



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Luís Manuel Abreu de Sousa

**Influência das operações
pós-fermentativas na cor de
vinhos**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Biológica

Trabalho realizado sob a orientação de

Professor José Maria Marques Oliveira

Professor João Manuel Maciel Linhares

e de

Eng. Fernando Bruno Almeida

Eng. João Cerqueira

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgual
CC BY-NC-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Agradecimentos

A realização desta dissertação contou com apoios de uma importância inegável para o seu desenvolvimento, aos quais deixo um agradecimento especial.

Ao Professor José Maria Oliveira, um sincero obrigado pelo seu acompanhamento ao longo da realização desta dissertação, bem como ao longo de todo o curso, estando sempre disponível para as minhas questões e auxiliando na resolução dos problemas que foram surgindo.

Ao Professor João Linhares por todo o tempo que disponibilizou para esclarecer questões sobre a área da espectrofotometria, área praticamente desconhecida até então e sobre a qual recaíram diversas dúvidas.

Ao Eng.^o Bruno Almeida e ao Eng.^o João Cerqueira pelo apoio dado ao longo do estágio curricular, tendo sempre mostrado a sua total disponibilidade para esclarecer as dúvidas que iam surgindo, auxiliando em todas as questões práticas.

À Adega Cooperativa de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez, CRL., pela oportunidade proporcionada, por ter colocado à disposição todas as ferramentas necessárias à concretização deste trabalho e por me ter permitido alcançar um enorme crescimento profissional e pessoal. Agradeço também a todos os seus colaboradores, sempre disponíveis para auxiliar no trabalho e recolha de amostras e, em especial, a Eng.^a Iveta Rodrigues, por todo o auxílio prestado no laboratório.

À Joana Arantes, colega de curso, que iniciou o estudo da cor na Empresa, e que se mostrou sempre disponível para atender às minhas questões.

Ao Departamento de Engenharia Biológica da Universidade do Minho e a todos os seus docentes e investigadores, bem como a todos os meus colegas.

Aos meus amigos, por me acompanharem ao longo de todas as etapas da minha vida, sempre presentes, e prontos a prestar todo o apoio e incentivo para que eu progreda na tarefa de alcançar os meus objetivos.

Finalmente, e acima de tudo, um especial agradecimento à minha família, sobretudo aos meus pais e à minha irmã, sem os quais nada disto seria possível, estando presentes todos os dias e esforçando-se para que eu consiga alcançar os meus objetivos, apoiando as minhas escolhas.

Um muito obrigado ainda a todas as pessoas que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho. Apesar de não serem aqui mencionadas, os vossos gestos não serão esquecidos.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Influência das operações pós-fermentativas na cor de vinhos

Resumo

A cor do vinho é um fator de extrema importância para a percepção da qualidade, por parte do consumidor. Tendo o peso desta característica em mente, os objetivos da presente dissertação centraram-se no acompanhamento da evolução da cor durante o processo produtivo, bem como o impacto provocado pela adição de alguns produtos enológicos. A evolução da cor não cessa com o engarrafamento, revelando-se importante fazer o acompanhamento durante o armazenamento, realizando-se ainda análises sensoriais, com o objetivo de criar um limite que permita à empresa detetar diferenças notórias na cor do seu produto.

Para alcançar os objetivos propostos, foram acompanhados três vinhos rosés, dois brancos e um tinto. Estes vinhos foram acompanhados durante o processo produtivo, nas etapas de conservação, estabilização, filtração e enchimento, sendo depois armazenados e analisados ao longo de 18 semanas. As amostras foram sujeitas a análises à concentração de O_2 dissolvido, concentração de SO_2 livre e total e ao pH, sendo também caracterizadas colorimetricamente pelo método CIELAB. Foram ainda realizados ensaios visando caracterizar o impacto na cor do vinho rosé, provocado pela adição dos produtos enológicos e efetuadas análises sensoriais, para estabelecer um limite sensorial de cor para o vinho rosé.

Verificou-se que, quanto à avaliação da cor dos vinhos rosés, as maiores diferenças encontradas ao longo do processo produtivo foram geradas pelas etapas de filtração e enchimento, onde se atingiram valores de diferença de cor (ΔE^*) de $1,17 \pm 0,29$ e $1,67 \pm 0,41$, respetivamente. Durante o tempo de armazenamento a diferença de cor atingiu valores de $1,79 \pm 0,22$. Relativamente ao impacto na cor provocado pelos produtos enológicos, constatou-se que, essa diferença pode chegar a valores de 3. Por fim, a criação de um limite sensorial para a cor do vinho rosé, permitiu definir um limite de 2 para ΔE^* , a partir do qual os provadores consideraram as diferenças inaceitáveis.

Os resultados obtidos possibilitaram concluir que as etapas com maior alteração na cor do vinho são a filtração e o enchimento. Durante o armazenamento, a cor continuou a evoluir, não tendo atingido o limite sensorial de aceitabilidade definido. Conclui-se ainda que dos produtos utilizados, os que possuem maior impacto na cor são o dióxido de enxofre e os taninos condensados, provocando diferenças de cor entre 2 e 3.

Palavras-Chave: CIELAB; Cor; Processo Produtivo; Vinho Rosé

Influence of post-fermentative operations on the colour of wine

Abstract

The colour of wine is an extremely important factor for the consumer's perception of quality. With the importance of this characteristic in mind, the objectives of this dissertation focused on monitoring the evolution of colour during the production process, as well as the impact caused by the addition of some oenological products. The evolution of colour does not stop with bottling, so it is important to follow it during storage. Sensorial analyses are also carried out in order to create a threshold that allows the company to detect notorious differences in the colour of its product.

To achieve the proposed objectives, three rosé wines, two white wines and one red wine were monitored. These wines were monitored during the production process, at the conservation, stabilisation, filtration and filling stages, and then stored and analysed over an 18-week period. The samples were analysed for dissolved O₂ concentration, free and total SO₂ concentration and pH, and were also colour metrically characterised using the CIELAB method. Tests were also carried out to characterise the impact on the colour of rosé wine caused by the addition of oenological products and sensory analyses were carried out to establish a sensory colour threshold for rosé wine.

It was found that, regarding the colour of rosé wines, the greatest differences found throughout the production process were generated by the filtration and filling stages, where colour difference values (ΔE^*) of 1.17 ± 0.29 and 1.67 ± 0.41 were reached, respectively. During the storage time the colour difference reached values of 1.79 ± 0.22 . Regarding the impact on colour caused by oenological products, it was found that this difference can reach values of 3. Finally, the creation of a sensory threshold for the colour of rosé wine made it possible to define a limit of 2 for ΔE^* , above which the tasters consider the differences to be unacceptable.

The results obtained made it possible to conclude that the stages with the greatest change in the colour of the wine are filtration and filling. During storage, the colour continued to evolve, but did not reach the defined sensorial limit of acceptability. It is also concluded that, considering the products used, those with the greatest impact on colour are sulphur dioxide and condensed tannins, causing differences of colour between 2 and 3.

Keywords: CIELAB; Colour; Production Process; Rosé Wine

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xii
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Adega Cooperativa de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez, CRL.....	1
1.3. Organização da Dissertação	3
2. Enquadramento teórico	4
2.1. História do vinho	4
2.2. Região dos Vinhos Verdes.....	4
2.3. Vinho Verde.....	6
2.4. Processo produtivo do vinho	10
2.5. A importância da cor para o consumidor português de vinhos.....	14
2.6. A perceção das cores	15
2.6.1. A importância da cor	16
2.6.2. A cor dos vinhos	16
2.6.3. Medição da cor.....	23
2.7. Análise Sensorial	28
3. Materiais e Metodologias	31
3.1. Implementação de um limite sensorial para a cor do vinho rosé.....	32
3.2. Evolução da cor durante o processo produtivo	32
3.3. Evolução da cor durante o armazenamento	34
3.4. Avaliação do impacto da adição de produtos enológicos na cor dos vinhos.....	35
3.5. Análises físico-químicas.....	37
3.5.1. Oxigénio dissolvido	37
3.5.2. Cor.....	37
3.5.3. pH e dióxido de enxofre	38
4. Resultados e Discussão	40
4.1. Implementação de um limite sensorial para a cor do vinho rosé.....	40
4.2. Evolução da cor durante o processo produtivo	42
4.2.1. Concentração de SO ₂	42

4.2.2.	pH.....	43
4.2.3.	Oxigénio dissolvido	44
4.2.4.	Coordenadas colorimétricas.....	47
4.3.	Evolução da cor durante o armazenamento	53
4.3.1.	Concentração de SO ₂	53
4.3.2.	pH.....	56
4.3.3.	Oxigénio dissolvido	57
4.3.4.	Coordenadas colorimétricas.....	58
4.4.	Impacto da adição de produtos enológicos na cor dos vinhos.....	67
5.	Considerações finais	74
5.1.	Conclusões	74
5.2.	Trabalho futuro	74
	Bibliografia.....	76
	ANEXOS.....	81
I –	Ficha de prova.....	82
II –	Procedimento de utilização do espectrofotómetro.....	83
III –	Procedimento de utilização da folha de cálculo – método CIELAB.....	85
IV –	Tabela de valores críticos para o teste triangular	88
V –	Valores de pH para os vinhos armazenados	89
VI –	Evolução das coordenadas colorimétricas dos vinhos armazenados.....	90
VII –	Registo de temperatura do local de armazenamento das amostras	96

Lista de Figuras

Figura 1 – Área geográfica de produção da DO Vinho Verde, com destaque dos concelhos de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez.....	5
Figura 2 – Volume de Vinho Verde (V) exportado entre 2016 e 2020, em função dos países de destino.	8
Figura 3 – Valor das exportações (Va), de Vinho Verde, entre 2016 e 2020, em função dos países de destino.....	9
Figura 4 – Volume de Vinho Verde (V) comercializado, por categoria: branco, tinto e rosé.	9
Figura 5 – Fluxograma do processo produtivo do vinho, desde a conservação até à expedição.....	12
Figura 6 – Filtro tangencial, com membranas de 0,2 μm	13
Figura 7 – Bateria de filtros de membranas, com porosidades de 1,2 μm , 0,65 μm e 0,45 μm , respetivamente.	14
Figura 8 – Enchedora.	14
Figura 9 – Estrutura das principais antocianinas detetadas em uvas e vinhos, com representação da molécula base.....	18
Figura 10 – Equilíbrio entre as principais formas de antocianinas (composto de flaveno com adição de bissulfito, base quinoidal, íão flavílio, pseudobase de carbinol e chalcona) no vinho, com informação da sua contribuição para a cor do vinho.....	19
Figura 11 – Espaço de cores tridimensional CIELAB.	26
Figura 12 – Possibilidades de organização das amostras no teste triangular, em grupos de três, onde a mesma letra representa amostras iguais.....	30
Figura 13 – Esquema que sintetiza o planeamento experimental do trabalho desenvolvido.	31
Figura 14 – Medidor HQ30d e sonda <i>Intellica</i> /LDO 101.....	37
Figura 15 – Equipamento de filtração a vácuo.....	37
Figura 16 – Espectrofotómetro UV-Vis, da marca <i>Thermo Scientific</i> , modelo <i>Genesys 30</i>	38
Figura 17 – Titulador potenciométrico da marca <i>Crison</i> , modelo <i>Titro Matic</i>	38
Figura 18 – Representação da concentração de SO_2 Livre ($C_{\text{SO}_2,\text{L}}$) (a) e de SO_2 Total ($C_{\text{SO}_2,\text{T}}$) (b)), em função da etapa do processo produtivo, para os vinhos rosés, brancos e tinto estudados, e respetivo erro associado ($p=0,05$).....	42
Figura 19 – Evolução dos valores de pH ao longo do processo produtivo, para vinhos rosés, brancos e tintos, e respetivo erro associado ($p=0,05$).	44
Figura 20 – Evolução da concentração de SO_2 Livre ($C_{\text{SO}_2,\text{L}}$) (a) e SO_2 Total ($C_{\text{SO}_2,\text{T}}$) (b), em função do tempo (18 semanas) de armazenamento em garrafa, antes da adição de produtos enológicos, e respetivo erro associado ($p=0,05$).	54
Figura 21 – Evolução da concentração de SO_2 Livre ($C_{\text{SO}_2,\text{L}}$) (a) e SO_2 Total ($C_{\text{SO}_2,\text{T}}$) (b), em função do tempo (18 semanas) de armazenamento em garrafa, provenientes da linha de enchimento, e respetivo erro associado ($p=0,05$).	55

Figura 22 – Evolução da concentração de oxigénio dissolvido (C_{OD}) em função do tempo de armazenamento (18 semanas), para garrafas retiradas antes da adição de produtos enológicos, e respetivo erro associado ($p=0,05$).	57
Figura 23 – Evolução da concentração de oxigénio dissolvido (C_{OD}) em função do tempo de armazenamento (18 semanas), para garrafas provenientes da linha de enchimento, e respetivo erro associado ($p=0,05$).	58
Figura 24 – Representação da absorvância (Abs) em função do comprimento de onda (λ) para uma solução estabilizante à base de polissacárido de levedura e de uvas.	69
Figura 25 – Representação da absorvância (Abs) em função do comprimento de onda (λ) para uma solução de poliaspartato de potássio.	70
Figura 26 – Representação da absorvância (Abs) em função do comprimento de onda (λ) para uma solução de taninos condensados.	70
Figura 27 – Variação do valor de ΔE^* , e respetivo erro associado ($p=0,05$), em função da concentração de SO_2 Livre ($C_{SO_2,L}$).	72
Figura 28 – Variação do valor de a^* , e respetivo erro associado ($p=0,05$), em função da concentração de SO_2 Livre ($C_{SO_2,L}$).	73
Figura A1 – Ficha de prova – teste triangular.	82
Figura A2 – Ecrã inicial do espectrofotómetro.	83
Figura A3 – Ecrã da função "scan" do espectrofotómetro.	83
Figura A4 – Folha Excel com dados lidos no espectrofotómetro.	85
Figura A5 – Passos para a divisão dos valores obtidos do espectrofotómetro em colunas.	86
Figura A6 – Folha Excel com algoritmo para cálculo dos parâmetros CIELAB e indicação dos respetivos elementos.	87
Figura A7 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para três tipos de vinhos rosés, sem produtos enológicos.	90
Figura A8 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para três tipos de vinhos rosés, provenientes da linha de enchimento.	91
Figura A9 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para dois tipos de vinhos brancos, sem produtos enológicos.	92
Figura A10 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para dois tipos de vinhos brancos, provenientes da linha de enchimento.	93
Figura A11 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para um vinho tinto, sem produtos enológicos.	94
Figura A12 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para um vinho tinto, proveniente da linha de enchimento.	95
Figura A13 – Gráfico da evolução da temperatura do armazenamento (T) ao longo do tempo (t).	96

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Concentrações (C) dos diferentes produtos enológicos utilizados, com respetivo erro associado ($p=0,05$)	36
Tabela 2 – Registo de respostas relativas à análise sensorial, para diferentes cores de Vinhos Verdes rosés, conhecidas previamente.....	41
Tabela 3 – Valores de concentração de oxigénio dissolvido (C_{OD}), em diferentes depósitos e respetivo erro associado ($p=0,05$)	45
Tabela 4 – Valores de concentração de oxigénio dissolvido (C_{OD}) de vinhos brancos, rosés e tinto, ao longo do processo produtivo, com respetivo erro associado ($p=0,05$)	46
Tabela 5 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*), e respetivos erros associados ($p=0,05$), dos vinhos rosés em diferentes etapas do processo produtivo	48
Tabela 6 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*), e respetivos erros associados ($p=0,05$), para um vinho rosé no início e no fim do período de conservação	49
Tabela 7 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*), e respetivos erros associados ($p=0,05$), para vinhos brancos em diferentes etapas do processo produtivo.....	51
Tabela 8 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*), e respetivos erros associados ($p=0,05$), para um vinho tinto em diferentes etapas do processo produtivo.....	53
Tabela 9 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho rosé, retiradas antes da adição de produtos enológicos.....	59
Tabela 10 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho rosé, retiradas da linha de enchimento	60
Tabela 11 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho branco, retiradas antes da adição dos produtos enológicos	62
Tabela 12 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho branco, retiradas da linha de enchimento	64
Tabela 13 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho tinto, retiradas antes da adição dos produtos enológicos	65
Tabela 14 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho tinto, provenientes da linha de enchimento	66
Tabela 15 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*) do vinho rosé, e respetivos erros associados ($p=0,05$), antes (vinho base) e após a aplicação de produtos enológicos em diferentes concentrações (C)	68
Tabela A1 – Tabela de valores críticos para o teste triangular, de acordo com o nível de significância (p)	88
Tabela A2 – Valores de pH, e respetivo erro associado ($p=0,05$), ao longo do tempo de armazenamento, para amostras retiradas antes da adição dos produtos enológicos.....	89
Tabela A3 – Valores de pH, e respetivo erro associado ($p=0,05$), ao longo do tempo de armazenamento, de garrafas provenientes da linha de enchimento.....	89

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

Siglas

ACPBAV – Adega Cooperativa de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez, CRL

CIE – *Commission Internationale de l'Éclairage*

CMFs – *Color Matching Functions*

CVRVV – Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes

DO – Denominação de Origem

ISO – *International Organisation for Standardization*

IVV – Instituto da Vinha e do Vinho

LED – *Light Emitting Diode*

OIV – *Organisation Internationale de la Vigne et du Vin*

Variáveis

Abs – Absorvância

a^* – Coordenada de cor CIELAB referente à gama verde ($-a^*$) a vermelho ($+a^*$)

b^* – Coordenada de cor CIELAB referente à gama azul ($-b^*$) a amarelo ($+b^*$)

C – Concentração

C^* – Saturação de cor obtida pelo método CIELAB

C_{OD} – Concentração de oxigénio dissolvido

$C_{SO_2, L}$ – Concentração de dióxido de enxofre livre

$C_{SO_2, T}$ – Concentração de dióxido de enxofre total

H^* – Tonalidade de cor obtida pelo método CIELAB

L^* – Coordenada de cor CIELAB referente à luminosidade ($0 \leq L^* \leq 100$)

S – Iluminante

λ – Comprimento de onda

ΔE^* – Diferença de cor

ϕ_λ – Transmitância em função do comprimento de onda

Expressões do latim

et al. – *et alii* (e outros)

1. Introdução

1.1. Objetivos

A Adega Cooperativa de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez, CRL. (ACPBAV) é uma empresa do setor alimentar, dedicada à produção de vinhos, aguardentes e espumantes.

