso dos bagos, número de bagos e peso do ráquis, pretende-se determinar a melhor variável explicativa da produção final da parcela. Para o efeito, analisou-se individualmente a relação entre a produção final e as variáveis medidas à floração e ao Pintor, com o objectivo de determinar qual o modelo que melhor se adapta a diferentes fases do ciclo da videira e de acordo, também, com a precocidade da previsão que se pretende. Para estas análises, foi considerado factor de eficiência de Vindima (capítulo 2.2) máximo de 1, tal como sugerido por Dunn (2010), para Vindimas manuais e próximas do local de vinificação.

### 5.10.1. Número de Cachos

Analisando o gráfico da figura 15 observa-se que o número de cachos explica 58% da variação da produção de cada videira. Esta relação traduz-se na equação 10 para uma amostra (n) de 98 plantas, correspondente à totalidade das videiras presentes nos 20 espaços seleccionados para estudo.



**Figura 15:** Relação entre o número de cachos (variável independente) e a produção obtida por videira (Kg) (variável dependente) à Vindima (n=98), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

$$\text{ProdVideira} = 0,27 \times \text{Ncachos} + 0,17 \quad (\text{Eq.10})$$

$$R^2 = 0.58 \quad (p < 0,001), n=98$$

Apesar de se terem utilizado os valores registados à Vindima, o número de cachos pode ser estimado numa fase mais precoce, oferecendo uma estimativa antecipada, através da sua contabilização no estado fenológico de cachos separados, pelo corte anatómico de gomos após a poda ou pela indução de abrolhamento de gomos em estufa antes da poda (Clingeleffer, 2001). O resultado obtido aproxima-se dos 60% da produção explicados por este componente de rendimento, valor apontado por Clingeleffer (2001). Desta forma, a relação conseguida neste estudo reforça a importância do número de cachos em estimativas de produção.

### **5.10.2. Caracterização do Cacho ao Pintor**

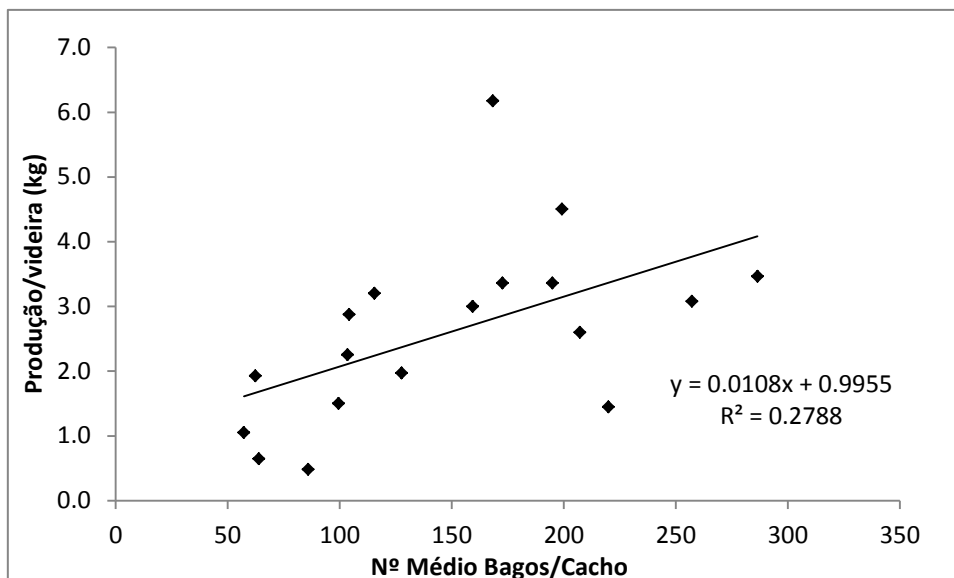
Com base no peso médio do cacho determinado ao Pintor (194 g, n=54) e à Vindima (285 g, n=51) calculou-se o factor de crescimento do cacho (FC) (equação 11).

$$FC = \frac{\text{Peso Cacho Vindima}}{\text{Peso Cacho Pintor}} = 1.46 \quad (\text{Eq.11})$$

Este valor pode ser utilizado numa equação de previsão de produção quando a empresa tiver dados históricos que permitam obter um factor de crescimento mais robusto. Todavia, existe uma dependência natural do Factor de Crescimento relativamente às condições climáticas que se verificaram durante o período de maturação. Ou seja, o seu valor varia com os anos, ainda mais em vinhas de sequeiro que estão muito sujeitas às disponibilidades hídricas de cada ano.

#### **5.10.2.1. Número de Bagos**

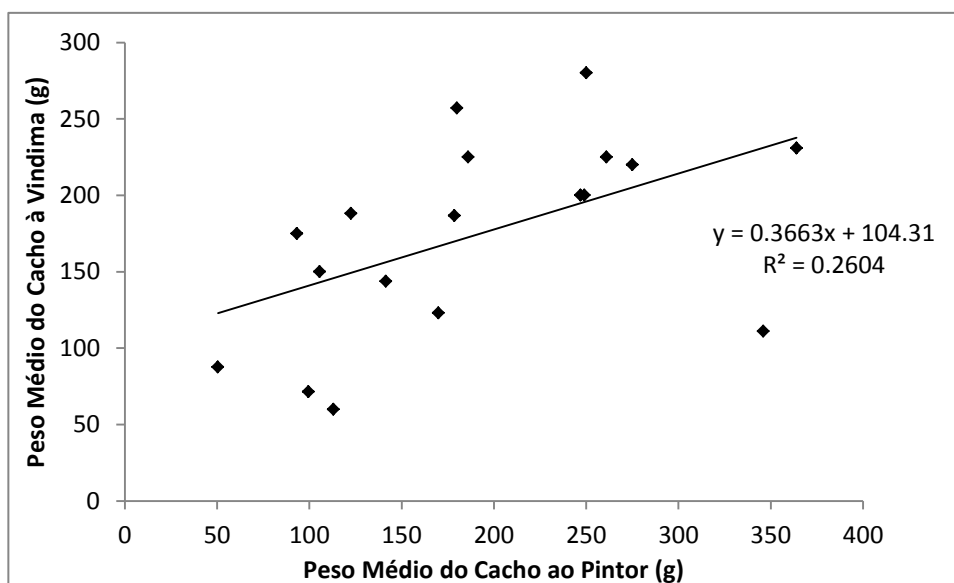
Com o objectivo de verificar se o nº de bagos era um bom estimador da produção, efectuou-se uma análise de regressão entre o número médio de bagos por cacho num talão, contabilizados ao Pintor (variável independente) e a produção total da respectiva videira (variável dependente) (figura 16). O coeficiente de determinação foi de apenas 0,27, demonstrando que a variável número médio de bagos por cacho num talão explica apenas 27% da variabilidade da produção total da videira. Este valor indica que o número de bagos por cacho num talão não é considerado um bom estimador da produção, tal como verificado por Martins (2011) para a casta *Sauvignon Blanc*. Este resultado pode ser justificado pela reduzida dimensão da amostra utilizada, que não fornece dados suficientes para uma relação mais consistente.