A qualidade dos produtos é um fator determinante para a empresa. Assim, assume extrema importância proceder a uma análise apurada de todos os processos que garantem a homogeneidade do produto ao longo da cadeia de valor e conhecer os parâmetros operacionais que mais influenciam as características sensoriais do produto.

Este trabalho, no âmbito da Dissertação em Engenharia Biológica, foi integrado e desenvolvido nos departamentos de produção e qualidade da ACPBAV, com vista à obtenção de um maior conhecimento técnico e científico acerca do processo produtivo e dos critérios de qualidade, tendo-se debruçado sobre a análise de parâmetros operacionais com influência na cor do produto final.

Ao longo deste estudo foi dada especial atenção à evolução da cor do vinho rosé com vista à identificação das etapas que maiores alterações provocam ao longo do processo de preparação, bem como a avaliação do impacto de alguns produtos enológicos. Além disso, pretendeu-se caracterizar a evolução da cor do vinho ao longo do tempo de armazenamento, definindo-se um limite sensorial, que permita identificar diferenças notórias da cor do vinho rosé. Para complementar o estudo, foram também avaliados, da mesma forma, dois vinhos brancos e um vinho tinto.

1.2. Adega Cooperativa de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez, CRL

A ACPBAV fundada em 1963, cuida de um património vitícola e cultural ímpar e está localizada na Região Demarcada dos Vinhos Verdes, atuando, especificamente, num território único atravessado pelos rios Lima, Vade e Vez.

Atualmente possui cerca de 1 100 associados, representando uma área de 900 ha de vinha localizada nos concelhos de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez (ACPBAV, 2021). Nestes concelhos, é privilegiada a casta Loureiro, que dá origem aos vinhos brancos mais conhecidos da

Região, bem como as castas Arinto e Trajadura. No que respeita aos vinhos tintos, esta Região é rica nas castas Vinhão e Borraçal, variedades que originam produtos de grande potencial, devido às condições climatéricas locais que potencializam a sua maturação (CVRV, 2021).

A ACPBAV tem como princípio “A Origem Conta”, e tem como principal missão a produção de vinhos genuínos e que impressionem pelo prazer que deles se retira. Devido à dedicação dos viticultores, os vinhos da adega são refrescantes, saborosos e têm uma ampla versatilidade gastronómica (ACPBAV, 2021).

Possuindo uma visibilidade crescente a nível nacional e internacional, a marca Adega Ponte da Barca e Arcos de Valdevez tem conseguido afirmar-se em dezenas de países, merecendo vários elogios, quer da crítica especializada, quer dos consumidores. Com todo o esforço que tem sido aplicado aos seus produtos, a marca tem obtido inúmeros prémios desde o Japão à Rússia, passando pela Alemanha, Brasil, EUA, entre outros (ACPBAV, 2021).

Com o objetivo de garantir a sua posição como uma das principais adegas da Região dos Vinhos Verdes, a ACPBAV cofundou, em 2008, a Viniverde – Promoção e Comércio de Vinhos Verdes S.A. Esta parceria incorpora a vontade dos associados em sedimentar a posição das suas marcas no mercado interno, bem como aumentar os negócios de exportação para mercados de grande potencial a nível mundial, que procuram os Vinhos Verdes pelas suas características únicas (ACPBAV, 2021).

A ACPBAV apresenta uma gama ampla de vinhos, desde vinhos brancos, tintos, rosés com estágio em madeira, vários espumantes e aguardentes. A marca é conhecida principalmente pelos seus vinhos monovariais, nomeadamente das castas Vinhão e Loureiro, que são a base de toda a gama de vinhos da marca.

O Vinho Verde deve esta exclusividade às excecionais condições climatéricas e demográficas da Região, bem como às peculiaridades das castas e à história e cultura das gentes que o produzem. Desde o tradicional Vinho Verde, elaborado a partir da junção de várias castas selecionadas, aos Vinhos Verdes monovariais, elaborados a partir de uma única casta, a oferta é vasta (ACPBAV, 2021).

1.3. Organização da Dissertação

Esta dissertação é constituída por 5 capítulos, ao longo dos quais é apresentado o trabalho desenvolvido.

No primeiro capítulo – *Introdução* – são descritos os objetivos que motivaram a realização deste projeto, procede-se à apresentação da empresa onde este estudo foi realizado e enuncia-se a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo – *Enquadramento Teórico* – é feito o enquadramento ao tema desta dissertação, com suporte bibliográfico, que engloba uma abordagem geral sobre a história do vinho, com especial enfoque sobre a Região dos Vinhos Verdes e o Vinho Verde. Neste capítulo faz-se também uma breve descrição do processo produtivo da empresa. Relativamente ao tema principal deste trabalho (*Influência das etapas pós-fermentativas na cor de vinhos*), é abordada a importância que a cor dos vinhos assume para os consumidores, quais os compostos responsáveis pela mesma e qual a influência dos fatores analisados. São, ainda, descritos os métodos utilizados no estudo, nomeadamente nas análises colorimétricas e sensoriais.

O terceiro – *Materiais e Metodologias* – apresenta os materiais e metodologias utilizados para alcançar os objetivos deste estudo.

No quarto capítulo – *Resultados e Discussão* – são apresentados os resultados obtidos e a sua análise. Este capítulo está subdividido em quatro subcapítulos, para uma melhor compreensão do trabalho realizado. O primeiro subcapítulo apresenta os resultados obtidos com a realização da análise sensorial, que visou definir um limite sensorial para a aceitabilidade das diferenças de cor existentes entre os vinhos rosé da Empresa. O segundo refere-se aos resultados obtidos relativamente à evolução da cor do vinho durante o processo produtivo, debruçando-se sobre os possíveis motivos para a ocorrência das alterações verificadas. O terceiro, referente à evolução da cor do vinho durante o armazenamento, apresenta os resultados obtidos da análise à cor e aos restantes parâmetros, durante este período. No quarto subcapítulo, é abordado o impacto dos produtos enológicos utilizados sobre a cor do vinho rosé.

Por fim, no quinto e último capítulo – *Considerações Finais* –, são expostas as conclusões alcançadas após o desenvolvimento deste estudo e as perspetivas de trabalho existentes para futuros estudos neste domínio.

2. Enquadramento teórico

2.1. História do vinho

Historicamente, o vinho tem apresentado um papel de grande relevo em praticamente todas as civilizações, estimando-se que a descoberta dos primeiros vestígios de vinho tenha acontecido há milhares de anos. Os registos arqueológicos mais antigos referentes à existência do vinho têm mais de 7 500 anos; contudo, a primeira evidência clara da sua produção intencional foi descoberta em reproduções de lagares de vinho no Egito, há cerca de 5 000 anos, tendo sido também encontrados resíduos de vinho em ânforas no interior de túmulos egípcios. Apesar destas descobertas, acredita-se que a vinificação tenha tido origem no sul do Cáucaso, na mesma região onde se pensa que tenha ocorrido a adaptação da videira para a produção de vinho (Jackson, 2020).

Terá sido a partir daquela região do globo que o cultivo da uva e a produção de vinho se espalhou para o sul, para as regiões da Palestina, Síria, Egito e Mesopotâmia, locais onde o seu consumo, e a sua importância social e religiosa, levaram a que a vinificação se espalhasse por todo o Mediterrâneo.

Com a exploração e a colonização levada a cabo pelos povos europeus, o cultivo da videira e a produção de vinho disseminaram-se depois pela maioria das regiões temperadas do globo (Jackson, 2020).

Na Península Ibérica, nomeadamente em Portugal, aponta-se que a vinha tenha sido cultivada pela primeira vez há cerca de 2 000 anos, tendo-se disseminando através dos diversos povos que habitaram esta região (IVV, 2021).

Atualmente, em Portugal, são reconhecidas 31 Denominações de Origem e 14 Indicações Geográficas, cabendo a sua gestão, aplicação, vigilância e cumprimento da regulamentação às Comissões Vitivinícolas Regionais e Institutos (IVV, 2021).

2.2. Região dos Vinhos Verdes

A Região Demarcada dos Vinhos Verdes é uma das mais antigas de Portugal, demarcada na Carta de Lei de 18 de setembro de 1908 por D. Manuel II. No art.º 10.º da Carta, é delimitada a área da região, sendo nela incluídos os distritos de Viana do Castelo, Braga e alguns concelhos

dos distritos do Porto, Viseu e Vila Real. Nesta carta, também são definidas cinco sub-regiões: a de Monção, a do Lima, a de Amarante, a de Basto e a de Braga (Fomento Vinícola, 1908).

Desde 2001, existem nove sub-regiões: a de Amarante, a do Ave, a de Baião, a de Basto, a do Cávado, a do Lima, a de Monção e Melgaço, a do Paiva e a do Sousa (Portaria n.º 28/2001), competindo, desde 1992, à Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, a garantia da genuinidade e da qualidade dos vinhos e aguardentes produzidos nesta região e que tenham direito à Denominação de Origem Vinho Verde (CVRVV, 2007; Decreto-Lei n.º 10/92).

A área atual de produção desta região estende-se por todo o noroeste de Portugal, a uma altitude inferior aos 700 m. Os seus limites geográficos estão naturalmente definidos: a Norte pelo rio Minho; a Sul pelo rio Douro e as serras de Freitas, Arada e Montemuro; a Este pelas serras da Peneda, Gerês, Cabreira e Marão, e; a Oeste pelo Oceano Atlântico (CVRVV, 2021; Portaria n.º 668/2010). Na Figura 1, pode observar-se o mapa de toda a área de produção da região, com destaque para os Concelhos de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez, onde se integra a empresa em que o este estudo foi desenvolvido.



Figura 1 – Área geográfica de produção da DO Vinho Verde, com destaque dos concelhos de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez (adaptado de Portaria n.º 125/2015).

O clima desta região é fortemente condicionado pelas suas características geográficas e pela sua vasta rede fluvial. O seu aspeto mais marcante é o regime anual de chuvas, bastante elevado e com uma distribuição irregular ao longo do ano, com maior incidência no inverno e na primavera. A temperatura não é excessiva, traduzindo-se num clima ameno. Quanto ao relevo, esta região é recortada por vales associados à rede fluvial, acentuando-se do litoral para o interior. Os solos são na sua maioria de origem granítica, caracterizando-se por uma baixa profundidade e heterogeneidade, o que obriga a que se proceda à seleção daqueles que possuem maior aptidão para plantação da vinha (IVV, 2021).

A sub-região do Lima, onde se encontra localizada a ACPBAV, está numa posição intermédia relativamente às restantes sub-regiões no que toca às amplitudes térmicas. Contudo, é nesta sub-região que a precipitação atinge valores mais elevados. A altitude a que a vinha se encontra é variável, originando microclimas no interior do vale do Lima. Nesta sub-região, a casta branca Loureiro e a casta tinta Vinhão atingem a sua plenitude, permitindo que os Vinhos Verdes assumam características únicas, destacando-se dos demais (ACPBAV, 2021).

2.3. Vinho Verde

Os vinhos verdes têm características muito variadas, desde vinhos leves e frescos a vinhos minerais, complexos e estruturados, sendo esta variabilidade potenciada pelas castas e pelas diferenças climatéricas que vigoram ao longo de toda a Região dos Vinhos Verdes e que originam características únicas (CVRVV, 2021).

Aos vinhos e produtos vitivinícolas produzidos na Região Demarcada dos Vinhos Verdes é reconhecida a denominação de origem (DO) e atribuída a designação Vinho Verde, desde que os mesmos se integrem numa das seguintes categorias: (i) vinho branco, tinto e rosé – estes designados de “Vinho Verde”; (ii) vinho espumante de qualidade branco, tinto ou rosé – designado de “espumante de qualidade de vinho verde”; (iii) vinho espumante branco, tinto ou rosé – designado de “espumante de vinho verde”; (iv) aguardente vínica e bagaceira – designadas, respetivamente, “aguardente vínica de vinho verde” e “aguardente bagaceira de vinho verde”, e; (v) vinagre de vinho branco, tinto e rosé – designado de “vinagre de vinho verde” (Portaria n.º 152/2015).

Além das categorias mencionadas, os Vinhos Verdes devem ainda cumprir os pressupostos

referidos nas Portarias n.º 668/2010, n.º 216/2014, n.º 152/2015 e n.º 33/2016, quanto aos solos, castas, práticas culturais, técnicas de vinificação e práticas enológicas, para que lhes sejam atribuídas as designações anteriormente citadas.

O Vinho Verde deve possuir um título alcoométrico volúmico total, igual ou superior a 8,5 % e máximo igual ou inferior a 14 %, para vinhos brancos, tintos e rosés. O título alcoométrico volúmico adquirido mínimo deve ser de 8,5 % e o máximo de 11,5 %, podendo exceder estes limites os vinhos que possuam a indicação de uma casta, de uma sub-região ou que detenham designação relativas à sua qualidade como: “Escolha”; “Grande escolha”; “Superior”; “Colheita selecionada”; “Reserva”; “Garrafeira”; “Reserva Especial” ou “Grande Reserva”. Para vinhos com a indicação da sub-região, o título alcoométrico volúmico adquirido mínimo deve ser de 9 %, e, nos vinhos com direito à utilização da casta Alvarinho, esse valor deve ser 11,5 % (Portaria n.º 152/2015; Portaria n.º 333/2016).

O vinho com direito a DO Vinho Verde deve apresentar valores de acidez fixa igual ou superior a 4,5 g/L, expressa em ácido tartárico. Quanto à sobrepressão em dióxido de carbono, podem ter um máximo de 100 kPa (1 bar), a 20 °C, ou uma concentração de dióxido de carbono inferior ou igual a 3 g/L (Portaria n.º 152/2015), sendo que em vinhos de determinadas castas este gás pode ser inexistente.

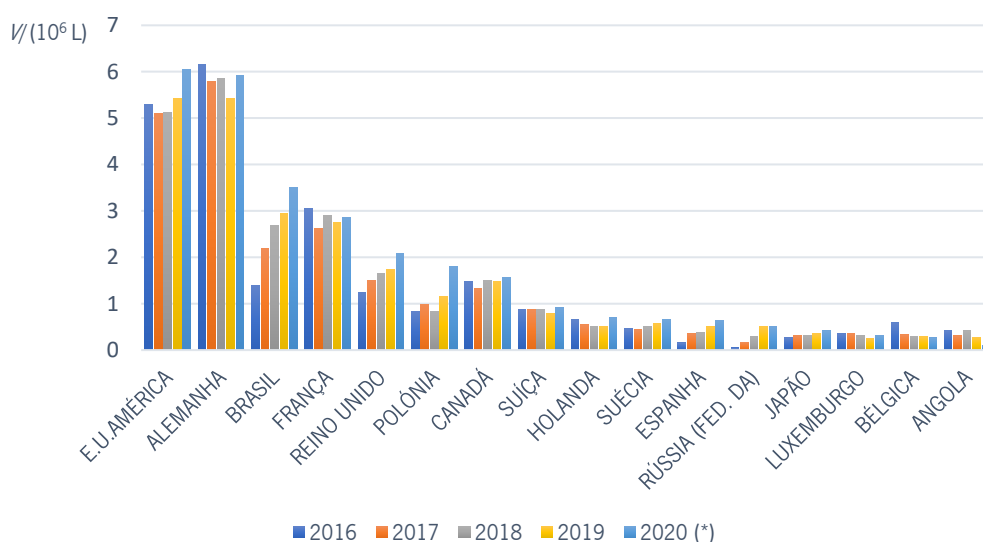
Em relação às suas características organoléticas, estes vinhos devem satisfazer os requisitos impostos pela CVRVV (Portaria n.º 152/2015), possuindo um aspeto límpido ou ligeiramente opalino, sendo que apenas é permitido que se apresentem opalinos quando se encontram engarrafados e certificados; nesse caso a rotulagem tem que salvaguardar a suscetibilidade de originar depósito (CVRVV, 2018).

Quanto às suas características cromáticas: os vinhos verdes brancos devem possuir uma cor entre o verde deslavado e o ligeiramente dourado; os vinhos verdes brancos com a menção de “Vindima Tardia” deverão possuir uma cor entre o ligeiramente dourado e o acastanhado; os vinhos verdes rosés devem apresentar uma cor que esteja entre o rosado claro e o rubi claro; o vinho tinto deve ter uma cor entre o rubi e o vermelho e, por fim; o vinho tinto “Palhete” uma cor entre o rubi claro e o rubi (CVRVV, 2018).

No que toca ao aroma e sabor, os vinhos verdes devem seguir parâmetros que contemplem ausência de defeito marcado, possuindo qualidade e tipicidade (CVRVV, 2018).

No caso da sub-região do Lima, os vinhos verdes brancos são maioritariamente originários da casta Loureiro, apresentando aromas finos e elegantes, desde o citrino até ao floral. Já os vinhos verdes tintos são obtidos principalmente a partir das castas Vinhão e Borraçal (IVV, 2021).

Ao longo dos anos, o Vinho Verde tem-se afirmado de forma crescente em vários países e alcançando novos recordes de exportações todos os anos. Sendo reconhecido pela qualidade da sua DO e pela sua diversidade, o seu potencial de crescimento está longe de se esgotar (CVRVW, 2021). Na Figura 2, é possível observar esse aumento entre os anos de 2016 e 2020, destacando-se os principais destinos das exportações. Os EUA e Alemanha assumem-se como os principais importadores, seguindo-se o Brasil, a França, o Reino Unido, a Polónia, o Canadá, a Suíça e a Holanda, entre outros.

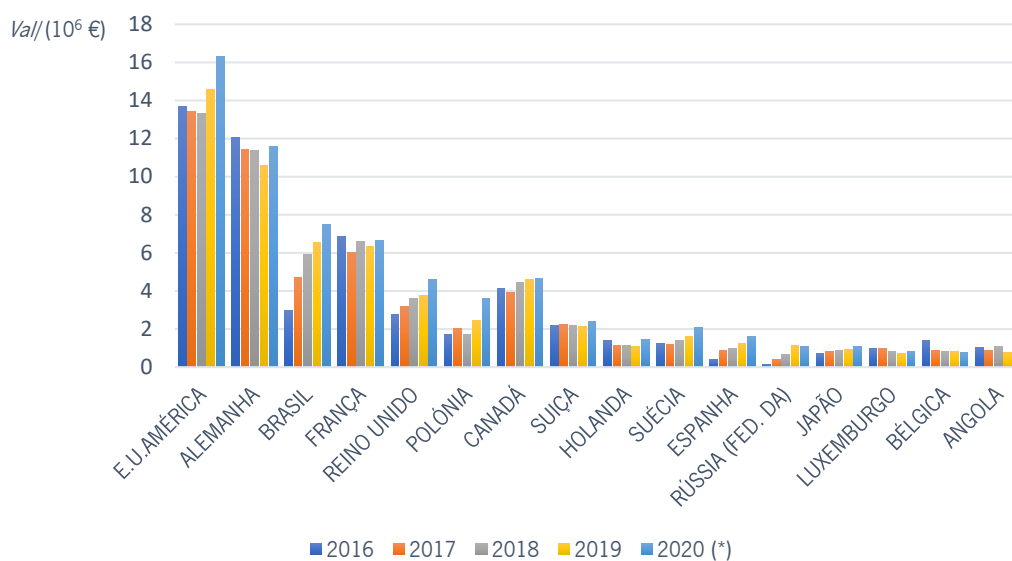


(*) (dados provisórios)

Figura 2 – Volume de Vinho Verde (V) exportado entre 2016 e 2020, em função dos países de destino (adaptado de CVRVW, 2021).

Em termos económicos as exportações assumem um papel relevante. Este setor do mercado atingiu cerca de 66,5 M€ em 2020, destacando-se novamente os EUA com uma fatia de 16,3 M€, como se pode observar na Figura 3.

Em Portugal, principal destino da produção, o Vinho Verde é apreciado ao longo de todo o ano, atingindo o seu máximo de consumo nos meses de verão, devido à frescura que lhe é inerente (CVRVW, 2021).



(*) (dados provisórios)

Figura 3 – Valor das exportações (*Val*), de Vinho Verde, entre 2016 e 2020, em função dos países de destino (adaptado de CVRVV, 2021).

Verifica-se que a comercialização global de Vinho Verde tem registado um largo crescimento nos últimos anos, tendo atingido em 2020 os 69,4 ML, destacando-se, em primeiro lugar, o vinho branco, com 53,3 ML, seguindo-se o vinho rosé com 7,1 ML. O vinho rosé, como se pode observar pela Figura 4, tem vindo a registar um grande crescimento, tendo ultrapassando o vinho tinto em quantidade comercializada (CVRVV, 2021). Torna-se, assim, necessário que as empresas tenham um maior controlo de qualidade sobre o produto, nomeadamente sobre a cor, de modo a satisfazer igualmente, todos os seus mercados.

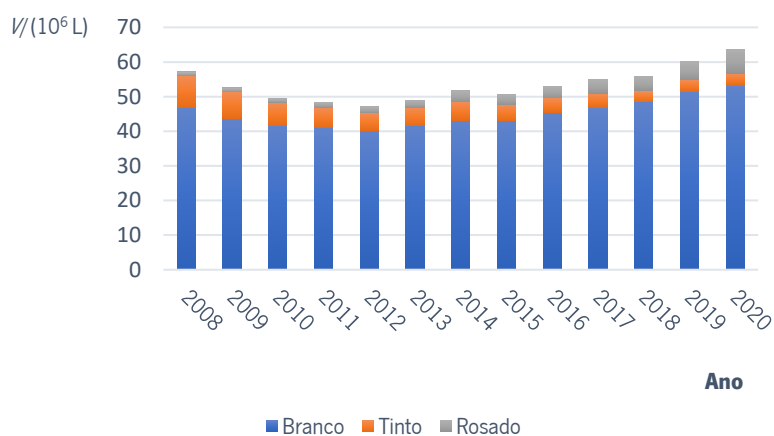


Figura 4 – Volume de Vinho Verde (*V*) comercializado, por categoria: branco, tinto e rosé (adaptado de CVRVV, 2021).

2.4. Processo produtivo do vinho

O processo de produção de vinho tem início na vindima, onde é feita a colheita das uvas que serão transportadas para a adega. Depois de entregues nas instalações, são descarregadas e delas removidos todos os materiais estranhos – folhas, gravetos, entre outros – (Jackson, 2020). Após a triagem inicial, o processo divide-se consoante o tipo de vinificação.

Para a produção de vinho tinto, a extração dos compostos da uva acompanha a fermentação alcoólica. Durante esta fermentação é realizada a maceração, cuja duração e intensidade podem ser ajustadas de acordo com o tipo de vinho que se pretende obter e a casta que se utiliza (Boulton *et al.*, 1995; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

Os vinhos brancos são produzidos, geralmente, com o sumo da uva. Neste tipo de vinificação, a extração do sumo envolve diversos graus de clarificação, até à fermentação que ocorre na ausência de contacto com as películas (Boulton *et al.*, 1995; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

Quanto à produção de vinho rosé, existem várias técnicas de vinificação. Este vinho é produzido utilizando uvas tintas pouco coradas ou com sumo incolor, de algumas castas específicas como Carignan, Grenache, entre outras. Estas uvas podem ser sujeitas a técnicas de vinificação idênticas às do vinho branco, a técnicas semelhantes à vinificação em tinto (utilizando uvas pouco coradas) ou, ainda, a técnicas de vinificação intermédia (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

A forma mais usual de produção de vinho rosé consiste no esmagamento de uvas tintas com períodos muito curtos de maceração. Este método comporta uma prensagem direta das uvas, até atingir um certo grau de maceração, para obter a cor desejada, e é realizado diretamente na prensa ao mesmo tempo que as uvas esmagadas vão sendo escoadas. Esta técnica não requer uma extração tão rápida como aquela que ocorre na vinificação de vinho branco (IVV, 2015; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

Outro método para a elaboração de vinho rosé compreende o contacto das películas com o sumo por um curto período de tempo, extraindo antocianinas e taninos. No entanto, a extração excessiva pode resultar no excesso de cor. Neste método, o sumo pode ser mantido em contacto com as películas numa prensa, por curtos períodos de tempo, ou ocorrer numa cuba, por períodos mais longos. Em seguida o sumo é trasfegado e, depois fermentado como vinho rosé (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

Segue-se a fermentação alcoólica, que pode ter início de forma espontânea, devido às leveduras existentes naturalmente nas uvas. Contudo, na prática, o sumo extraído das uvas é inoculado com leveduras de características conhecidas que não produzem apenas etanol e CO₂, mas também originam outros produtos que complementam o vinho em sabor e aroma, permitindo um maior controlo desta etapa, atribuindo aos vinhos as características desejadas (Boulton *et al.*, 1995; Jackson, 2020).

Após a fermentação alcoólica estar completa, o vinho pode sofrer uma segunda fermentação: a malolática. Os principais efeitos desta fermentação são a desacidificação e o aumento da complexidade de sabor e aroma (Boulton *et al.*, 1995). Esta fermentação é usualmente utilizada em regiões de climas frios, uma vez que a redução da acidez melhora as propriedades gustativas do vinho (Jackson, 2020). Tem início com a introdução, accidental ou propositada, de bactérias lácticas viáveis, no vinho, e termina quando o crescimento bacteriano para, ou o ácido málico desaparece (Boulton *et al.*, 1995).

Passadas algumas semanas, ou até meses, o vinho é trasfegado, separando-se dos sólidos que se depositaram durante esse período (Jackson, 2020). Após a trasfega, o vinho loteado é conservado até se proceder à colagem. A colagem é usada para suavizar o gosto do vinho e remover o excesso de taninos (Jackson, 2020).

Feita a colagem, o vinho é conservado até ao momento do engarrafamento, iniciando-se aqui a fase do processo produtivo sobre a qual incidiu o estudo aqui apresentado e que pode ser observada no fluxograma da Figura 5.

Chegando o momento do engarrafamento, o vinho que se encontra em conservação é trasfegado para cubas de estabilização, onde é realizada a sua estabilização tartárica. Esta técnica permite que, baixando a temperatura do vinho, próxima do seu ponto de congelação (que varia, na maior parte dos casos, entre -4 °C e -5 °C, dependendo do teor alcoólico), se reduza a solubilidade dos sais de tartarato muito abaixo das suas constantes de solubilidade, forçando a sua precipitação (Gómez, 2012). Deste modo, são eliminados compostos insolúveis à temperatura praticada (como tartaratos, ou matéria corante coloidal), estabilizando o vinho e prevenindo a precipitação destes compostos após o engarrafamento (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

A estabilização é fundamental, uma vez que sedimentos de bitartarato de potássio, e em menor percentagem, tartarato de cálcio, são algumas das causas mais comuns de instabilidade

em vinhos engarrafados (Gómez, 2012). Além de evitar a precipitação de tartaratos, após o engarrafamento, esta etapa possibilita uma otimização da gaseificação do vinho, devido ao aumento da solubilidade do dióxido de carbono (Gawel *et al.*, 2020; Vineyard, 2021).

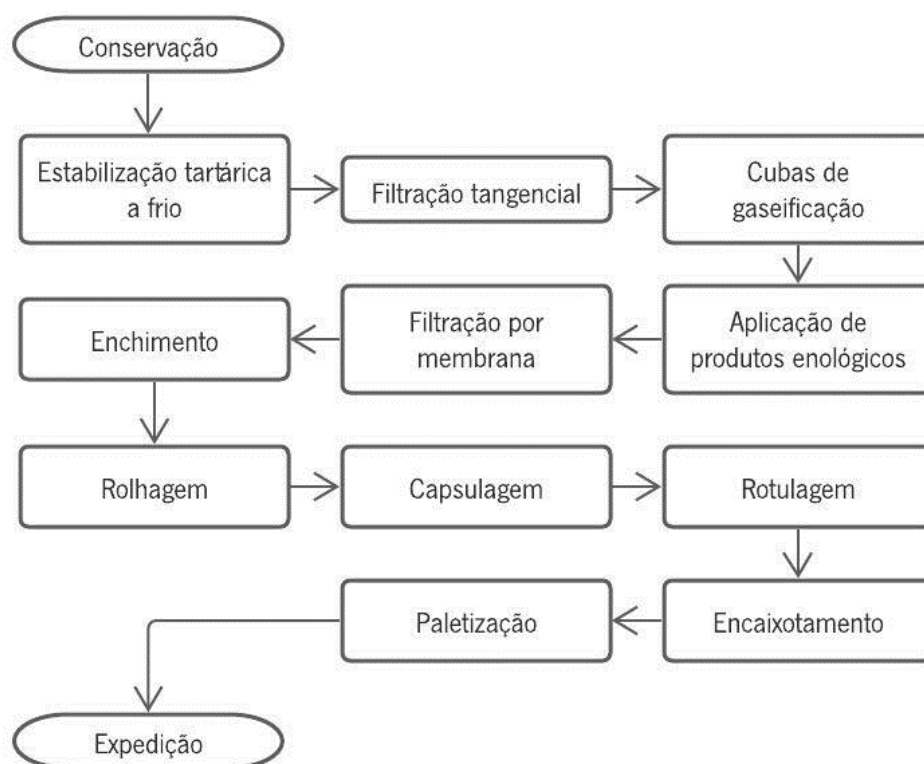


Figura 5 – Fluxograma do processo produtivo do vinho, desde a conservação até à expedição.

Após a estabilização, o vinho passa para a etapa de filtração. Uma vez que, após a vinificação, os vinhos se apresentam turvos e carregados com partículas sólidas, esta etapa do processo produtivo tem em vista clarificar os vinhos e alcançar o nível de limpidez necessário para a sua comercialização (Moutounet, 2002).

Com a filtração, realizada por um equipamento semelhante ao da Figura 6, utilizando membranas de 0,2 μm de porosidade, é possível clarificar vinhos com uma carga elevada de sólidos ou com uma elevada carga coloidal (Fugelsang, 2010). Com esta filtração é possível garantir a ausência de depósito ou de turvação, e alcançar os níveis pretendidos de limpidez e brilho, que são os principais atributos avaliados pelos consumidores aquando da compra (Moutounet, 2002).

Concluída a filtração, o vinho é tratado com produtos enológicos (gomas, ácidos, soluções estabilizantes, entre outros) e armazenado em cubas de gaseificação, onde se procede à introdução de dióxido de carbono, no caso dos Vinhos Verdes. Esta gaseificação é importante, no caso dos Vinhos Verdes, pois aumenta as sensações de frescura e acidez. Contudo, o conteúdo em CO₂ presente no vinho tende a diminuir com o tempo, o que faz com que o seu teor, aquando do engarrafamento, seja praticamente inexistente (Gawel *et al.*, 2020; Vineyard, 2021).



Figura 6 – Filtro tangencial, com membranas de 0,2 µm.

Esta gaseificação pode variar consoante o tipo de vinho, sendo que: (i) para vinhos tranquilos, a sobrepressão a 20 °C deve ser inferior 100 kPa; (ii) para vinhos espumantes naturais, espumantes de qualidade aromático e espumantes gaseificados, superior ou igual a 300 kPa; (iv) para vinhos espumantes de qualidade, superior ou igual a 350 kPa e (v) para vinho frizante e frizante gaseificado, entre 100 kPa e 250 kPa (Regulamento (CE) n.º 491/2009; Regulamento (CE) n.º 934/2019).

Antes de entrar na enchedora, é novamente filtrado, desta vez numa bateria de filtros como os da Figura 7, equipada com conjuntos de filtros de membranas, de três porosidades distintas, dispostos por ordem decrescente: 1,2 µm, 0,65 µm e 0,45 µm.

Esta filtração por membrana tem o objetivo de eliminar possíveis microrganismos existentes no vinho, garantindo a estabilidade microbiológica do produto engarrafado (Moutounet, 2002), permitindo, ainda, reter as partículas na sua superfície por oclusão de tamanho (Fugelsang, 2010).



Figura 7 – Bateria de filtros de membranas, com porosidades de 1,2 μm , 0,65 μm e 0,45 μm , respetivamente.

Após a segunda filtração, o vinho segue para a enchedora da Figura 8. Nesta fase, o vinho inicial é retirado da máquina, seguindo-se o processo de enchimento, com pré-evacuação das garrafas e, posteriormente, o enchimento isobárico.

Após o enchimento, o vinho prossegue para as etapas finais do processo, destinadas a fazê-lo chegar ao cliente: capsulagem, rotulagem, encaixotamento, paletização e, finalmente, expedição.



Figura 8 – Enchedora.

2.5. A importância da cor para o consumidor português de vinhos

Um estudo realizado aos consumidores portugueses de vinho, em 2003, promovido pela Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes, pelo Instituto dos Vinhos do Douro e Porto,

pela Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica e pela Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa, financiado pelo Programa Operacional da Região do Norte – ON, revelou que aquilo que preside à escolha do produto no ato da compra, dentro de cada categoria de vinho, é a cor (Figueiredo & Ramos, 2004).

Quando inquiridos os participantes, de ambos os sexos, quanto à sua preferência pela cor dos vinhos, estes relevaram preferência pelo vinho tinto, apesar dessa escolha se revelar mais acentuada nos indivíduos do sexo masculino. Em 43 % dos casos foi dado maior valor a um só tipo de vinho, pelo que a cor é, para os inquiridos, um fator determinante na escolha. Para os participantes com uma preferência mais variada em relação à cor dos vinhos, a escolha é feita em função da comida, da ocasião, da altura do ano e em função do clima (Figueiredo & Ramos, 2004).

Verificou-se ainda que, em termos médios, os inquiridos do sexo masculino apresentavam uma preferência por vinho tinto mais marcada que os inquiridos do sexo feminino. Em contrapartida, em termos médios, são os indivíduos do sexo feminino quem mais prefere vinhos brancos e vinhos rosé (Figueiredo & Ramos, 2004).

2.6. A percepção das cores

Considerando as propriedades físicas da cor, estas estão associadas especificamente à radiação eletromagnética de uma certa faixa de comprimentos de onda, visível ao olho humano. A radiação de tais comprimentos de onda corresponde à parte do espectro eletromagnético que é conhecida como espectro visível (Nassau, 2020).

O olho humano foca a luz que recebe, fazendo-a convergir na retina. Na retina existem células sensíveis à luz – os bastonetes e os cones – que transformam os fótons por elas absorvidos em impulsos nervosos. Estes impulsos são comunicados ao cérebro através do nervo ótico. O cérebro recebe estes impulsos e processa-os, interpretando-os (Hunt & Pointer, 2011).