**Figura 16:** Relação entre o número médio de bagos por cacho num talão (variável independente), ao Pintor, e a produção por videira (variável dependente) (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

#### 5.10.2.2. Peso Médio do Cacho

No estudo da relação entre o peso médio do cacho ao Pintor e o peso médio do cacho à Vindima, obteve-se o gráfico da figura 17. Neste verifica-se uma ausência de relação entre as duas variáveis, uma vez que o seu  $R^2$  é muito baixo, não atingindo os 20%. Desta forma, conclui-se que o peso médio dos cachos ao Pintor não é um bom estimador do peso médio do cacho à Vindima.



**Figura 17:** Relação entre o peso médio do cacho à Vindima (variável dependente) e o peso médio do cacho ao Pintor (variável independente) (n=18), na casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

## 5.11. Combinação de variáveis

No sentido de explorar a possibilidade de obter uma equação que envolvesse mais do que uma variável explicativa da produção final obtida na parcela de Touriga Franca, efectuou-se uma regressão linear múltipla, na tentativa de melhorar os modelos obtidos previamente por regressão linear simples. Na tabela 18 apresenta-se o o coeficiente de correlação (r) entre as variáveis estudadas e a produção final.

**Tabela 18:** Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção obtida por videira à Vindima e as variáveis em estudo (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.

Variáveis	Fase do Ciclo	Coeficiente de Correlação	Sig.
Carga à Poda da videira	Antes Abrolhamento	<b>0,53</b>	*
Índice de Fertilidade do talão	Antes Floração	0,06	n.s.
Número de Bagos por talão	Pintor	0,40	n.s.
Peso dos bagos por talão	Pintor	0,29	n.s.
Produção por talão	Pintor	0,29	n.s.
Peso médio do cacho	Pintor	0,39	n.s.
Peso médio do bago	Pintor	-0,09	n.s.
Peso dos ráquis por talão	Pintor	0,38	n.s.
Peso médio do ráquis por cacho	Pintor	<b>0,52</b>	*
Número médio de bagos por cacho	Pintor	<b>0,53</b>	*
Número de Cachos por videira	Pintor	<b>0,85</b>	***

Sig. – nível de significância pelo p-value: n.s.: não significativo; \*\*\* e \*: existe uma relação significativa entre a variável e a produção para um nível de significância de 0,001 e 0,05, respectivamente.

De entre as 11 variáveis analisadas, verificou-se que a carga à poda da videira, o peso médio do ráquis por cacho e o número médio de bagos por cacho apresentam uma relação significativa com a produção, a um nível de significância de 0,05. A variável com maior coeficiente de correlação e com uma relação mais significativa com a produção foi o número de cachos por videira, para um nível de significância de 0,001.

Com base em todas as 11 variáveis foi realizada uma regressão linear múltipla passo a passo, cujo resultado se encontra sumariado na tabela 19.

**Tabela 19:** Sumário da regressão linear múltipla passo a passo realizada entre a produção à Vindima (variável dependente) e as 11 variáveis independentes em estudo (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

Passo	Variável seleccionada	p-value	R <sup>2</sup> parcial	R <sup>2</sup> modelo
1	NcachosVid	0,0000	0,72	0,72
2	PmedraquisC	0,0005	0,08	0,80
3	PbagosT	0,0001	0,11	0,91
4	NmedbagosC	0,0278	0,03	0,94

Legenda: Ncachos Vid – Número de cachos por videira;  
PmedraquisC – Peso médio do ráquis por cacho;  
PbagosT – Peso dos bagos por talão;  
NmedbagosC – Número médio de bagos por cacho.

Desta regressão resultou o seguinte modelo (equação 12):

$$\text{ProdVideira} = -2,476 + 0,269 \times \text{NcachosVid} + 0,624 \times \text{PmedraquisC} - 3,175 \times \text{PbagosT} - 0,016 \times \text{NmedbagosC}$$

(Eq.12)

R<sup>2</sup> Ajustado = 0,92 ( $p < 0,001$ ); n=18

Este modelo apresenta um coeficiente de determinação muito elevado, explicando 92% da produção obtida. Com uma estimativa de produção média de 2,62 kg por videira, valor próximo do obtido na produção média da sub-amostra de 18 plantas (2,60 kg/videira), o modelo presente na equação 12 permite obter uma boa estimativa da produção real. No entanto, a obtenção de algumas variáveis exige uma colheita destrutiva de uma amostra de cachos (como é o caso do peso médio do ráquis e do peso dos bagos por talão).

Por motivos de ordem prática, e com vista à implementação de procedimentos expeditos de previsão de rendimento nos próximos anos, foram analisados os conjuntos de variáveis com maior coeficiente de correlação face à produção obtida e de mais fácil implementação prática no campo. Desta análise resultaram dois modelos: o primeiro foi conseguido através de uma regressão linear múltipla passo a passo e engloba as variáveis "índice de fertilidade por talão" e "número de cachos por videira". Os resultados desta regressão encontram-se sumariados na tabela 20.