A visão está intimamente relacionada com a percepção das cores. Uma pessoa pode ver com pouca intensidade luminosa e, no entanto, não ser capaz de distinguir cores. Somente quando esta intensidade aumenta, atingindo níveis suficientes para a sua percepção, é que elas são percebidas. Assim, a maneira como o olho humano capta os estímulos visuais influencia na percepção da cor pois, mesmo sob condições idênticas, o mesmo objeto pode parecer ter cores diferentes para diferentes observadores (Nassau, 2020).

2.6.1. A importância da cor

No ambiente que nos rodeia, a cor assume-se como um aspeto importante na transmissão de informação. Desde o início da humanidade que um julgamento correto da cor dos alimentos podia fazer a diferença entre a vida e a morte. Por esse motivo, a cor era essencial para identificar alimentos comestíveis e maduros e diferenciá-los de alimentos potencialmente venenosos ou estragados. Assim, não é de admirar que a importância da cor tenha prevalecido até à atualidade, sendo um dos fatores mais importantes no julgamento do ser humano sobre a qualidade dos alimentos (Carle & Schweiggert, 2016).

Por este motivo, os fornecedores de alimentos devem utilizar a cor como uma forma de tornar os seus produtos mais atrativos. Atualmente, a cor dos alimentos é um atributo cada vez mais importante no setor, especialmente porque a proporção de alimentos processados tem vindo a aumentar exponencialmente, algo que se deve à mudança do estilo de vida das populações. Isto torna a conveniência dos produtos um fator de extrema importância, levando a indústria a reinventar-se perante o desafio de fornecer alimentos que sejam visualmente atrativos e agradáveis (Carle & Schweiggert, 2016).

A cor, sendo a primeira característica do produto que o consumidor aprecia, desempenha um papel extremamente importante no incentivo à compra, uma vez que, cria uma expectativa no cliente em relação ao sabor do alimento. Além disso, a cor do produto deve permanecer estável ao longo da sua vida útil. Por outro lado, a deterioração das cores pode fazer com que os clientes não voltem a comprar aquele produto (Carle & Schweiggert, 2016).

2.6.2. A cor dos vinhos

A cor nos vinhos é um aspeto muito importante, correspondendo ao seu primeiro atributo observável. As características da cor, como a tonalidade e a intensidade, podem dar informações sobre os possíveis defeitos e qualidades dos vinhos e também dos processos aos quais o produto foi submetido (Cabrita, 2003; Fairchild, 2018).

A cor de um vinho transmite informações acerca da maturação da uva, do contacto com a película, do tipo de fermentação e da idade do vinho. Durante o envelhecimento, a cor dos vinhos altera-se: os tons dourados dos vinhos brancos aumentam, enquanto os tintos perdem a densidade da cor. Eventualmente, todos os vinhos adquirem tons castanho-amarelados (Jackson, 2017).

A percepção da qualidade de um vinho é influenciada pela sua cor, bem como a percepção do sabor e do odor. Consumidores e provadores geralmente associam cores específicas a certos vinhos. Por exemplo: vinhos brancos jovens e secos apresentam uma cor que, geralmente, varia do quase incolor a uma cor palha clara, enquanto que uma tonalidade amarela pode surgir dependendo dos diferentes processos de produção; no caso dos vinhos rosés, espera-se que sejam de cor rosa pálida a rosé claro, sem tons de azul; já os vinhos tintos variam do roxo profundo ao vermelho *tawny*. Inicialmente, a maioria dos vinhos tintos possui uma tonalidade vermelho-púrpura, mas, com o passar do tempo o vinho perde a intensidade de cor e assume cada vez mais uma tonalidade tijolo (Cameira dos Santos & Jorge Parola, 2018; Jackson, 2017).

A cor do vinho está relacionada com os compostos fenólicos presentes. Estes variam de acordo com as características das uvas, as técnicas de vinificação e com inúmeras reações que ocorrem durante o armazenamento. Estes compostos distribuem-se pelas diversas partes da uva, estando presentes nas grainhas, na polpa, nos vasos fibrovasculares e na película (Monagas *et al.*, 2017).

Nas uvas e nos vinhos, existe uma grande variedade de compostos fenólicos que podem ser divididos em dois grandes grupos: os não-flavonoides e os flavonoides.

O grupo dos não-flavonoides contempla os ácidos fenólicos, os ácidos benzóicos e os ácidos cinâmicos, bem como outros derivados fenólicos, tais como os estilbenos. Estes compostos têm um papel importante nas oxidações que levam ao acastanhamento dos mostos e dos vinhos (Monagas *et al.*, 2017; Zoecklein *et al.*, 1995).

Os flavonoides são a família de compostos fenólicos a que se deve grande parte da estrutura e da cor dos vinhos. De todos os compostos presentes neste grupo, as antocianinas, os flavano-3-óis e as proantocianidinas são os principais responsáveis pela cor dos vinhos (Cabrita, 2003; Monagas *et al.*, 2017).

Estes compostos, embora estejam presentes em quantidades minoritárias nas uvas, têm um papel importante na evolução da cor dos vinhos, através de processos de copigmentação com as antocianinas (Cameira dos Santos *et al.*, 2018).

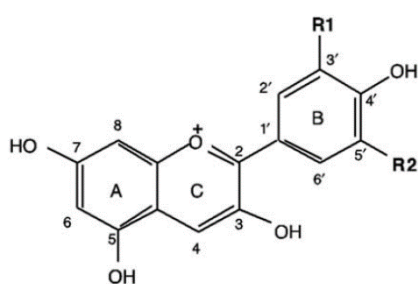
As antocianinas são os principais determinantes da cor das uvas e dos vinhos. Nas uvas, estes compostos ocorrem principalmente como glicosídeos, conjugados com uma ou mais moléculas de glucose (Cameira dos Santos *et al.*, 2018; Jackson, 2017).

Nas uvas existem cinco tipos de antocianinas: a cianidina, a delphinidina, a peonidina, a petunidina e a malvidina, diferenciando-se entre elas pelo número de grupos hidroxilo e metilo que se encontram ligados aos seus anéis.

Na Figura 9 são apresentadas as combinações que originam estas diferentes antocianinas. O conteúdo e a quantidade de cada uma destas espécies difere de acordo com a variedade da uva e as condições de cultivo. O padrão de hidroxilação do anel da molécula da antocianina controla a tonalidade e a estabilidade da cor.

Os grupos hidroxilo livres destacam a cor azul, ao passo que, com a ligação dos grupos metilo, a cor vermelha sobressai. Além disso, quando dois grupos hidroxilo estão próximos um do outro, o potencial de oxidação das antocianinas aumenta consideravelmente. Por este motivo, vinhos com elevada quantidade de antocianinas do tipo malvidina ou peonidina, que não possuem grupos hidroxilo próximos, possuem uma maior estabilidade da cor.

Na maioria das uvas, a malvidina é a antocianina predominante e, uma vez que é a mais avermelhada, é a principal responsável pela cor vermelha da maioria dos vinhos tintos jovens (Cameira dos Santos *et al.*, 2018; Monagas *et al.*, 2017).



R1	R2	Antocianina
OH	OH	Delphinidina
OH	H	Cianidina
OH	OCH ₃	Petunidina
OCH ₃	H	Peonidina
OCH ₃	OCH ₃	Malvidina

Figura 9 – Estrutura das principais antocianinas detetadas em uvas e vinhos, com representação da molécula base (adaptado de Moreno & Peinado, 2012).

Existem cinco estados moleculares em que as antocianinas podem estar presentes no vinho, ocorrendo um equilíbrio dinâmico entre eles, como apresentado na Figura 10. A maioria destes estados é incolor dentro da faixa de pH do vinho. Aqueles que existem no estado flavílio geram

uma tonalidade vermelha, enquanto os que estão no estado quinoidal apresentam uma tonalidade azulada. A proporção de cada estado depende maioritariamente do pH do vinho e do teor de dióxido de enxofre presente (Cameira dos Santos *et al.*, 2018).

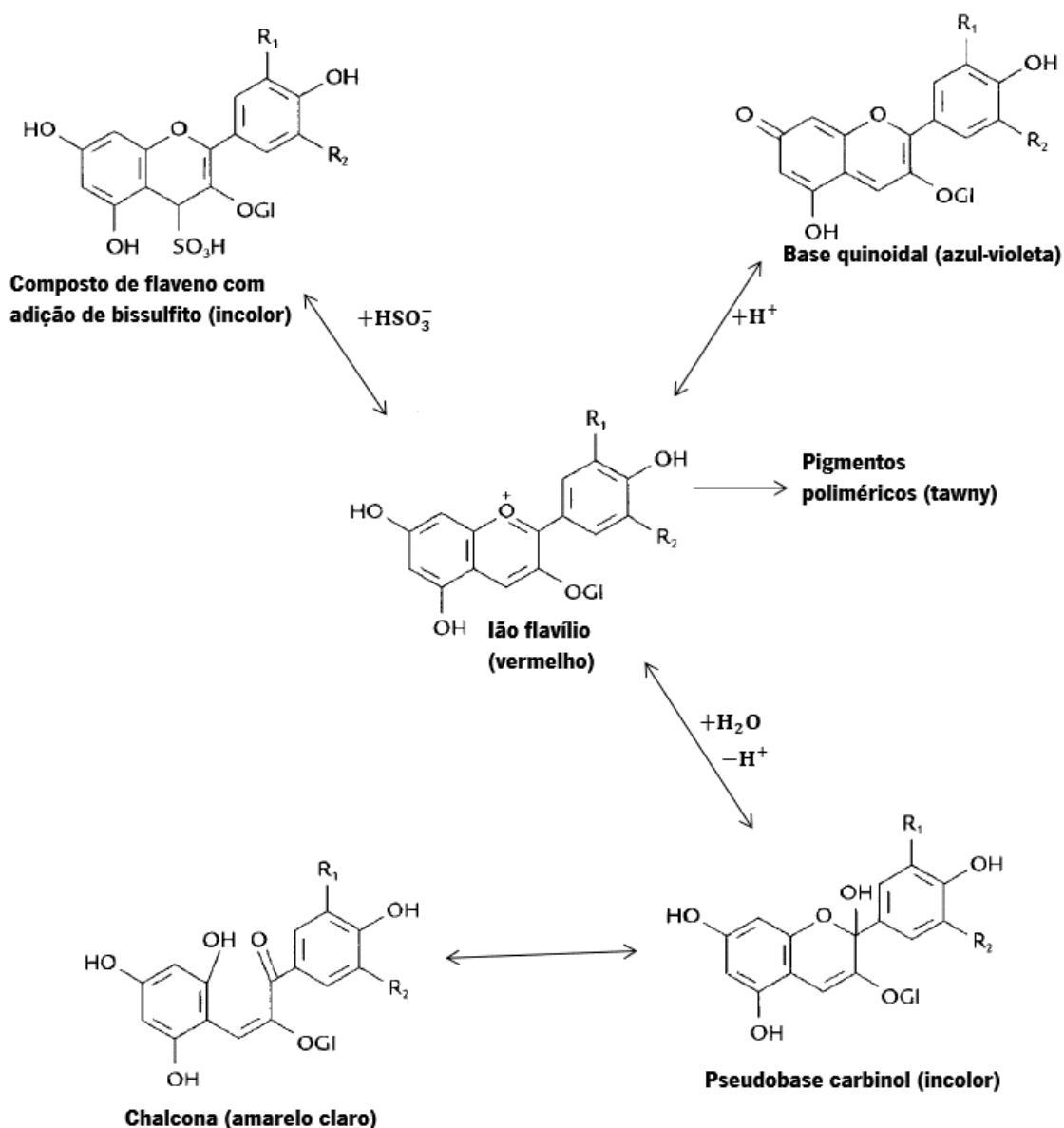


Figura 10 – Equilíbrio entre as principais formas de antocianinas (composto de flaveno com adição de bissulfito, base quinoidal, lã flavílio, pseudobase carbinol e chalcona) no vinho, com informação da sua contribuição para a cor do vinho (adaptado de Moreno & Peinado, 2012).

Nas uvas, as antocianinas existem sobretudo em conglomerados empilhados, que ocorrem devido a interações hidrofóbicas entre as moléculas individuais (autoassociação) ou entre elas e outros compostos fenólicos (copigmentação). Ambos os complexos aumentam a absorção da luz

e a intensidade da cor. Durante o processo de vinificação e maturação, estes aglomerados de antocianinas tendem a dissociar-se, fazendo com que as moléculas libertadas no vinho, ácido, percam a sua cor azulada. Isto resulta numa absorção de luz reduzida e numa perda da intensidade de cor, que pode variar de duas a cinco vezes, dependendo do pH, etanol e conteúdo em taninos do vinho. Contudo, podem resistir complexos de copigmentação suficientes ou serem produzidos durante a fermentação e que irão contribuir para a tonalidade vermelho-púrpura característica dos vinhos tintos jovens (Cameira dos Santos *et al.*, 2018; Monagas *et al.*, 2017).

Durante a maturação, esta dissociação torna as moléculas das antocianinas mais suscetíveis à oxidação irreversível, levando ao escurecimento do vinho e à conversão do estado flavílio colorido em hemiacetais incolores.

De modo a evitar este efeito, os flavonoides existentes no vinho (catequinas, proantocianinas e os seus polímeros, como os taninos condensados) vão combinar com as antocianinas livres e formar polímeros estáveis que irão realçar a cor avermelhada. Deste modo, a extração simultânea dos flavonoides com as antocianinas, durante a fermentação, é crucial para a estabilidade da cor, o que leva a que a cor vermelha reflita, não apenas a quantidade, natureza e estados das antocianinas no vinho, mas também a quantidade e os tipos de flavonoides extraídos e retidos durante e após a vinificação (Cameira dos Santos *et al.*, 2018; López-Vélez *et al.*, 2010).

A polimerização das antocianinas com os flavonoides protege estas moléculas da oxidação ou de outras modificações químicas, aumentando a solubilidade e minimizando a perda de taninos e pigmentos por precipitação. Além disso, mais moléculas de antocianinas estão no estado colorido nos complexos, devido ao aumento dos estados flavílio e quinoide.

Esta polimerização ocorre lentamente na ausência de oxigénio, porém, à medida que ele reage com os taninos, geram-se pequenas quantidades de peróxido que oxidam o etanol a acetaldeído, e que, subsequentemente, reage com as antocianinas, promovendo a sua polimerização com flavonoides. O acetaldeído também reage com o dióxido de enxofre, removendo-o das antocianinas, o que reverte a ação descolorante do dióxido de enxofre e liberta a antocianina para a polimerização (Cameira dos Santos *et al.*, 2018; Jackson, 2017).

2.6.2.1. Efeito do pH

A cor das antocianinas é dependente do pH. Estes compostos apresentam tons vermelhos para valores de pH muito baixos, mudando para tons azulados com o aumento do pH para valores

neutros ou básicos (Morata, 2019).

Assim, a existência das quatro formas possíveis das antocianinas está diretamente relacionada com o pH: para valores de pH baixos, o catião flavílio é predominante em meio aquoso; quando o pH é elevado, o catião flavílio está envolvido numa reação de hidratação, que leva à formação da base carbinol, incolor, que por um processo tautomérico leva à geração da forma chalcona, amarela clara, e; quando o valor de pH está próximo de 7, e em meio aquoso, a estrutura antociânica mais importante é a base quinoidal, de cor azul-violeta (Morata, 2019).

2.6.2.2. Efeito do dióxido de enxofre

O dióxido de enxofre é um dos produtos mais utilizados no processo de vinificação. Ao valor de pH a que se encontra o vinho, pode existir na forma molecular (SO_2) ou na forma de ião bissulfito (HSO_3^-), representando este último 94 % a 99 % do total. Este aditivo possui essencialmente duas funções: é um antimicrobiano e antioxidante, pois, quando em solução, pode combinar-se com diversas moléculas do vinho como as antocianinas, os açúcares, os compostos fenólicos, entre outros (Morata, 2019; Oliveira *et al.*, 2015).

No vinho, o dióxido de enxofre existe em duas frações distintas, o SO_2 “livre”, que engloba o SO_2 molecular e o ião bissulfito, e o SO_2 “combinado”, que representa o dióxido de enxofre que está combinado com moléculas como o acetaldeído, antocianinas, ácido pirúvico, ácido glutárico, glucose ou compostos fenólicos (Morata, 2019; Oliveira *et al.*, 2015).

O ião bissulfito reage reversivelmente com as antocianinas levando à formação de compostos incolores. Para valores de pH baixos, o composto antocianina-bissulfito pode-se dissociar, libertando a antocianina na forma de ião flavílio, colorido, e SO_2 . Esta descoloração pode, contudo, ser irreversível, se o bissulfito ou o dióxido de enxofre forem adicionados em altas concentrações (Morata, 2019).

Quando a descoloração é reversível, mesmo que a antocianina perca a sua cor temporariamente, aumenta a sua estabilidade, sendo que o composto formado é menos sensível às reações de hidratação e polimerização (Morata, 2019).

2.6.2.3. Efeito do oxigénio

As antocianinas podem ser oxidadas em contacto com o ar e, por esse motivo, é fulcral que haja um controlo rigoroso da oxigenação durante os processos de vinificação e armazenamento dos vinhos (Morata, 2019).

A gestão do oxigénio dissolvido é uma das tarefas mais desafiantes em enologia. Desde a elaboração do mosto, até ao processo de engarrafamento, o vinho está sujeito à exposição ao oxigénio, o que poderá ter um forte impacto nas suas características organoléticas, alterando o produto final. Deste modo, a degradação oxidativa provoca alterações no vinho, tais como: a rápida perda de aromas frutados e florais; o desenvolvimento de aromas desagradáveis, e; o acastanhamento precoce (Castellari *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2015).

O processo de oxidação dos vinhos pode ocorrer por duas vias distintas: a oxidação enzimática e a oxidação não enzimática. A primeira ocorre quase exclusivamente nos mostos e está em grande parte relacionada com o teor de compostos fenólicos, como os ácidos hidroxicinâmicos. A segunda, oxidação não enzimática, ocorre maioritariamente durante as fermentações (alcoólica e malolática) e a maturação. Este processo tem início através da oxidação de compostos fenólicos, em especial os derivados do catecol e do ácido cafeico, uma vez que constituem a família dos compostos fenólicos mais facilmente oxidáveis. Estes não reagem diretamente com o oxigénio molecular, sendo oxidados sequencialmente a semiquinonas e a quinonas (Oliveira *et al.*, 2015; Waterhouse *et al.*, 2016).

As quinonas que se formam no vinho são muito instáveis, podendo reagir espontaneamente com compostos nucleofílicos como alguns compostos fenólicos, tióis, aminas, aminoácidos, entre outros, devido ao seu elevado carácter eletrofílico. Assim, os dímeros ou os polímeros formados podem reorganizar a sua estrutura através de reações de conversão. Estes dímeros ou polímeros têm potenciais redox mais baixos que os compostos fenólicos primitivos, sendo por isso mais facilmente oxidados e levando a uma aceleração do processo de polimerização (Oliveira *et al.*, 2015; Waterhouse *et al.*, 2016).

A proteção da oxidação do vinho pode ser alcançada através da adição de antioxidantes que bloqueiam o processo oxidativo. Embora os compostos fenólicos tenham propriedades benéficas para a saúde, no vinho são os substratos principais das reações de oxidação; porém alguns podem também ser usados como antioxidantes. O oxigénio é, portanto, esgotado progressivamente, até que se torna indisponível para oxidar outros compostos. Contudo, a oxidação dos compostos fenólicos gera peróxido de hidrogénio e radicais hidroperóxido e hidroxilo, que reagirão com quase todas as moléculas orgânicas que se encontram no vinho, dependendo da concentração a que se encontrem, tais como o etanol, o ácido tartárico, o glicerol, os açúcares e os ácidos orgânicos. Os produtos destas reações irão participar em reações de condensação e polimerização entre as

antocianinas e os 3-flavonóis (catequinas) do vinho, e, ainda, formar pigmentos amarelos, identificados como catiões xantílio. Deste modo, estas reações podem levar a uma instabilidade da cor, pois os pigmentos resultantes precipitam (Moreno & Peinado, 2012; Oliveira *et al.*, 2015).

2.6.3. Medição da cor

O vinho, como outros materiais, absorve uma parte da radiação que nele incide, refletindo e/ou transmitindo outra. A radiação que não é absorvida é a que pode chegar ao olho humano, produzindo a sensação de cor (Hunt & Pointer, 2011).

As características visuais de um vinho dependem da maneira como a sua natureza química e particulada transmitem, absorvem e refletem a radiação visível. Embora essas características possam ser medidas com elevada precisão em espectrofotômetros, a relevância dos dados que são extraídos do aparelho para a percepção humana das cores, não é simples, nem direta. Isto ocorre porque as medidas espectrofotométricas avaliam a variação da intensidade da radiação por comprimento de onda e a percepção humana combina as respostas de múltiplos fotorreceptores na retina. Assim, a percepção das cores pelo ser humano é feita a partir da conjugação de estímulos eletromagnéticos, não sendo uma reação a comprimentos de onda individuais, nem às suas respectivas intensidades individuais (Hunt & Pointer, 2011; Jackson, 2017).

Portanto, dada toda esta complexidade, é necessário encontrar um método que simplifique este processo, descrevendo uma percepção de cor pelo olho humano. Até ao momento, o método mais preciso para esse efeito consiste em avaliar a absorvância do vinho em toda a faixa do espectro visível. Para tal é utilizado o sistema CIELAB, projetado pela CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*) que usa como base as medidas das absorvâncias/transmitâncias para calcular os parâmetros relativos à cor (Hunt & Pointer, 2011; Jackson, 2017).

O método colorimétrico CIELAB converte um estímulo físico, sobre a forma de espectro, numa percepção de cor pois, existem espectros diferentes que produzem a mesma sensação de cor, dada a compressão do espectro na sensibilidade dos fotorreceptores (Schanda, 2008).

2.6.3.1. O método CIELAB

A percepção de luz é produzida pela radiação visível, que corresponde à radiação eletromagnética entre os limites de comprimento de onda de 380 nm a 780 nm. A radiação da região de comprimento de onda mais curto, deste intervalo, produz a sensação de luz azul. A

radiação com comprimentos de onda entre 520 nm e 550 nm produz a sensação de luz verde e a radiação com comprimentos de onda acima dos 650 nm produz a percepção de luz vermelha. No entanto, estes limites não são bem definidos pois, a percepção real depende do estado de adaptação do olho e dos estímulos luminosos ao objeto que se está a observar (Hunt & Pointer, 2011; Schanda, 2008).

A mistura de cores aditiva e subtrativa são dois dos métodos que existem para gerar estímulos de cor, produzindo a cor por princípios físicos diferentes. Na mistura aditiva, as luzes são somadas e essa mistura transmite ao ser humano a cor correspondente. Na subtrativa, os corantes utilizados absorvem parte do espectro da cor visível; quando se sobrepõem diversos corantes com diferentes concentrações, a luz transmitida irá mudar, dando a sensação da cor (Hunt & Pointer, 2011; Schanda, 2008).

A colorimetria básica baseia-se na mistura de cores aditiva. Esta menciona que, para especificar uma combinação de cores, são necessárias e suficientes três primários. Em misturas aditivas de estímulos de cor, se um ou mais dos componentes for alterado gradualmente, o valor dos triestímulos resultantes também mudará gradualmente. O sistema CIE baseia-se nestas leis (Schanda, 2008).

Para definir um observador padrão, as composições dos espectros e das luminâncias das cores primárias têm que ser especificadas, sendo usados comprimentos de onda únicos para cada uma das cores. Deste modo, o comprimento de 700 nm corresponde ao vermelho (*R-Red*), 546,1 nm ao verde (*G-Green*) e 435,8 nm ao azul (*B-Blue*), cumprindo o requisito de que num espectro de igual energia, a adição das quantidades unitárias de cada uma das cores primárias fornece uma combinação de cores, equivalente à cor do espectro de igual energia, ou seja, a soma dos três primários, em proporções específicas dá branco. Contudo, em muitos cálculos colorimétricos, era necessário adicionar um dos estímulos individuais à cor testada. Esta complexidade levou a CIE, em 1931, a decidir transformar as cores primárias reais (R, G, B) em cores primárias imaginárias (X, Y, Z), onde as “*color matching functions*” (CMFs) não possuem valores negativos na realização dos cálculos colorimétricos (Hunt & Pointer, 2011; Schanda, 2008).

Em 1959, o comité da CIE recomendou a adoção de um observador colorimétrico a 10°, uma vez que o sistema tricromático CIE 1931 era recomendado apenas para estímulos pequenos entre 1° e 4° de amplitude de campo visual, o que não era compatível com o aumento da

necessidade da descrição de estímulos maiores. Por este motivo, a CIE padronizou um sistema colorimétrico de grande campo visual, que se baseia nas observações visuais realizadas num campo visual de 10°, o que representava um diâmetro de cerca de 90 mm e uma distância de visualização de 0,5 m (Hunt & Pointer, 2011; Schanda, 2008).

Para este novo padrão, os valores dos triestímulos são calculados pelas Equações (1), (2) e (3).

$$X_{10} = k_{10} \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \phi_{\lambda}(\lambda) \cdot \bar{x}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (\text{Eq.1})$$

$$Y_{10} = k_{10} \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \phi_{\lambda}(\lambda) \cdot \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (\text{Eq.2})$$

$$Z_{10} = k_{10} \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \phi_{\lambda}(\lambda) \cdot \bar{z}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (\text{Eq.3})$$

Nas Equações (1), (2) e (3), ϕ_{λ} é a função do estímulo da cor da luz vista pelo observador, que diz respeito ao valor da transmitância lida no aparelho em função da absorvância, λ , sendo a junção do espectro propriedade do objeto com a fonte de luz; k_{10} é uma constante e $\bar{x}_{10}$, $\bar{y}_{10}$ e $\bar{z}_{10}$, são os valores das CMFs.

As CMFs, são então fornecidas para um padrão de valores de 360 nm a 830 nm em intervalos de 1 nm e definem o observador colorimétrico padrão CIE 1964.

Para o caso de objetos não auto-iluminantes, ou seja, que apenas refletem ou transmitem luz, o valor de k_{10} pode ser calculado através da Equação (4).

$$k_{10} = \frac{100}{\sum_{\lambda} S(\lambda) \cdot \bar{y}_{10}(\lambda) d(\lambda)} \quad (\text{Eq.4})$$

Quando se pretende descrever as características colorimétricas de um material é necessário irradiá-lo. Assim, $S(\lambda)$ corresponde ao iluminante que faz parte da função de estímulo da cor relativa (Hunt & Pointer, 2011; Schanda, 2008).

Para ser possível reproduzir medições colorimétricas, o $S(\lambda)$ relativo à fonte de irradiação deve ser padronizado. Deste modo, a CIE recomendou, em 1964, um conjunto de iluminantes que simulam a luz do dia, com a respetiva padronização do $S(\lambda)$, também para a porção da radiação ultravioleta do espectro (Schanda, 2008).

Com a evolução do estudo da cor, os iluminantes-padrão estabelecidos inicialmente pela CIE começaram a apresentar limitações, dando origem a novos padrões de iluminação. Assim, a CIE passou a recomendar o uso de apenas dois padrões iluminantes: o iluminante padrão CIE A e o iluminante padrão CIE D65. Este último destina-se a representar a luz do dia média, com uma temperatura de cor de aproximadamente 6500 K. Este iluminante deve ser usado em todos os cálculos colorimétricos que necessitam de luz do dia representativa (Hunt & Pointer, 2011; Schanda, 2008).

O espaço CIELAB, representado na Figura 11, é baseado numa representação cartesiana sequencial de 3 eixos ortogonais. A coordenada L^* pode assumir valores de 0 a 100, correspondendo o 0 à perceção do preto e o 100 à perceção do branco, estando diretamente relacionada com a sensação visual da luminosidade. A componente a^* pode ser superior a 0, representando o vermelho, ou inferior a 0, representando o verde. Para a componente b^* , um valor superior a 0 representa o amarelo e um valor inferior a cor azul (MacDougall, 2002; Schanda, 2008).

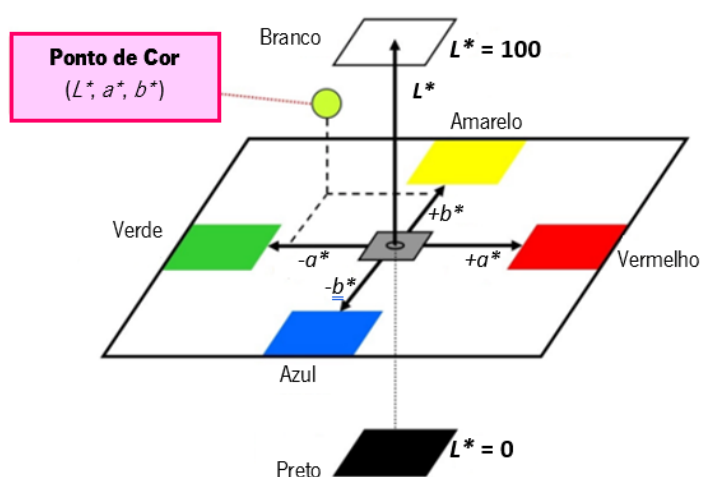


Figura 11 – Espaço de cores tridimensional CIELAB (adaptado de MacDougall, 2002).

Este espaço de cores é definido pelas Equações (5), (6) e (7).

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16 \quad (\text{Eq.5})$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \quad (\text{Eq.6})$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \quad (\text{Eq.7})$$

Onde:

$$f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3} \text{ se } (X/X_n) > (24/116)^3 \quad (\text{Eq.8})$$

$$f(X/X_n) = (841/108)(X/X_n) + 16/116 \text{ se } (X/X_n) \leq (24/116)^3 \quad (\text{Eq.9})$$

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3} \text{ se } (Y/Y_n) > (24/116)^3 \quad (\text{Eq.10})$$

$$f(Y/Y_n) = (841/108)(Y/Y_n) + 16/116 \text{ se } (Y/Y_n) \leq (24/116)^3 \quad (\text{Eq.11})$$

$$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3} \text{ se } (Z/Z_n) > (24/116)^3 \quad (\text{Eq.12})$$

$$f(Z/Z_n) = (841/108)(Z/Z_n) + 16/116 \text{ se } (Z/Z_n) \leq (24/116)^3 \quad (\text{Eq.13})$$

Nestas equações, X , Y , e Z , são os valores que correspondem aos triestímulos da cor do objeto que está a ser analisado, e X_n , Y_n e Z_n , são os valores dos triestímulos de um objeto de cor branca específico, utilizado como referência, com uma reflexão perfeita e iluminado pela mesma fonte de luz que o objeto que está a ser analisado, sendo $Y_n=100$ (Hunt & Pointer, 2011; Schanda, 2008).

Através destas correlações, podem ser determinados valores aproximados para os atributos que são percebidos como saturação e tonalidade.

A Saturação (C^*) pode ser obtida através da Equação (14).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Eq.14})$$

A tonalidade (H^*), cuja unidade é o grau sexagesimal ($^\circ$), pode ser definida pela Equação (15).

$$H^* = \text{tg}^{-1}(b^*/a^*) \quad (\text{Eq.15})$$

O ângulo da tonalidade do CIELAB deve estar entre 0° e 90° , se a^* e b^* forem positivos, entre 90° e 180° , se b^* for positivo e a^* for negativo, entre 180° e 270° , se b^* e a^* forem negativos, e entre 270° e 360° se b^* for negativo e a^* for positivo (Schanda, 2008).

Assim, as distâncias euclidianas, no espaço de cores tridimensional CIELAB, permitem que se represente a magnitude das diferenças de cor entre estímulos de cor de objetos com o mesmo tamanho e forma, observados em ambientes rodeados ou com fundo idêntico de branco e cinza, por um observador fototicamente adaptado a um campo de cromaticidade não muito diferente da luz do dia normal (Schanda, 2008). Essa diferença, pode ser representada por ΔE^* , e calculada pela Equação (16) (Mokrzycki & Tatol, 2012).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Eq.16})$$

Um observador padrão vê a diferença de cor da seguinte maneira (Mokrzycki & Tatol, 2012):

- $0 < \Delta E^* < 1$ – observador não percebe a diferença;
- $1 < \Delta E^* < 2$ – observador experiente pode notar a diferença;
- $2 < \Delta E^* < 3,5$ – observador inexperiente nota a diferença;
- $3,5 < \Delta E^* < 5$ – diferença clara na cor;
- $5 < \Delta E^*$ – observador nota duas cores diferentes.

Estes valores podem variar, entre os diferentes tipos de vinho, sendo necessário realizar um estudo ao vinho pretendido, antes de extrapolar estes valores para um contexto real do produto

Através de um método proposto pela OIV (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin), o sistema CIELAB é frequentemente usado para medir a cor do vinho (Jackson, 2020; OIV, 2021).

As características cromáticas dos vinhos são definidas pelas suas coordenadas colorimétricas: intensidade luminosa (L^*), componente da cor vermelha/verde (a^*) e componente da cor azul/amarela (b^*). E, também, pelas suas magnitudes derivadas: saturação (C^*), tonalidade (H^*) e cromaticidade (a^* , b^*) ou (C^* , H^*) (MacDougall, 2002; OIV, 2021).

2.7. Análise Sensorial

Os atributos sensoriais como o sabor, o aroma, a cor, a textura, o gosto e outros, são fatores-chave aquando da aquisição do produto pelo consumidor, transmitindo sensações de qualidade e de benefícios funcionais e emocionais. A análise sensorial é um ponto-chave quando

integrada no processo de desenvolvimento do produto, permitindo a entrega de bens aceitáveis para os consumidores, e reduzindo o risco de falha e diminuindo os custos da empresa (Kemp *et al.*, 2009; Stone *et al.*, 2012).

O papel da análise sensorial é orientar o desenvolvimento do produto, uma vez que, com a combinação de dados de testes sensoriais e instrumentais, podem ser fornecidas informações sobre as propriedades químicas e físicas do mesmo, responsáveis pelos atributos sensoriais. Existindo correlações significativas entre os dados sensoriais e as propriedades físicas e químicas, pode ser possível dispensar o uso de um painel de provadores, substituindo-o por um teste instrumental (Kemp *et al.*, 2009; Stone *et al.*, 2012).

A análise sensorial pode ser usada para definir limites de aceitação do consumidor para os atributos sensoriais testados, servindo assim como uma garantia de qualidade (Kemp *et al.*, 2009; Stone *et al.*, 2012).

Existem dois tipos de testes sensoriais: objetivos e subjetivos. Os testes objetivos fornecem dados objetivos sobre as propriedades sensoriais dos produtos. Os testes subjetivos são testes afetivos ou de consumidor e fornecem dados sobre a aceitabilidade, gosto ou preferência. Dentro dos testes objetivos, podem ser distinguidos os testes discriminativos, que podem ser realizados com avaliadores experientes, ou não, e os testes descritivos (Kemp *et al.*, 2009; Stone *et al.*, 2012).

Os testes discriminativos, nos quais se integra o teste triangular realizado neste trabalho, determinam se existem diferenças sensoriais entre amostras, já os testes descritivos, identificam a natureza da diferença e/ou a sua magnitude (Kemp *et al.*, 2009; Stone *et al.*, 2012).