**Tabela 20:** Sumário da regressão linear múltipla passo a passo realizada entre a produção à Vindima (variável dependente) e as variáveis independentes "número de cachos por videira e "índice de fertilidade por talão" (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

Passo	Variável seleccionada	p-value	R <sup>2</sup> parcial	R <sup>2</sup> modelo
1	NcachosVid	0,0000	0,72	0,72
2	Iftalao	0,1046	0,05	0,77

Legenda: Ncachos Vid – Número de cachos por videira;  
Iftalao – Índice de Fertilidade por Talão.

Desta regressão resultou o seguinte modelo (equação 13):

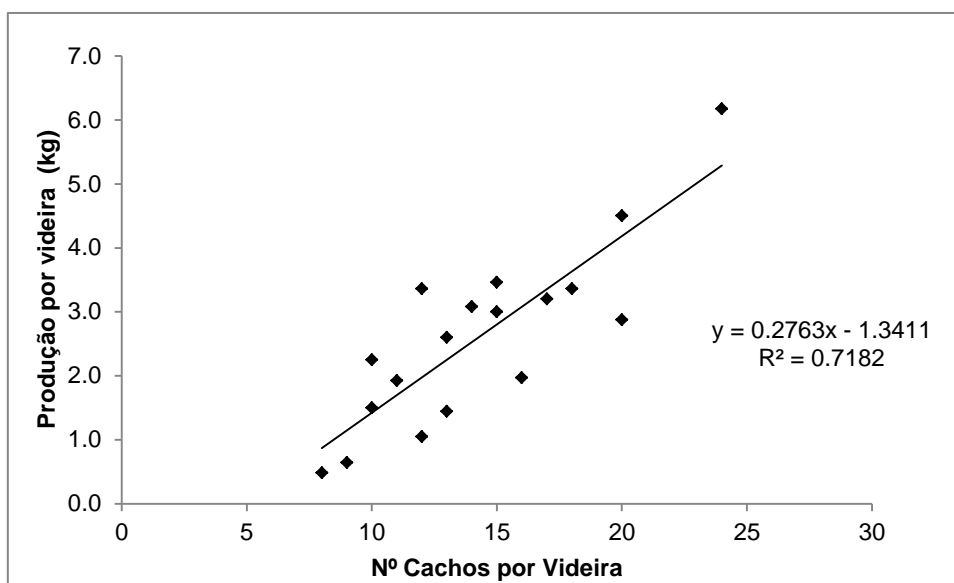
$$\text{ProdVideira} = -0,53 - 0,38 \times \text{Iftalao} + 0,30 \times \text{NcachosVid}$$

(Eq.13)

$$R^2 \text{ Ajustado} = 0,73 \text{ (} p < 0,001 \text{); } n=18$$

Este modelo explica 73% da produção obtida. O seu erro padrão é de 0,29 para uma produção média de 2,61 kg/videira, inferior ao modelo que utiliza as quatro variáveis. O presente modelo tem ainda a vantagem de recorrer a duas variáveis que dispensam uma colheita destrutiva de cachos, facilitando a sua implementação prática ao tornar a estimativa de rendimento mais rápida.

O segundo modelo alternativo recorre ao estudo da relação linear entre a variável independente "número de cachos por videira" e a variável dependente "produção por videira", representada na figura 18. Foi escolhida esta variável independente porque, para além do elevado coeficiente de correlação que apresenta face à produção, dispensa também uma colheita destrutiva, o que melhora a sua aplicação prática.



**Figura 18:** Relação entre a produção obtida por videira (variável dependente) e o respectivo número de cachos (variável independente) (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D. Maria, 2013.

Analisando o gráfico da figura 18 verifica-se que o número de cachos por videira explica 72% da variação da produção. Obtém-se desta forma a equação 14 para estimativa da produção.

$$\text{ProdVideira} = 0,2763 \times \text{NcachosVid} - 1,3411 \quad (\text{Eq. 14})$$

$R^2 = 0,72$  ( $p < 0,001$ );  $n=18$

A produção estimada, em kg por videira, através deste modelo apresenta uma média de 2,60, idêntica à produção real por videira obtida na sub-amostra utilizada. Este resultado corrobora o já afirmado no capítulo 5.10.1, relativamente à importância da variável "número de cachos" enquanto variável independente num modelo de previsão de produção.

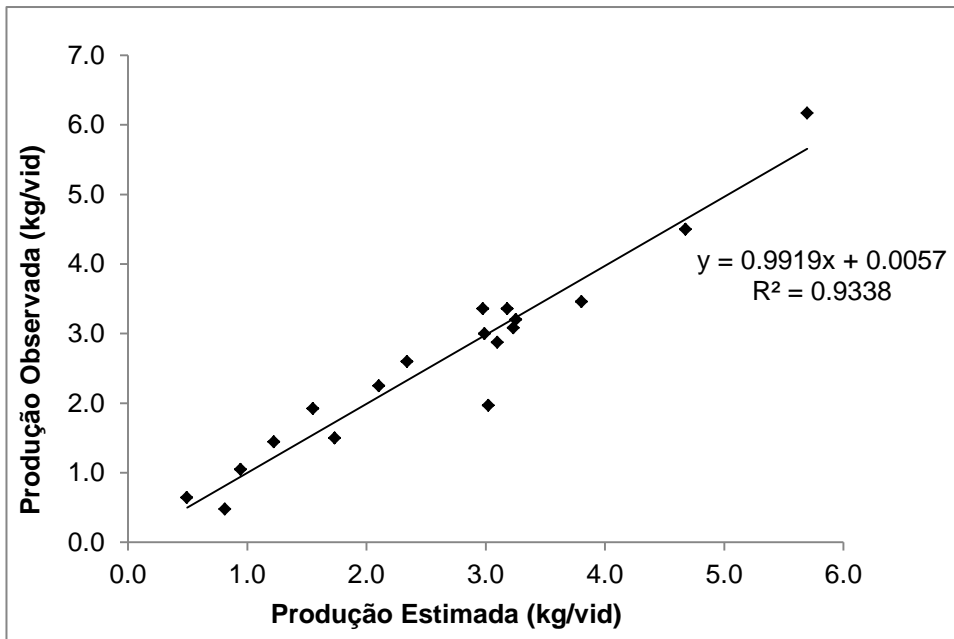
Apesar de ambas incidirem sob as mesmas variáveis, o valor de  $R^2$  da equação 14 difere da equação 10, obtida no capítulo 5.10.1. A única diferença entre estas duas relações lineares é a dimensão da amostra utilizada: para obtenção da equação 10 recorreu-se a amostra do total de videiras dos 20 espaços em estudo ( $n=98$ ), enquanto que para a equação 14 se utilizou apenas um total de 18 videiras, pertencentes a 18 dos 20 espaços. Apesar desta divergência, e contrariamente ao que seria de esperar, o coeficiente de determinação que se observa na figura 18 é superior ao que se evidencia na figura 15 (capítulo 5.10.1). Isto indica que os resultados obtidos a partir da equação 14 se aproximam

mais da produção final, o que sugere uma melhor qualidade da amostra, ainda que com menor dimensão.

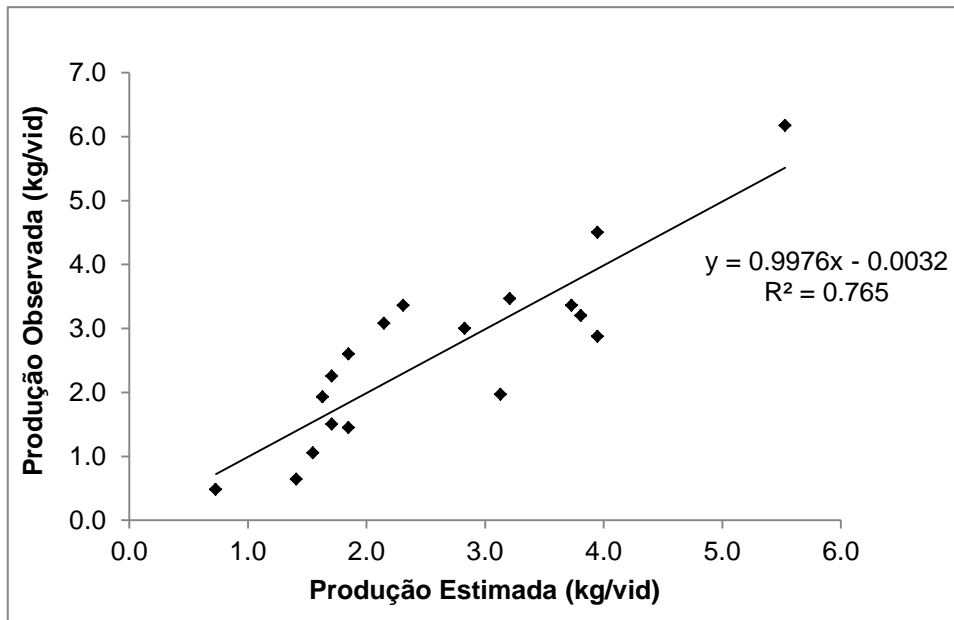
O resultado obtido para o modelo constante na equação 14, explica uma maior percentagem da produção por videira quando comparado com o trabalho de Clingleffer (2001). Este obteve, para uma amostra de 60 videiras da casta *Cabernet Sauvignon* em Victoria, um coeficiente de determinação de 0,61. No entanto, Dunn (2010) obteve uma equação que explica 86% da variação da produção, através do número de cachos por videira, para a casta *Cabernet Sauvignon* em Coonawarra. O acesso a dados históricos relativos ao número de cachos por videira é uma ferramenta importante, disponível no trabalho desenvolvido por Clingleffer (2001) e Dunn (2010), que permite a obtenção de equações com coeficientes de determinação mais elevados e, conseqüentemente, estimativas mais aproximadas do valor real. No presente estudo, não existiam dados históricos disponíveis, facto que está provavelmente na origem de um valor de  $R^2$  mais reduzido, em comparação com o obtido por Dunn (2010).

## **5.12. Comparação dos melhores modelos**

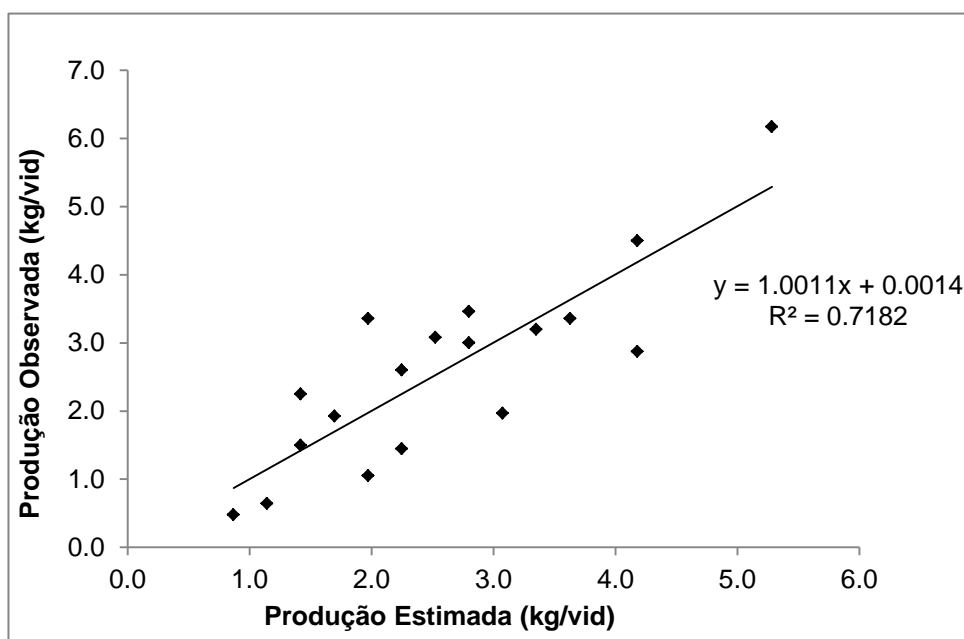
Nas figuras 19, 20 e 21 apresentam-se os gráficos de dispersão dos valores esperados face aos observados para os três modelos. Mais uma vez se verifica que a qualidade do modelo com 4 variáveis é manifestamente melhor, como comprova a dispersão das observações muito próxima da linha de tendência. No entanto, os modelos ilustrados nas figuras 20 e 21 apresentam também uma dispersão das observações relativamente próxima da linha de tendência.