Deste modo, o teste triangular é utilizado para determinar se existe uma diferença sensorial perceptível ou uma similaridade entre amostras de dois produtos. Este é um padrão internacional, regularizado na norma ISO 4120-2004, sendo aplicável quer exista uma diferença num único atributo sensorial ou em vários atributos. Este teste pode ser aplicado mesmo em produtos em que não se sabe a natureza da diferença, sendo aplicável apenas se os produtos forem bastante homogêneos (ISO 4120:2004(E), 2004).

O princípio do teste triangular consiste na seleção de um número de assessores (cuja quantidade irá influenciar a sensibilidade do teste) que irão receber um conjunto de três amostras que podem ser posicionadas como na Figura 12, sendo informados de que duas são iguais e uma

é diferente. Os assessores envolvidos relatam, obrigatoriamente, qual das amostras acreditam ser diferente, mesmo que a escolha seja baseada num palpite (ISO 4120:2004(E), 2004).



Figura 12 - Possibilidades de organização das amostras no teste triangular, em grupos de três, onde a mesma letra representa amostras iguais.

Por fim, o número de respostas corretas é contado e a significância é determinada recorrendo a uma tabela estatística (ISO 4120:2004(E), 2004).

3. Materiais e Metodologias

O presente estudo foi elaborado com o intuito de identificar as principais diferenças de cor existentes nos vinhos da ACPBAV, quer ao longo do processo produtivo, com análise da evolução da cor e do impacto dos produtos enológicos adicionados, quer durante o tempo de armazenamento de 18 semanas. Foi objetivo, ainda, estabelecer um limite sensorial para a cor do Vinho Verde rosé, que permita à empresa identificar a existência de uma diferença inaceitável.

Para o efeito, o trabalho encontra-se dividido em quatro etapas: implementação de um limite sensorial para a cor do vinho, onde foram utilizados vinhos rosés de lotes variados da ACPBAV; evolução da cor durante o processo produtivo, onde foram avaliados três vinhos rosés, dois vinhos brancos e um vinho tinto, sendo caracterizados colorimetricamente, e determinadas as suas concentrações de oxigénio dissolvido (C_{OD}), dióxido de enxofre livre ($C_{SO_2, L}$) e total ($C_{SO_2, T}$), e ainda o pH; evolução da cor durante o armazenamento, onde foram avaliados os mesmos vinhos da fase anterior, armazenados por um período de 18 semanas e sujeitos às mesmas análises físico-químicas, e; caracterização do impacto da adição de produtos enológicos na cor dos vinhos rosés. O planeamento experimental do trabalho encontra-se esquematizado na Figura 13.

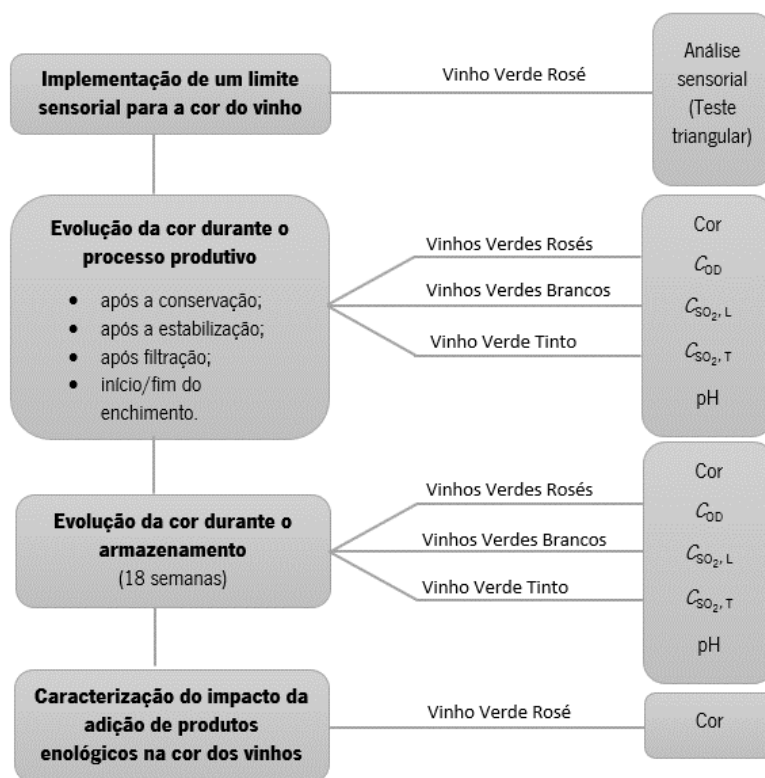


Figura 13 – Esquema que sintetiza o planeamento experimental do trabalho desenvolvido.

3.1. Implementação de um limite sensorial para a cor do vinho rosé

No contexto deste estudo, foram realizadas análises sensoriais apenas a Vinhos Verdes rosés, engarrafados na ACPBAV (entre os meses de março e julho de 2021) de vários lotes diferentes, distintos dos analisados nos pontos que se seguem, tendo em vista avaliar eventuais diferenças de cor entre as amostras. Esta análise foi realizada recorrendo ao teste triangular, segundo a norma ISO 4120-2004.

Para a realização da análise foram recolhidas garrafas do referido vinho à saída da enchedora. Estas amostras foram caracterizadas colorimetricamente nos dias anteriores à análise sensorial, de modo a calcular a diferença de cor (ΔE^*) existente entre os vinhos. Em cada análise foram utilizadas duas amostras iguais (do mesmo vinho) e uma diferente, as amostras possuíam os seguintes valores aproximados de ΔE^* (comparando os dois vinhos utilizados em cada análise): 0,77; 0,81; 1,71 e 2,35. De maneira a garantir a não existência de fatores externos para a diferença de cor, todos os vinhos foram engarrafados em garrafas iguais, de vidro transparente, onde foram colocadas rolhas iguais, e apagada qualquer gravação indicativa de lote.

A análise sensorial foi realizada por 10 provadores (cinco do sexo feminino e cinco do sexo masculino), com idades compreendidas entre os 20 e os 60 anos, alguns deles (7) integrantes do painel interno da ACPBAV e, por isso, com treino e conhecimento do produto.

Na análise sensorial foram apresentadas três tríades de garrafas de Vinho Verde rosé, que foram colocadas no interior de uma caixa fotográfica com iluminação LED branca (emitida por uma fita LED) numa sala escura. Na base da caixa foi marcada a posição de cada garrafa, garantindo a mesma observação para todos os participantes, que se encontravam sentados a cerca de 1 m das garrafas. Foi-lhes pedido que preenchessem a ficha de prova presente no Anexo I.

Os resultados obtidos foram analisados de acordo com a norma ISO 4120–2004, para um nível de significância de 5 %.

3.2. Evolução da cor durante o processo produtivo

Nesta etapa foram utilizados três vinhos rosés, do mesmo lote, com enchimentos em dias diferentes, designados por Rosé A, B e C, sendo que o Rosé B foi cheio no período da tarde e os restantes no período da manhã. O Rosé A foi ainda trasfegado diretamente de um depósito de

grandes dimensões para a cuba de estabilização, enquanto que os Rosés B e C, permaneceram períodos diferentes em conservação, em depósitos de pequenas dimensões. Utilizaram-se, ainda, dois vinhos brancos, designados por Branco A e B, de lotes distintos, trasfegados diretamente de depósitos de grandes dimensões para a cuba de estabilização, e um vinho tinto, cujo primeiro ponto de amostragem foi realizado após o processo de estabilização.

As amostras utilizadas neste estudo foram recolhidas nas etapas de:

- conservação, onde o vinho se encontrava armazenado, até ao momento do enchimento (3 garrafas);
- após a estabilização (3 garrafas);
- finda a filtração, nas cubas de destino do vinho filtrado (24 garrafas);
- início do enchimento, à saída da enchedora, entre as garrafas 100 e 200 (24 garrafas);
- fim do enchimento, à saída da enchedora, entre as garrafas 9000 e 9200 (24 garrafas).

Conservação

As amostras foram retiradas a partir da tampa superior da cuba, aberta apenas no momento da amostragem. Inicialmente procedeu-se à leitura do oxigénio dissolvido (antecipadamente), através da introdução direta da sonda no vinho; esta medição foi realizada três vezes de forma consecutiva. Depois foram colhidas amostras em garrafas de 0,75 L, com uma bomba centrífuga, para a caracterização colorimétrica (método CIELAB), e para a determinação da concentração de SO₂ livre, SO₂ total e pH.

Com o objetivo de verificar a influência do oxigénio dissolvido na cor do vinho, foram realizadas medições à concentração de O₂ dissolvido numa cuba de vinho rosé, diferente dos vinhos rosés utilizados no restante estudo, no momento da trasfega e após 42 dias. Para o efeito, a sonda foi introduzida na superfície deste vinho e a análise efetuada três vezes consecutivas.

Estabilização

Após esta etapa, os valores da concentração O₂ dissolvido foram obtidos pelo mesmo método da etapa anterior; já o vinho extraído para as análises laboratoriais foi retirado, para garrafas de 0,75 L, através de uma torneira localizada na parte inferior da cuba.

Filtração

Finda a filtração, o vinho é depositado em cubas, onde o espaço vazio é preenchido com dióxido de carbono. Estas encontravam-se sob pressão, impedindo a medição dos valores de O_2 dissolvido por colocação da sonda diretamente no vinho. As amostras foram retiradas a partir de uma torneira, localizada a meio da cuba, onde foi introduzido um tubo que permitia que o vinho escorresse diretamente para o fundo de uma garrafa de vidro de 0,75 L. Estas garrafas foram imediatamente fechadas com rolhas plásticas e transportadas para o laboratório. No momento da análise, as garrafas foram abertas e a medição dos valores de O_2 dissolvido, obtida por introdução da sonda de leitura no gargalo da garrafa. Para a caracterização colorimétrica, foi separado um pequeno volume de vinho para uma garrafa e agitado até todo o dióxido de carbono ser totalmente libertado. Estas amostras não foram filtradas, uma vez que o vinho já contempla essa etapa. As restantes análises foram feitas pelo mesmo procedimento das etapas anteriores.

Enchimento

As amostras foram retiradas diretamente da linha, à saída da enchedora, sendo transportadas para o laboratório onde as análises foram efetuadas do mesmo modo a que se procedeu à análise das amostras retiradas após a filtração.

O vinho retirado nesta fase sofreu mais uma filtração, realizada na bateria de filtros à entrada da enchedora. Esse processo difere no caso do vinho tinto, uma vez que este é apenas sujeito a uma filtração, com filtros de porosidade 1,2 μm .

Os resultados obtidos ao longo do processo produtivo, e descritos no capítulo quatro, com exceção dos valores de ΔE^* , correspondem à média de três medições e os erros associados foram calculados pela distribuição *t-Student*, para um grau de confiança de 95 %. A comparação entre médias foi efetuada segundo o teste estatístico *Anova: Fator Único*.

3.3. Evolução da cor durante o armazenamento

Com vista a determinar o modo como a cor do vinho da ACPBAV evolui ao longo do tempo de armazenamento, foram armazenados os vinhos analisados no ponto 3.2. Para corresponder a este objetivo foram recolhidas 24 garrafas de vinho, nas cubas de destino do vinho filtrado, antes da

adição de produtos enológicos, e da linha de enchimento, aquando do início do processo, entre as 100 e as 200 garrafas, e no final do mesmo, entre as 9000 e 9200 garrafas.

Estas garrafas foram armazenadas em caixas de cartão, durante 18 semanas, ao abrigo da luz, no armazém de produto acabado da ACPBAV, de onde foram retiradas, sucessivamente, até ao final do estudo. Durante este período de tempo, foram efetuadas medições de temperatura de dois em dois dias.

Nestas garrafas, foi determinado o pH, a concentração de O_2 dissolvido, as concentrações de SO_2 livre e SO_2 total, e foi realizada ainda a caracterização colorimétrica, de três em três semanas.

A análise estatística dos resultados obtidos foi realizada do mesmo modo dos anteriores. A diferença de cor, ΔE^* , para cada semana em estudo, foi calculada tendo como referência a cor inicial do vinho.

3.4. Avaliação do impacto da adição de produtos enológicos na cor dos vinhos

Com o objetivo de avaliar o impacto produzido, na cor do vinho, pelos produtos enológicos adicionados ao longo do processo produtivo, foram realizados ensaios em vinhos rosés.

O primeiro ensaio visou a caracterização do impacto da adição de dióxido de enxofre no vinho rosé (produto aplicado durante o processo de preparação e enchimento) e, o segundo, o impacto da adição dos restantes produtos enológicos, aplicados apenas no momento do enchimento.

Dióxido de Enxofre

Para a caracterização do efeito da concentração do SO_2 livre, na cor do vinho rosé, foi utilizado um vinho em conservação, com:

- Massa volúmica de $0,99 \text{ g/cm}^3$;
- Extrato seco total de $21,10 \text{ g/dm}^3$;
- Título alcoométrico volúmico adquirido de 12 %;
- Acidez total, expressa em ácido tartárico, de $5,6 \text{ g/dm}^3$;
- $C_{SO_2, L} = 38 \text{ mg/L}$;
- $C_{SO_2, T} = 141 \text{ mg/L}$.

Este vinho foi filtrado e separado em volumes iguais de 200 mL, aos quais foi adicionada solução sulfurosa contendo 60 g/L de dióxido de enxofre, apenas para o contexto do estudo, não sendo estes os valores usados na realidade industrial, até alcançar as concentrações de (56 ± 1) mg/L, de (90 ± 1) mg/L e de (147 ± 1) mg/L. Após a adição, o vinho repousou durante 12 h e depois realizou-se a caracterização colorimétrica.

Produtos Enológicos

Com o objetivo de analisar o efeito de cada um dos produtos enológicos adicionados ao vinho antes do enchimento, foram recolhidas amostras de um vinho rosé, nas cubas de destino do vinho filtrado onde ocorre a adição destes produtos.

Este vinho foi separado em volumes de 200 mL, com o intuito de testar a influência da adição de:

1. Três tipos de gomas distintas (com dióxido de enxofre na sua composição);
2. Solução estabilizante, à base de polissacáridos de levedura e de uvas;
3. Taninos condensados;
4. Três tipos de ácidos: ácido ascórbico, ácido tartárico e ácido málico;
5. Solução estabilizante de poliaspartato de potássio¹ (testada em volumes de vinho de 400 mL).

Todos estes produtos foram analisados em duas concentrações distintas, sendo uma delas (C_1) a concentração utilizada pela ACPBAV (Tabela 1).

Tabela 1 – Concentrações (C) dos diferentes produtos enológicos utilizados, com respetivo erro associado ($p=0,05$)

Produto Enológico	C_1 /(g/L)	C_2 /(g/L)
Goma A	$0,5 \pm 0,006$	$1,00 \pm 0,01$
Goma B	$0,3 \pm 0,004$	$1,00 \pm 0,01$
Goma C	$0,2 \pm 0,003$	$0,5 \pm 0,006$
Sol. estabilizante – polissacáridos	$0,02 \pm 0,001$	$0,1 \pm 0,001$
Sol. estabilizante – poliaspartato	$0,5 \pm 0,003$	$1,1 \pm 0,0067$
Taninos condensados	$0,03 \pm 0,001$	$0,1 \pm 0,001$
Ácido ascórbico	$0,1 \pm 0,001$	$0,5 \pm 0,006$
Ácido Tartárico	$0,7 \pm 0,009$	$2 \pm 0,03$
Ácido Málico	$0,7 \pm 0,009$	$2 \pm 0,03$

¹ Solução comercial

3.5. Análises físico-químicas

3.5.1. Oxigénio dissolvido

A leitura da concentração de O_2 dissolvido foi efetuada com o medidor *HQ30d* (HACH), usando uma sonda *Intellica LDO101* (Figura 14). A valor desta concentração é obtido por introdução da sonda de medição diretamente no vinho e o valor é exibido no ecrã do aparelho, após estabilização do valor lido (Hach, 2021).



Figura 14 – Medidor HQ30d e sonda *Intellica*/LDO 101.

3.5.2. Cor

Nas amostras retiradas para garrafas de vidro, destinadas à caracterização colorimétrica, foram extraídos cerca de 20 mL de vinho, que foi sujeito a uma filtração a vácuo (Figura 15), usando filtros de 47 mm de diâmetro e porosidade de 1,2 μm .



Figura 15 – Equipamento de filtração a vácuo.

O vinho filtrado foi sujeito à caracterização colorimétrica, efetuada num espectrofotómetro UV-Vis (*Thermo Scientific*, modelo *Genesys 30*) (Figura 16), utilizando o iluminante padrão CIE D65, cujo procedimento de utilização se encontra descrito no Anexo II. Para a análise espectrofotométrica, foram utilizadas cuvets de quartzo, com 1 mm de passo ótico, para vinhos tintos, e com 10 mm de passo ótico, para vinhos brancos e rosés, de acordo com o método OIV – MA-AS2-11:R2006 (OIV, 2021). Neste equipamento as amostras foram submetidas a um varrimento espectral, com comprimentos de onda entre 380 nm e 780 nm. Os dados recolhidos foram analisados recorrendo à folha de cálculo já existente na empresa e retificada para este estudo, cujo procedimento de utilização se encontra descrito no Anexo III.



Figura 16 – Espectrofotómetro UV-Vis, da marca *Thermo Scientific*, modelo *Genesys 30*.

3.5.3. pH e dióxido de enxofre

O pH e as concentrações de SO_2 livre, SO_2 total, foram determinadas num titulador potenciométrico automático, da marca *Crison*, modelo *Titro Matic* (Figura 17).



Figura 17 – Titulador potenciométrico da marca *Crison*, modelo *Titro Matic*.

Das amostras retiradas foi extraído um volume de $(25,00 \pm 0,03)$ mL do vinho, e vertido, lentamente, para um copo de titulação, com um agitador magnético inserido no *sampler* do aparelho que procede automaticamente à titulação, exibindo os valores lidos. O aparelho utiliza uma solução de iodo a 10 mmol/L, como reagente titulante, e uma solução aquosa de ácido sulfúrico a 25 %.