**Figura 19:** Relação linear entre a produção observada por videira à Vindima e a produção estimada através do Modelo 3 com as variáveis predictoras: número de cachos por videira, peso médio do ráquis por cacho, número de bagos por talão e número médio de bagos por cacho (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.



**Figura 20:** Relação linear entre a produção observada por videira à Vindima e a produção estimada através do Modelo 2 com as variáveis predictoras: índice de fertilidade por talão e número de cachos por videira (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.



**Figura 21:** Relação linear entre a produção observada por videira à Vindima e a produção estimada através do Modelo 1 com a variável preditora: número de cachos por videira (n=18), casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

A fim de comparar a capacidade preditiva dos três modelos propostos no capítulo 5.11, foram calculadas medidas estatísticas que reflectissem a sua qualidade. Estas, discriminadas na tabela 21, reflectem a amplitude do erro (RMSE) dos resultados obtidos por aplicação de cada um dos modelos, bem como a eficácia e precisão (MAE e MA%E) dos mesmos.

**Tabela 21:** Sumário das medidas estatísticas de desvio relativas aos dois modelos propostos para previsão do rendimento para a casta Touriga Franca, Quinta do Vale D.Maria, 2013.

Nº	Variáveis do Modelo	n	R <sup>2</sup>	RMSE	MAE	MA%E
1	Ncachos (Eq. 14)	18	0,72	0,72	0,61	32,81
2	lftalao; Ncachos (Eq.13)	18	0,76	0,66	0,59	43,63
3	NcachosVid; PmedraquisC; PbagosT; NmedbagosC (Eq. 12)	18	0,94	0,35	0,27	12,29

Legenda: n – número de talões observados;  
R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação;  
RMSE – raiz quadrada do quadrado médio do erro;  
MAE – média absoluta do erro;  
MA%E – média absoluta da percentagem do erro.

Quer a média absoluta do erro, quer a média absoluta da percentagem do erro e a raiz do quadrado médio do erro são inferiores no modelo 3 (equação 12), face aos modelos 1 e 2 (equações 14 e 13). Isto indica uma maior capacidade preditiva do modelo 3 em comparação com os dois anteriores, confirmando o que a dispersão gráfica e o valor do

coeficiente de determinação tinham já sugerido. Comparando os modelos 1 e 2, verifica-se que a raiz quadrada do quadrado médio do erro (RMSE) e a média absoluta do erro (MAE) são inferiores no modelo 2, sugerindo uma superior qualidade preditiva.

Os bons resultados obtidos nos três modelos sugerem que a amostra de videiras utilizada para os modelos das equações 12, 13 e 14 seja representativa da produção da parcela. A sua reduzida dimensão torna-se numa mais valia para a aplicação prática destes modelos.

Após a constatação da qualidade dos modelos apresentados, a escolha de qual utilizar dependerá do compromisso entre a precisão pretendida e o tempo dispendido na obtenção das variáveis. Se o critério pretendido pelo viticultor for a previsão com base no modelo de melhor qualidade, deverá optar pelo modelo 3 dadas as suas reduzidas medidas de desvio. Se por outro lado preferir reduzir um pouco a qualidade da previsão em detrimento da aplicação de uma metodologia mais simples nas práticas rotineiras da vinha, com procedimentos rápidos e facilmente transmissíveis, deverá recorrer ao modelo 2 ou 1.

Apesar dos bons indicadores obtidos neste trabalho, a qualidade sugerida pelos resultados estatísticos referentes aos três modelos pode não se reflectir numa previsão precisa da produção nos próximos anos. Para validação dos modelos, estes deverão ser aplicados em anos seguintes, procedendo-se à sua adaptação, ou da amostra correspondente, conforme necessário.

## 6. Conclusão

A partir de um acompanhamento do ciclo vegetativo da videira durante o ano, pretendeu-se estudar relações entre os componentes de rendimento das videiras da parcela de Touriga Franca do Abade e a sua produção à Vindima. Estas relações foram apuradas com o objectivo de desenvolver modelos de estimativa de rendimento.

Dentro das relações alométricas referidas neste trabalho, destacou-se a estimativa, antes da floração, do número de botões florais a partir do número de ramos da inflorescência, com um coeficiente de determinação de 0,73. Isto permite o cálculo da taxa de vingamento de uma forma não destrutiva com uma boa percentagem de explicação do número de botões da inflorescência.

Através da combinação de variáveis, obtiveram-se três modelos, com elevados coeficientes de determinação, para a estimativa da produção obtida por videira. O primeiro, que utiliza as variáveis "número de cachos por videira", "peso médio do ráquis", "peso dos bagos por talão" e "número médio de bagos por cacho", explica 93% da produção obtida por videira e apresenta os valores mais baixos de MAE, MA%E e RMSE (medidas estatísticas de desvio que reflectem a qualidade do modelo). O segundo modelo recorre ao índice de fertilidade por talão e ao número de cachos por videira, e explica uma percentagem de 73% da variação da produção por videira com rapidez e precisão, sem que para isso seja necessária uma colheita destrutiva de cachos. O terceiro modelo tem também uma fácil aplicação prática, recorrendo ao número de cachos por videira, que explica 72% da variação da produção final obtida. No entanto as suas medidas de desvio são superiores às dos modelos anteriores. Apesar de apresentar um erro padrão de 0,35, o primeiro modelo constitui uma importante relação com um elevado coeficiente de determinação da produção final e baixas medidas estatísticas de desvio, sinal da elevada qualidade da sua estimativa, sendo por isso um resultado importante neste trabalho. No entanto, a sua baixa praticabilidade leva a concluir que o segundo modelo, que conjuga um bom coeficiente de determinação com baixos valores de RMSE, MAE e MA%E, apresenta uma melhor relação entre a qualidade dos resultados obtidos e a aplicação prática.

No estudo realizado encontraram-se variáveis sem relação significativa com a produção, das quais se destacam o peso médio do bago e o peso dos bagos por talão. Dado o seu baixo coeficiente de correlação, não foram incluídas nas equações desenvolvidas. Por outro lado, foram encontradas variáveis que explicam uma elevada percentagem da variabilidade da produção final da Touriga Franca, casta pouco estudada neste âmbito e de grande peso na viticultura duriense. Uma vez que este estudo incidiu sobre os parâmetros com maior

influência na produção, será interessante que os resultados obtidos sejam aprofundados e melhorados em anos futuros, através de uma validação prática dos modelos obtidos. Outra vertente de optimização reside na inclusão nos modelos de um factor histórico da produção da parcela, de forma a poder envolver a sua variação anual nas estimativas feitas. Seria ainda interessante a introdução de modelos agrometeorológicos, ou mesmo de medidas do impacto de pragas e doenças.

A aplicação dos modelos desenvolvidos num protocolo de previsão de rendimento, com respectivo manual de procedimentos e dados a recolher durante o ano, será do maior interesse para a empresa, permitindo uma previsão da dimensão da produção de uma das suas maiores parcelas, optimizado a gestão do espaço da adega, dos recursos necessários ao processo de vinificação e do controlo da produção.

Algumas das relações conseguidas neste trabalho representam uma mais valia para os viticultores, sendo simples de aplicar e sem custos associados, permitindo uma mais fácil estimativa da produção que se espera obter a cada ano e incentivando estas práticas na região do Douro. No entanto, a aplicação das equações referidas noutras castas diferentes da Touriga Franca deve ser feita de forma cuidada, sendo aconselhável que sejam primeiro validados os seus resultados.

## 7. Referências Bibliográficas

- Amaral, J. (1994). *O Grande Livro do Vinho*. Círculo de Keitores, Lisboa, pp. 415.
- Antcliff, A. J.; May, P. (1961). *Dormancy and Bud Burst in Sultana Vines*. Commonwealth Research Station, C.S.I.R.O., Merbein, Victoria, Australia. *Vitis* 3, pp. 1-14.
- Antunes, M. (2003). *Lower Paleogene crocodylians from Silveirinha – Portugal*. *Paleovertebrata*. 32 (1); pp. 1-26.
- Archer, E.; Hunter, J. (2004). *Vine Balance: Its Importance To Successful Cultivation - Wynboer a technical Guide for Wine Producers*. Consultado a 09 de Outubro de 2013, em:  
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.wynboer.co.za/centarticles/0204balance.php3>
- Arnó, J.; Martínez-Casasnovas, J.; Ribes-Dasi, M.; Rosell, J. (2009). *Review. Precision Viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management*. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2009 7(4), pp. 779-790.
- Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense (2013). Workshop "*Balanço Intercalar do Ano Vitícola – Previsão de Produção Vindima 2013*". Peso da Régua.
- Bessis, R. (1993). *La maîtrise des rendements*. *Revue Des Oenologues*, 19, pp. 7-10.
- Blom, P.E.; Tarara, J.M. (2009). *Trellis tension monitoring improves yield estimation in vineyards*. *HortScience* 44 (3). pp. 678-685.
- Bohm, J. (2007). *Portugal vitícola – O Grande Livro das Castas*. Chaves Ferreira Publicações, SA. Lisboa, Portugal.

- Borghezán, M. (2010). *Comportamento ecofisiológico da videira (Vitis vinifera L.) cultivada em São Joaquim, Santa Catarina: área foliar, crescimento vegetativo, composição da uva e qualidade sensorial dos vinhos*. Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. pp.121-161.
- Buttrose, M.S. (1969) *Fruitfulness in grapevines: Effects of light intensity and temperature*. Bot. Gaz. 130, pp. 166-73.
- Camilo, J. (2009). *Poda Mecânica vs Poda Manual na Casta Touriga Nacional na Região do Dão*. Dissertação de Mestrado em Viticultura e Enologia. Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa. pp. 36-38.
- Candolfi-Vasconcelos, M.C.; Castagnoli, S. (1996). *Effect of Canopy Management Practices on Fruit Set, Yield Components and Fruit Composition*. Oregon Wine Advisory Board Research Progress Report. Consultado a 18/01/2014 em: [http://owri.oregonstate.edu/sites/owri.org/files/documents/Wine\\_Progress\\_Reports/1995-96/Effect%20of%20Canopy%20Management%20Practices%20on%20Fruit%20Set,%20Yield%20Components%20and%20Fruit%20Composition.pdf](http://owri.oregonstate.edu/sites/owri.org/files/documents/Wine_Progress_Reports/1995-96/Effect%20of%20Canopy%20Management%20Practices%20on%20Fruit%20Set,%20Yield%20Components%20and%20Fruit%20Composition.pdf)
- Carbonneau, A. (1982). *Reflexions sur l'agrométéorologie et la maîtrise du milieu*. Agronomie, 2, pp. 399-404.
- Carbonneau, A.; Champgnol, F. (1993). *Nouveaux systèmes de culture integre du vignoble*. Programme AIR-3-CT 93.
- Casteran, P.; Rynier, A.; Rivet, P. (1981). *Evaluation de fleurs des bourgeons de quelques cépages de Vitis vinifera L.* Le Progrés Agr. et Viticole. 15-16, pp. 595-599.
- Clingeleffer, 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, State Government Victoria - Primary Industries. Victoria: CSIRO Plant Industry. pp. 2-143.