A leitura dos valores de pH é realizada no mesmo aparelho, utilizando cerca de 50 mL de vinho.

Todas as análises realizadas, neste ponto e nos anteriores, foram efetuadas com vinho proveniente de três garrafas idênticas, retiradas no mesmo ponto de amostragem, sendo efetuada uma medição em cada garrafa, para a determinação do valor em questão.

4. Resultados e Discussão

Este capítulo, encontra-se dividido em quatro partes. A primeira aborda a implementação de um limite sensorial para a cor do vinho rosé da ACPBAV. Na segunda parte é discutida a evolução da cor durante o processo produtivo. Na terceira refere-se a evolução da cor do vinho durante o armazenamento, onde são apresentados os resultados obtidos ao longo de 18 semanas. A quarta, e última parte, expõe a caracterização do impacto da adição de produtos enológicos na cor do vinho.

Os resultados apresentados, à exceção do valor de ΔE^* , correspondem a médias de três medições e os erros associados foram calculados pela distribuição *t-Student*, para um grau de confiança de 95 %. Já a comparação entre médias foi efetuada segundo o teste estatístico *ANOVA*: *Fator único*.

4.1. Implementação de um limite sensorial para a cor do vinho rosé

Com o objetivo de definir um limite sensorial de rejeição de amostras com diferentes cores para o vinho rosé da ACPBAV foram realizadas quatro análises sensoriais, utilizando amostras, de vinhos rosés diferentes, às quais correspondiam diferentes valores de ΔE^* . Estas análises foram conduzidas de acordo com a norma ISO 4120-2004, com o propósito de detetar que uma diferença perceptível existia entre as garrafas apresentadas.

Para o efeito, os vinhos foram testados por dez provadores, sujeitos a três análises cada. As amostras foram avaliadas por cada um dos participantes, aos quais se questionou qual a amostra diferente e se essa diferença era aceitável ou não. Deste modo, foi possível alcançar um valor de ΔE^* em que se pode concluir que a diferença atinge níveis inaceitáveis para a comercialização do produto.

Estas análises foram realizadas apenas para vinhos verdes rosés engarrafados pela ACPBAV entre os meses de março e julho de 2021. Os resultados foram compilados, sendo apresentados na Tabela 2.

Com a análise das respostas obtidas por parte dos assessores em cada uma das análises sensoriais, pode concluir-se, com 95 % de confiança, que em todas as análises realizadas existe uma diferença perceptível entre as amostras apresentadas. De acordo com a Tabela A1 (Anexo IV),

para este nível de confiança, apenas quinze respostas corretas são necessárias para concluir que uma diferença perceptível entre as amostras existe.

Tabela 2 – Registo de respostas relativas à análise sensorial, para diferentes cores de Vinhos Verdes rosés, conhecidas previamente

	N.º de Respostas	N.º de Respostas Corretas	Não Aceites
$\Delta E^* \approx 0,77$	30	24	0
$\Delta E^* \approx 0,81$	30	25	0
$\Delta E^* \approx 1,71$	30	29	3
$\Delta E^* \approx 2,35$	30	30	11

Como era expectável, o número de respostas corretas aumenta com o aumento da diferença de cor, assim como o número de assessores que consideram a diferença inaceitável.

Quanto à aceitabilidade da diferença de cor, apenas 10 % dos assessores consideraram esta diferença inaceitável para valores de $\Delta E^* \approx 1,71$, sendo que essa proporção aumenta para 37 % quando a diferença de cor testada é de $\Delta E^* \approx 2,35$.

A razão principal para o afastamento destes valores, daquilo que seria esperado, deve-se ao facto de as avaliações serem realizadas em condições muito diferentes, variando o observador, fundo e a geometria de visualização, entre outros. O arranjo geométrico do observador, objeto e fonte de luz, tem uma forte influência na cor observada visualmente e medida experimentalmente (Hernandez *et al.*, 2011).

Por este motivo, o valor de ΔE^* correspondente a uma diferença de cor perceptível entre amostras de vinho, varia entre autores, existindo valores de 3 para vinhos tintos (Hernandez *et al.*, 2011), e valores entre 1 e 2 para vinhos brancos (Castellanos *et al.*, 2021; Šottníková *et al.*, 2014).

Assim, devido ao aumento elevado da proporção de não aceitabilidade entre valores de ΔE^* de 1,71 e 2,35, definiu-se um valor de aceitabilidade inferior a 2,00 para o vinho rosé da ACPBAV. Considerou-se que, a partir deste valor, o vinho rosé apresenta uma diferença de cor evidente, capaz de ser notada ou até mesmo rejeitada pelo consumidor.

4.2. Evolução da cor durante o processo produtivo

Com o objetivo de caracterizar a evolução da cor durante o processo produtivo, bem como dos parâmetros que a podem influenciar, foram realizadas análises físico-químicas, às concentrações de SO_2 , pH e oxigénio dissolvido, bem como a caracterização colorimétrica do vinho em cada etapa. A evolução de cada um destes parâmetros e a sua discussão, são apresentadas em seguida.

4.2.1. Concentração de SO_2

Um dos pontos críticos no que toca a alterações da cor do vinho é a correção dos teores de SO_2 para que este produto se mantenha preservado até ser consumido.

Os valores referentes às concentrações de SO_2 , ao longo do processo produtivo, estão presentes na Figura 18.

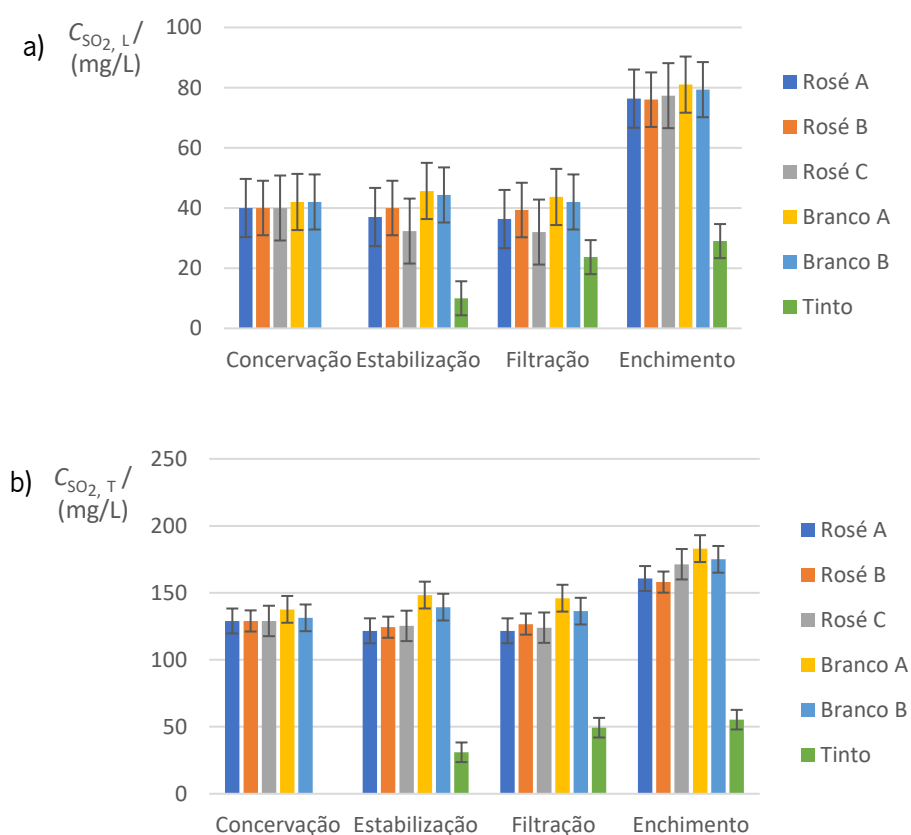


Figura 18 – Representação da concentração de SO_2 Livre ($C_{\text{SO}_2, \text{L}}$) (a) e de SO_2 Total ($C_{\text{SO}_2, \text{T}}$) (b)), em função da etapa do processo produtivo, para os vinhos rosés, brancos e tinto estudados, e respetivo erro associado ($p=0,05$).

Segundo a legislação Europeia, o teor em SO₂ Total presente no vinho não pode exceder, aquando da colocação no mercado, valores de 150 mg/L, no caso dos vinhos tintos, e de 200 mg/L, no caso dos vinhos brancos e rosés, podendo estes valores variar em casos específicos previstos pelo regulamento Regulamento (CE) n.º 934/2019.

No caso dos vinhos da ACPBAV, os teores de SO₂ são mantidos abaixo desses valores durante o processo de conservação, sendo corrigidos de modo que se registem concentrações semelhantes em todos os depósitos. Estes valores tendem a registar algumas oscilações quando são preparados para o enchimento, devido à movimentação do vinho entre etapas, tal como pode ser observado na Figuras 18. Esses valores tendem a variar entre as etapas de estabilização e filtração, podendo haver correções entre etapas, como no caso do vinho tinto analisado, que regista um aumento da concentração deste composto na etapa de filtração.

Aquando do enchimento, a concentração de SO₂ no vinho atinge valores superiores, de modo a garantir a conservação do vinho engarrafado, registando valores de SO₂ total da ordem de 180 mg/L para vinhos brancos e rosés e da ordem de 50 mg/L para vinhos tintos.

4.2.2. pH

As amostras recolhidas durante o processo produtivo, para vinhos rosés, brancos e tintos, foram sujeitas a uma análise do pH. Os resultados estão apresentados na Figura 20.

O valor de pH do vinho mantém-se, aproximadamente, constante ao longo do processo produtivo, variando entre: (i) $3,30 \pm 0,01$ e $3,37 \pm 0,04$ para vinhos rosés; (ii) entre $3,15 \pm 0,03$ e $3,21 \pm 0,02$, para vinhos brancos e (iii) entre $3,31 \pm 0,01$ e $3,35 \pm 0,01$ para vinhos tintos. Estes valores registam apenas algumas alterações nas amostras provenientes da linha de enchimento.

No caso dos vinhos brancos e rosés, nas garrafas provenientes da linha de enchimento, os valores de pH são mais baixos, em consequência da adição de ácidos ao vinho antes do enchimento, que contemplam os produtos enológicos utilizados para a preparação destes vinhos, cujo impacto sobre a cor é discutido no ponto 4.4.; esta alteração é maior nos vinhos rosés, uma vez que a concentração de ácidos aplicada é superior. Para o vinho tinto, na etapa do enchimento é registado um ligeiro aumento destes valores, devido ao facto deste vinho não ser acidificado

previamente, o que provoca um aumento do pH originado pela adição dos restantes produtos enológicos.

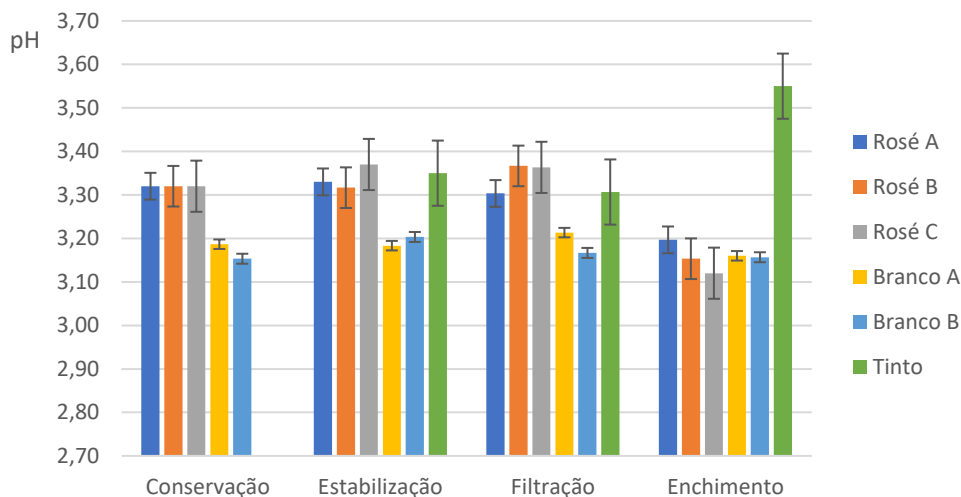


Figura 19 – Evolução dos valores de pH ao longo do processo produtivo, para vinhos rosés, brancos e tintos, e respetivo erro associado ($p=0,05$).

4.2.3. Oxigénio dissolvido

A par das análises colorimétricas realizadas e da determinação do pH e da concentração de SO_2 , foram também analisadas as concentrações de oxigénio dissolvido (C_{OD}), de modo a recolher dados sobre a concentração deste elemento em cada etapa, uma vez que o contacto entre o vinho e o oxigénio pode ser considerado o ponto crítico durante o processo de produção, na medida em que pode influenciar a sua qualidade e evolução (Castellari *et al.*, 2004).

Na ACPBAV, quando se inicia o processo de engarrafamento de um novo lote de vinho, conservado em recipientes de grandes dimensões, este é trasfegado para recipientes de menores dimensões. Estes recipientes podem ser cubas onde ocorre a etapa de estabilização ou cubas de conservação, onde o vinho permanecerá até ao momento do engarrafamento.

A trasfega de um depósito de grandes dimensões, para depósitos de capacidade inferior ou diretamente para a etapa de estabilização, pode aumentar a concentração de oxigénio dissolvido até 75 % em relação à concentração inicial, como pode ser observado na Tabela 3. Os valores representam as concentrações de oxigénio dissolvido para o lote de vinho rosé estudado.

Os valores de oxigénio dissolvido podem chegar a atingir valores superiores a 6 mg/L, em casos em que o depósito não fica cheio, havendo interrupções no processo de trasfega para cubas de estabilização ou havendo algum tratamento intermediário, estando estes valores próximos da saturação (Moreno & Peinado, 2012).

Tabela 3 – Valores de concentração de oxigénio dissolvido (C_{OD}), em diferentes depósitos e respetivo erro associado ($p=0,05$)

		$C_{OD}/(\text{mg/L})$	
Depósito de grandes dimensões		3,31 ^a	± 0,54
Depósitos de menores dimensões	1	5,70 ^{b,c,d}	± 0,10
	2	4,14 ^e	± 0,06
	3	5,80 ^{c,d}	± 0,05
	4	5,33 ^{b,c}	± 0,06
	5	5,64 ^{b,c}	± 0,12
	6	5,14 ^b	± 0,05
	7	6,92 ^f	± 0,05
Cuba de Estabilização	1	4,38 ^e	± 0,09
	2	6,29 ^d	± 0,29

Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

O incremento destes valores aquando das trasfegas é influenciado pelo tipo de bombas utilizado, pelo desnível entre as várias secções onde se encontram os depósitos de destino, pelo uso de mangueiras e junções defeituosas e, ainda, pela maneira como o vinho é descarregado em cada depósito (Moreno & Peinado, 2012). Devido a todos estes fatores, os valores obtidos relativos à concentração de oxigénio dissolvido variam muito.

Em casos em que o vinho não segue imediatamente para a etapa de estabilização, para ser engarrafado, é conservado até ao momento do engarrafamento, tendendo a concentração de oxigénio dissolvido a diminuir durante esse período, já que pode reagir com os compostos do vinho e provocando alterações na cor, como serão discutidas no ponto 4.2.4 (Morata, 2019; Moreno & Peinado, 2012).

Para um vinho rosé que permaneceu em conservação durante 42 dias, foi observado que durante esse período a sua concentração em oxigénio dissolvido diminuiu de $(6,82 \pm 0,19)$ mg/L para $(2,90 \pm 0,09)$ mg/L, isto é 58 %.

Chegado o momento do engarrafamento, o vinho é então sujeito à etapa de estabilização, dando início a todo o processo de preparação para o enchimento. Os dados obtidos para os valores da concentração de oxigénio dissolvido, ao longo deste processo, podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de concentração de oxigénio dissolvido (C_{OD}) de vinhos brancos, rosés e tinto, ao longo do processo produtivo, com respetivo erro associado ($p=0,05$)

Rosé A	Etapa do Processo Produtivo		$C_{OD}/(\text{mg/L})$		Branco A	Etapa do Processo Produtivo		$C_{OD}/(\text{mg/L})$	
	Estabilização		4,38 ^a ± 0,21			Estabilização		2,33 ^f ± 0,18	
	Filtração		0,76 ^{b,c} ± 0,20			Filtração		1,38 ^{d,g} ± 0,26	
	Enchimento	Início	1,59 ^d ± 0,04	Enchimento		Início	1,04 ^{c,g} ± 0,15		
Fim		1,47 ^d ± 0,04	Fim		1,25 ^{d,g} ± 0,15				
Rosé B	Etapa do Processo Produtivo		$C_{OD}/(\text{mg/L})$		Branco B	Etapa do Processo Produtivo		$C_{OD}/(\text{mg/L})$	
	Estabilização		6,29 ^e ± 0,72			Estabilização		7,48 ^h ± 0,48	
	Filtração		0,62 ^b ± 0,15			Filtração		2,67 ^f ± 0,12	
	Enchimento	Início	0,54 ^b ± 0,03	Enchimento		Início	2,41 ^f ± 0,04		
Fim		0,47 ^b ± 0,18	Fim		2,29 ^f ± 0,03				
Rosé C	Etapa do Processo Produtivo		$C_{OD}/(\text{mg/L})$		Tinto	Etapa do Processo Produtivo		$C_{OD}/(\text{mg/L})$	
	Estabilização		4,43 ^a ± 0,49			Estabilização		6,05 ^e ± 0,45	
	Filtração		0,62 ^b ± 0,15			Filtração		0,82 ^{b,c} ± 0,06	
	Enchimento	Início	0,46 ^b ± 0,10	Enchimento		Início	0,56 ^b ± 0,12		
Fim		0,44 ^b ± 0,12	Fim		0,42 ^b ± 0,18				

Para cada etapa do processo produtivo, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Após a estabilização, os valores de oxigénio dissolvido são semelhantes aos obtidos após as trasfegas, o que indicia que o incremento destes valores, nesta etapa, se deve sobretudo à trasfega para esta cuba, uma vez que a estabilização é realizada em cubas fechadas e cheias, minimizando o contacto com oxigénio.