- Clingeffer, P. (2005). *Crop Control for Consistent Supply of Quality Winegrapes*. Final report to Grape and Wine Research & Development Corporation, State Government Victoria – Primary Industries. Victoria: CSIRO Plant Industry. pp.176-212
- Comissão Europeia (2009). *Regulamento (CE) No 436/2009 da Comissão de 26 de Maio de 2009 que estabelece regras de execução do Regulamento (CE) no 479/2008 do Conselho no que diz respeito ao cadastro vitícola, às declarações obrigatórias e ao estabelecimento das informações para o acompanhamento do mercado, aos documentos de acompanhamento do transporte dos produtos e aos registos a manter no sector vitivinícola*. Jornal Oficial da União Europeia. L 128/15.
- Coombe, B.G. (1995). *Adoption of a system for identifying grapevine growth stages*. Australian Journal of Grape and Wine Research 1, pp. 100-110.
- Coombe, B.G. (1962). *The effect of removing leaves, flowers and shoot tips on fruit-set in Vitis vinifera L.* Journal of Horticultural Science 37, pp. 1–15.
- Cristofolini, F; Gottardini, E. (2000). *Concentration of airborne pollen of Vitis vinifera L. and yield forecast: a case study at S. Michele all'Adige, Trento, Italy*. Aerobiologia 16, pp.125–129.
- Dami, I. (2006). *Methods of Grape Estimation in Grapes*. Department of Horticulture and Crop Science Ohio State University. Consultado a 20/01/2014 em: <http://oardc.osu.edu/grapeweb/OGEN/07262006/CropEstimation06.pdf>
- Dobrowski, S.Z.; Ustin, S.L.; Wolpert, J.A. (2003). *Grapevine dormant pruning weight prediction using remotely sensed data*. Australian J. Grape & Wine Res. 9. pp. 177-182.
- Dunn, M. (2010). *Yield Forecasting*. Fact Sheet. University of Melbourne, Australia. Consultado a 18/08/2013 em: <http://www.gwrdc.com.au/wp-content/uploads/2012/09/2010-06-FS-Yield-Forecasting.pdf>

- Dunn, G.M.; Martin, S.R. (2000). *Do temperature conditions at budburst affect flower number in Vitis vinifera L. var. Cabernet Sauvignon?* Australian Journal of Grape and Wine Research, 6 (2), pp.116-124.
- Dunn, G.M., Martin, S.R. (2004). *Yield prediction from digital image analysis: A technique with potential for vineyard assessments prior to harvest.* Australian Journal of Grape and Wine Research, 10, pp. 196-198.
- 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, pp. 95-100.
- Dunstone, R.J. (2002) *Final Report for Project DNR 02/02. Winegrape Crop Forecasting Module*; CWRDC: Adelaide, Australia, p. 21.
- Dry, P. R. (2000). *Canopy management for fruitfulness.* Australian Journal of Grape and Wine Research 6, pp. 109-115.
- Dry, P. R.; Longbottom, M. L.; Mcloughlin, S.; Johnson, T. E.; Collins, C. (2010). *Classification of reproductive performance of ten winegrape varieties.* Reproductive performance of winegrape varieties, 16, pp. 47-55.
- Eiras-Dias, J.; Martins, A. (2008). *The role of policlonal selected material for sustainable viticulture.* CERVIM. International Congress on Mountain and Steep Slope Viticulture, 2nd, Galicia.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Hunger, food and agriculture database.* Consultado a 10 de Outubro de 2013 em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QD/E>
- Gladstones, J. (2011). *Wine, Terroir and Climate Change.* Wakefield Press. Kent Town, South Australia.
- Gommes, R. (1998). *Agrometeorological crop yield forecasting methods.* Proc. International Conference on agricultural statistics, Washington 18-20 Março 1998. Editado por

Theresa Holland e Marcel P.R. van den Broecke, pp. 133-141. International Statistical Institute, Voorburg, Holanda.

Gommes, R. (2001). *An introduction to the Art of Agrometeorological Crop Yield Forecasting using Multiple Regression*. Crop Yield Forecasting and Agrometeorology Sub-Project. FAO. Consultado a 15/01/2014 em:  
<http://www.fao.org/nr/climpag/pub/Crop%20Yield%20Forecasting%202001%20Gommes.pdf>

Gouveia, C.; Liberato, M.L.R.; DaCamara, C.C.; Trigo, R.M.; Ramos, A.M. (2011). *Modelling past and future wine production in the Portuguese Douro Valley*. Climate Research, 48, pp. 349-362.

Hoskins, N. (2009). *In the vineyard*. Matravina – Winter 2009. pp.4. Riversun Nursery Limited. Gisborne, New Zealand.

Huglin, P.; Balthazard, J. (1975). *Variability and fluctuation in the composition of inflorescences and bunches in some varieties of Vitis vinifera*. Vitis, 14, pp. 6-13.

Huglin P.; Schneider C. (1998). *Biologie et écologie de la vigne*. Ed. Lavoisier Tec et Doc, Paris, França.

Instituto da Vinha e do Vinho, I.P., (2011). *Vinhos e aguardentes de Portugal anuário 2010/2011*. Publicação anual sobre o sector vitivinícola em Portugal , pp.44.

Jackson, D.I.; Lombard, P.B. (1993). *Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality - A Review*. Am. J. Enol. Vitic, 44 (4), pp. 409-430.

Lamb, D.W.; Weedon, M.M.; Bramley, R.G.V. (2004). *Using remote sensing to predict grape phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard: Timing observations against vine phenology and optimising image resolution*. Australian Journal of Grape and Wine Research, 10, pp.46-54.

- Liu, S.; Marden, S.; Whitty, M. (2013). *Towards Automated Yield Estimation in Viticulture*. Proceedings of Australasian Conference on Robotics and Automation. 2-4 Dezembro, 2013. University of New South Wales, Sydney, Australia. Consultado a 24/01/2013 em: <http://www.araa.asn.au/acra/acra2013/papers/pap163s1-file1.pdf>
- Lopes, C.; Pinto, P. A. (2000). *Estimation de la surface foliaire principale et secondaire d'un rameau de vigne*. Progrès Agricole et Viticole, 117 (7).
- Lopes, C.; Pinto, P. A. (2005). *Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models*. Vitis, 44 (2), pp. 1-55.
- Lopes, C. (2009). *Textos de apoio às aulas de Fundamentos de Viticultura – A Poda da Videira*. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Produção Agrícola e Animal.
- Lopes, C. (2010). *Textos de apoio às aulas de Fundamentos de Viticultura – Ecologia da Videira*. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Produção Agrícola e Animal.
- Lopes, C. (2012). *Textos de apoio às aulas de Viticultura Avançada – Previsão e Controlo de Rendimento*. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Produção Agrícola e Animal.
- Magalhães, N. (2003). *Douro – Estudos e Documentos*. Vol. VIII (15), pp.163-174.
- Magalhães, N. (2008). *Tratado de Viticultura - A videira, a vinha e o Terroir* (Vol. 1). Lisboa, Portugal: Chaves Ferreira - Publicações S.A.
- Magalhães, N. (2012). *Manual de boas práticas vitícolas na região demarcada do Douro – versão integral*. Projecto SUVIDUR. Instituto dos Vinhos do Douro e do Porto, I.P.; Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.
- Martín, P.; Zarco-Tejada, P.J.; González, M.R.; Berjón, A. (2007). *Using Hyperspectral remote sensing to map grape quality in 'Tempranillo' vineyards affected by iron deficiency chlorosis*. Vitis, 46 (1), pp. 7-14.

- Martins, J. (2011) *Previsão de Produção na Casta Sauvignon Blanc com base nas componentes de rendimento*. Dissertação de Mestrado em Viticultura e Enologia. Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa. pp. 10-49.
- May, P. (1987) *The grapevine as a perennial, plastic and productive plant*. Proceedings of the 6th Australian Wine Industry Technical Conference, pp. 40-49.
- May, P. (2004). *Flowering and Fruitset in Grapevines*. Phyloxera and grape Industry Board of South Australia. Lythrum Press.
- Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (2001). *Regulamento da Classificação das Parcelas com Cultura de Vinha para a Produção de Vinho Susceptível de Obtenção da Denominação de Origem Porto*. Diário da República – I Série – B. Nº 91.
- Mota, T.; Garrido, J. (2009). *Densidade de Plantação: que importância?* Slides 20-22. Estação Vitivinícola Amândio Galhano, Arcos de Valdevez, Portugal.
- Moutinho-Pereira, J.M. et al. (2001) *Physiological and Agronomic Behaviour of CV. Touriga Nacional in a "Slope Vineyard" at the Demarcated Douro Region*. Ciência Téc. Vitiv. 16 (2), pp. 49-63.
- Murisier, F., Jeangros, B., & Aerny, J. (1986). *Maitrise du rendement et maturité du raisin*. Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture , 18 (3), pp. 149-156.
- Nuske, S.; Achar, S.; Bates, T.; Srinivasa, G.N.; Sanjiv, S. (2011). *Yield Estimation in Vineyards by Visual Grape Detection*. Robotics Institute. Paper 840.
- OIV, (2005). *Recueil des methods internationales d'analyse des vins et des mouts*. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, Paris, pp.16-272.
- Olmstead, M., Williams, K., Keller, M. (2006). *Canopy Management for Pacific Northwest Vineyards*. EB2018E Washington State University Extension bulletins. College of Agricultural, Human and Natural Resources Sciences – Washington State University.

Peynaud, E. (1989). *Enologia Pratica*. Mundi-prensa. Madrid, Espanha.

Prasad, A.K.; Chai, L.; Singh, R.P.; Kafatos, M. (2006). *Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8 (1), pp. 26-33.

Price, S. (1988). *Predicting Yield in Oregon Vineyards*. Oregon Wine Advisory Board Research Progress Report. Grape Research Reports, 1988: Predicting Yield in Oregon Vineyards.

Rawnsley, B.; Collins, C. (2005). *Improving vineyard productivity through assessment of bud fruitfulness and bud necrosis*. Final Report to Grape and Wine Research & Development Corporation. Projecto Nr. SAR 02/05, pp. 9 – 12.

Ricciardi, B. (2008). *The Effect of Canopy Management on Yield and Fruit Composition of Noiret Wine Grapes (*Vitis* sp.)*. Research Honors Thesis. College of Agriculture and Life Sciences, Plant Science Research Honors Program. Cornell University, United States.

Sánchez, L.; Dokoozlian, N. (2005). *Bud Microclimate and Fruitfulness in *Vitis vinifera* L.*. Am. J. Enol. Vitic. 56 (4), pp. 319-329.

Skinkis, P. (2013). *Causes of Poor Fruit Set in Grapes*. Oregon State University. Extension – America's Research-based Learning Network. Consultado a 4/11/2013 em: <http://www.extension.org/pages/33106/causes-of-poor-fruit-set-in-grapes#.UngTfnC-2Sq>

Smart, R.E., Ronbinson, M. (1991). *Sunlight into Wine. A Handbook for Winegrape Canopy Management*. *Winetitles*, p.88. Adelaide, Australia.

Soares, C. (2004). *Caracterização Físico-Química das uvas ao longo do seu desenvolvimento e maturação*. Projecto de Desenvolvimento Educativo para Portugal III – Ministério da Educação. pp. 10-11.

- Tarara, M. J.; Blom, E. P.; Shafii, B.; Price, W. J.; Olmstead, M. A. (2009). *Modeling Seasonal Dynamics of Canopy and Fruit Growth in Grapevine for Application in Trellis Tension Monitoring*. Hortscience, 44 (2), pp. 334-340.
- Tomaz, F. (2013). *Estudo da Evolução dos Compostos da Uva ao Longo da Maturação em Clima Semi-Árido*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Viticultura e Enologia. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Van den Heuvel, J.E.; Leonardos, E.D; Proctor, J.T.A.; Fisher, K.H.; Sullivan, J.A. (2002). *Translocation and partitioning patterns of <sup>14</sup>C photoassimilate from light- and shade-adapted shoots in greenhouse-grown 'Chardonnay' grapevines (*Vitis vinifera* L.)*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127(6), pp.912-918
- Wicks, T. (2007). *Strategic Management of Flowering Sprays*. Final Report to Grape and Wine Research and Development. pp. 18 - 33. SA Research & Development Institute, Australia.
- Wurgler, W.; Leyvraz, H.; Bolay, A. (1955). *Peut-on prévoir le rendement de la vigne avant le débourrement ?* Annuaire agr. D. I. Suisse , pp. 766-783.