Os valores obtidos nesta etapa são muito variáveis e dependem, sobretudo, da concentração em oxigénio dissolvido que o vinho possuía no depósito de origem. Podem existir valores menores

nesta etapa, como no caso do vinho Branco A, que apresentava os valores mais baixos registados antes da etapa de estabilização, $(0,24 \pm 0,08)$ mg/L.

Realizada a filtração, os valores da concentração de oxigénio dissolvido diminuem consideravelmente em todos os vinhos analisados, o que se deve à aplicação de dióxido de carbono nas cubas de destino. O dióxido de carbono irá permutar com o oxigénio dissolvido no vinho, fazendo a sua concentração baixar (Moreno & Peinado, 2012).

Por outro lado, os valores obtidos neste ponto podem ser ligeiramente superiores aos existentes no interior da cuba, uma vez que a amostra é retirada manualmente para uma garrafa antes da análise, devido ao facto de as cubas estarem sob pressão, o que justifica uma ligeira diminuição existente em alguns valores obtidos nas garrafas provenientes da linha de enchimento.

No caso dos valores obtidos para o vinho Rosé A, a concentração de oxigénio dissolvido nas garrafas provenientes da linha deve-se ao facto deste vinho possuir um valor de sobrepressão em garrafa inferior aos restantes vinhos rosés analisados, cerca de 50 kPa, em vez dos habituais 100 kPa.

Relativamente aos valores da concentração de oxigénio dissolvido registados entre o início e o fim do enchimento, pode verificar-se que tendem a permanecer constantes, sendo que as amostras foram retiradas sem que a enchedora tenha sido parada e essa paragem fará variar estes valores (Moreno & Peinado, 2012).

4.2.4. Coordenadas colorimétricas

Para aferir as etapas com maior alteração na cor do vinho ao longo do processo de preparação e engarrafamento na ACPBAV, foram acompanhados vários vinhos, cujas coordenadas colorimétricas são apresentadas de seguida.

Vinhos Rosés

Na Tabela 5 são apresentados os valores das coordenadas colorimétricas para três vinhos rosés, avaliados ao longo do processo produtivo. O valor de ΔE^* é a diferença de cor provocada pela referida etapa, sendo a comparação feita sempre com a etapa anterior, para que seja possível aferir as etapas que maiores alterações provocam na cor do produto.

Nesta tabela verifica-se que todas as etapas induzem diferenças na cor do vinho rosé. Esta

diferença é variável, dependendo da etapa que o vinho atravessa, uma vez que cada uma possui características diferentes e confere propriedades distintas ao produto, alterando também a sua cor.

Analisando três vinhos rosés do mesmo lote, mas engarrafados em dias e horários diferentes, constata-se que as etapas com maior impacto na cor do produto são a filtração e o enchimento, sendo que a estabilização é, geralmente, a etapa com menos impacto.

Tabela 5 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*), e respectivos erros associados ($p=0,05$), dos vinhos rosés em diferentes etapas do processo produtivo

Rosé A	Etapa		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
	Conservação		94,9 ^{a,b,d} ± 1,5	2,75 ^{a,b,c} ± 0,23	7,63 ^{a,b} ± 0,49	–
	Estabilização		95,2 ^{b,d} ± 0,6	2,67 ^{a,b,d,e} ± 0,66	7,61 ^{a,b} ± 0,26	0,23 ± 0,13
	Filtração		95,0 ^{a,b,d} ± 0,2	2,52 ^{a,d,e} ± 0,11	8,15 ^c ± 0,27	0,58 ± 0,09
	Enchimento	Início	93,5 ^c ± 1,0	2,80 ^{b,c,f} ± 0,07	7,42 ^a ± 0,10	1,67 ± 0,41
Fim		93,9 ^{a,c} ± 0,5	2,72 ^{a,b,c,e} ± 0,12	7,58 ^{a,b} ± 0,30	0,41 ± 0,19	
Rosé B	Etapa		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
	Conservação		94,9 ^{a,b,d} ± 1,5	2,75 ^{a,b,c} ± 0,23	7,63 ^{a,b} ± 0,49	–
	Estabilização		94,9 ^{a,b,d} ± 0,5	2,49 ^{d,e} ± 0,13	8,16 ^c ± 0,59	0,59 ± 0,16
	Filtração		95,8 ^d ± 0,8	2,47 ^{d,e} ± 0,15	7,43 ^a ± 0,01	1,17 ± 0,29
	Enchimento	Início	95,0 ^{a,b,d} ± 0,2	2,46 ^d ± 0,08	6,54 ^d ± 0,43	1,21 ± 0,23
		Fim	95,2 ^{b,d} ± 0,4	2,70 ^{a,b,d,e} ± 0,06	7,92 ^{b,c} ± 0,13	1,42 ± 0,10
Rosé C	Etapa		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
	Conservação		94,9 ^{a,b,d} ± 1,5	2,75 ^{a,b,c} ± 0,23	7,63 ^{a,b} ± 0,49	–
	Estabilização		94,6 ^{a,b,c} ± 0,2	3,04 ^f ± 0,09	7,86 ^{b,c} ± 0,10	0,51 ± 0,08
	Filtração		95,7 ^{b,d} ± 0,5	2,97 ^{c,f} ± 0,09	7,62 ^{a,b} ± 0,20	1,10 ± 0,18
	Enchimento	Início	95,4 ^{b,d} ± 0,4	2,96 ^{c,f} ± 0,01	7,31 ^a ± 0,25	0,43 ± 0,11
		Fim	95,8 ^{b,d} ± 0,1	2,71 ^{a,b,d,e} ± 0,04	7,61 ^{a,b} ± 0,14	0,57 ± 0,04

Para cada parâmetro, de cada vinho, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Para os vinhos analisados, apesar do lote ser o mesmo, a alteração provocada na cor é, ainda assim, variável, uma vez que o tempo de conservação não é o mesmo para todos os enchimentos. O é vinho inicialmente trasfegado de um depósito único, de grande capacidade, para depósitos variados, de menor capacidade, processo que leva à incorporação de oxigênio que pode afetar a cor de cada depósito individual de forma diferente. Também a quantidade de oxigênio dissolvido varia entre depósitos, como verificado no ponto 4.2.3., sendo que uma pequena diferença na concentração é, geralmente, suficiente para o oxidar (Moreno & Peinado, 2012).

Além da concentração de oxigénio dissolvido variar entre depósitos, podem ocorrer também correções de SO₂, que não tenham sido registadas no ponto 4.2.1., uma ou mais vezes, consoante as necessidades, dependendo do tempo que o vinho permanece em conservação, levando a uma perda de cor do produto, por reação com os pigmentos aí presentes (Morata, 2019). Por este motivo, a influência na cor, registada após a estabilização, é menor para o Rosé A, em comparação com o Rosé B e o Rosé C, uma vez que o primeiro vinho foi trasfegado diretamente do depósito de grandes dimensões para a cuba de estabilização e os outros dois permaneceram períodos diferentes em conservação, em depósitos de pequenas dimensões.

O tempo que o vinho permanece em conservação também influencia a cor, uma vez que o oxigénio dissolvido participa em reações de oxidação, que provocam o seu escurecimento (Moreno & Peinado, 2012). Para verificar esse efeito foi estudado um vinho rosé diferente dos anteriores e os resultados encontram-se descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*), e respetivos erros associados ($p=0,05$), para um vinho rosé no início e no fim do período de conservação

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Depósito de conservação – momento da trasfega	95,2 ^a ± 0,5	2,42 ^a ± 0,06	8,03 ^a ± 0,14	–
Depósito de conservação – 42 dias após trasfega	94,9 ^b ± 0,2	3,32 ^b ± 0,17	8,34 ^b ± 0,06	0,98 ± 0,05

Para cada coluna/parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p<0,05$).

Pela análise da Tabela 6 verifica-se que devido ao tempo de conservação, ocorrem alterações no vinho que levam a mudanças na sua cor, com especial influência nas coordenadas a^* e b^* , conduzindo a um aumento nestas duas componentes, com maior destaque na coordenada a^* . Este aumento deve-se à incorporação de oxigénio durante a trasfega, uma vez que no final deste procedimento o vinho possuía (6,82 ± 0,19) mg/L, e após os 42 dias que permaneceu em conservação, esse valor baixou para (2,90 ± 0,09) mg/L, indiciando que o O₂ tenha participado em reações de oxidação no vinho, levando a uma alteração das suas coordenadas colorimétricas, provocando o escurecimento do produto (Moreno & Peinado, 2012).

No final da estabilização, o vinho é sujeito a uma etapa de filtração, realizada através de um filtro tangencial de porosidade 0,20 µm. Esta etapa, como se observa na Tabela 5, é uma das

etapas que provoca uma alteração mais significativa na cor do vinho rosé. Isto deve-se ao facto de, nesta filtração, ter sido utilizado um filtro de porosidade superior à daquele que é utilizado para filtrar as amostras no laboratório da Empresa, de 1,2 μm . O filtro utilizado neste estudo não possuía uma porosidade inferior devido a limitações técnicas.

Verifica-se também que esta alteração na cor, provocada pela filtração, gera uma diminuição no valor da coordenada a^* , uma vez que pode remover alguns compostos fenólicos do vinho, nos quais se incluem as antocianinas, reduzindo a matéria corante, o que leva a uma alteração na cor e uma diminuição na intensidade corante do (Buffon *et al.*, 2014).

A última etapa a que o vinho é sujeito é a etapa de enchimento. Esta possui um impacto significativo na cor do vinho, o que se deve à adição de produtos enológicos que possuem impactos variados, como será discutido no ponto 4.4, e à filtração realizada pela bateria de filtros antes do enchimento.

Nesta etapa, a diferença na cor varia ao longo do tempo, durante o processo de enchimento, assumindo valores diferentes entre enchimentos, sendo que cada um corresponde a um tanque completo. Essa diferença aumenta entre o início e o final do processo, devido ao maior tempo de reação dos produtos enológicos que foram adicionados ao vinho, mas também devido à filtração realizada em linha, durante todo o processo. Nesta última filtração, o vinho atravessa três tipos de filtros (consecutivamente), de porosidade 1,2 μm , 0,65 μm , e 0,45 μm . Porosidades estas inferiores à utilizada na filtração da etapa anterior e que removerá, ainda, alguns dos compostos fenólicos existentes (Buffon *et al.*, 2014). Com o decorrer do processo, essa remoção é maior, pois ocorre a colmatagem parcial do filtro.

Assim, devido à filtração em linha, e ao maior tempo de reação dos produtos, verifica-se que o Rosé B apresenta uma maior diferença entre o início e o fim do processo de enchimento, uma vez que o enchimento deste tanque foi realizado da parte da tarde. Por contraposição, o Rosé A e o Rosé C foram engarrafados da parte da manhã, quando o filtro apresentava menor grau de colmatagem, o que provoca uma menor variação da cor.

Verifica-se, ainda, que a diferença de cor entre a etapa de filtração e o enchimento é menor para o Rosé C, o que pode indiciar que, embora a concentração de produtos enológicos adicionada tenha sido a mesma, a mistura e o erro na pesagem podem influenciar a diferença de cor, provocada por estes.

Vinhos Brancos

Tal como realizado para o vinho rosé, foram também avaliados dois vinhos brancos, no que respeita à influência na cor provocada pelas etapas do processo produtivo (Tabela 7).

Nos vinhos brancos, a variação de cor em cada uma das etapas que constituem o processo produtivo foi menor do que para o vinho rosé. Os vinhos brancos possuem menor conteúdo em matéria corante, devido ao processo pelo qual são produzidos, o que conduz a uma menor extração de pigmentos, sofrendo menores alterações ao longo do processo, quando comparado com os vinhos rosé e tinto (Pan *et al.*, 2019).

Tabela 7 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*), e respetivos erros associados ($p=0,05$), para vinhos brancos em diferentes etapas do processo produtivo

Branco A	Etapa		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
	Conservação		99,2 ^a ± 0,3	- 0,70 ^a ± 0,30	4,04 ^{a,b,c} ± 0,08	–
	Estabilização		98,9 ^a ± 1,1	- 0,76 ^{a,b} ± 0,22	4,27 ^{a,b,c,d} ± 0,83	0,39 ± 0,08
	Filtração		98,5 ^a ± 0,4	- 0,86 ^{a,b,c,d} ± 0,08	4,30 ^{b,c,d} ± 0,08	0,39 ± 0,16
	Enchimento	Início	99,1 ^a ± 0,6	- 0,69 ^a ± 0,40	3,96 ^{a,b} ± 0,54	0,69 ± 0,16
		Fim	99,3 ^a ± 0,4	- 0,83 ^{a,b,c} ± 0,05	3,85 ^a ± 0,39	0,22 ± 0,09
Branco B	Etapa		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
	Conservação		98,7 ^a ± 0,4	- 0,97 ^{b,c,d,e} ± 0,10	4,86 ^{e,f} ± 0,13	–
	Estabilização		98,6 ^a ± 1,2	- 1,06 ^{d,e} ± 0,06	5,27 ^f ± 0,14	0,42 ± 0,29
	Filtração		99,1 ^a ± 0,4	- 1,08 ^e ± 0,05	4,62 ^{d,e} ± 0,07	0,83 ± 0,13
	Enchimento	Início	99,2 ^a ± 0,6	- 0,94 ^{b,c,d,e} ± 0,10	4,38 ^{c,d} ± 0,28	0,29 ± 0,24
		Fim	98,9 ^a ± 0,3	- 1,00 ^{c,d,e} ± 0,03	4,67 ^{d,e} ± 0,11	0,47 ± 0,08

Para cada parâmetro, de cada vinho, letras diferentes representam diferenças significativas ($p<0,05$).

Tal como para o vinho rosé, todas as etapas possuem um impacto na cor do produto final, sendo que também nos vinhos brancos a filtração e o enchimento, com a respetiva adição de produtos enológicos, assumem um papel de destaque.

A etapa de estabilização possui uma alteração na cor provocada, sobretudo, pelas trasfegas do produto que a antecedem, levando à incorporação de oxigénio durante o processo de transferência, o que irá oxidar o vinho. Também as correções de SO₂ a que o vinho é sujeito e que levam à sua descoloração têm efeito nesta etapa. Neste caso, os impactos são diferentes no vinho Branco A e B, uma vez que se trata de vinhos diferentes, possuindo, por isso, características e cores distintas.

Nas etapas de filtração e enchimento verifica-se o mesmo, pois, vinhos diferentes possuem geralmente quantidades de matéria corante distinta (Buffon *et al.*, 2014). Deste modo, estas etapas têm impacto diferente nos dois tipos de vinho analisados, provocando uma maior diferença no vinho Branco B, que regista valores de ΔE^* de $0,83 \pm 0,13$, em comparação com o valor de $0,39 \pm 0,16$, registado no vinho Branco A.

A adição de produtos enológicos e a filtração em linha geram impactos distintos na cor. Uma vez que, sendo vinhos diferentes, a concentração de produtos enológicos adicionada antes do enchimento ao vinho Branco A foi superior à do vinho Branco B, há um maior impacto na cor desse vinho que regista um valor de ΔE^* de $0,69 \pm 0,16$. Ao longo do enchimento, verifica-se que, tal como ocorreu no vinho rosé, a cor varia, o que se deve ao maior tempo de reação dos produtos com o vinho e a alguma colmatagem existente nos filtros da linha que irá remover uma maior quantidade de compostos fenólicos do que no início do processo (Buffon *et al.*, 2014).

Vinho Tinto

Também o vinho tinto da ACPBAV foi analisado ao longo do processo produtivo. Neste caso, foi analisado apenas um enchimento de um vinho tinto, com amostragem a partir da etapa de estabilização. O número inferior de amostras deste vinho deve-se à sua baixa produção por parte da ACPBAV, quando comparado com os anteriores.

Na Tabela 8 são apresentados os parâmetros colorimétricos para o vinho tinto, em diferentes etapas do processo produtivo.

Contrariamente ao observado nos vinhos anteriores (brancos e rosés), para o vinho tinto não é possível retirar conclusões acerca do impacto da etapa de estabilização na cor, visto este ser o primeiro ponto de amostragem. Contudo, a etapa de filtração é, novamente, a que maior impacto gera na cor do produto, atingindo para este vinho valores de ΔE^* de $4,36 \pm 0,16$, claramente superiores aos gerados pela mesma etapa nos vinhos brancos e rosés. Estes valores devem-se ao facto de o vinho tinto ser mais rico em matéria corante e coloidal que os restantes, existindo por isso uma maior retenção quando sujeito à filtração industrial, em comparação com a filtração laboratorial, com uma menor remoção de compostos fenólicos (Ough & Crowell, 1987). Esse impacto tem especial relevância no valor da luminosidade que regista um aumento em relação à etapa anterior.

Tabela 8 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*), e respetivos erros associados ($p=0,05$), para um vinho tinto em diferentes etapas do processo produtivo

Tinto	Etapa		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
	Estabilização		39,5 ^a ± 0,5	60,08 ^a ± 0,14	6,38 ^a ± 0,70	–
	Filtração		43,3 ^b ± 0,4	60,23 ^a ± 0,16	4,26 ^b ± 0,24	4,36 ± 0,16
	Enchimento	Início	44,5 ^c ± 0,4	59,27 ^b ± 0,30	3,19 ^c ± 0,11	1,84 ± 0,13
		Fim	43,8 ^b ± 0,4	59,35 ^b ± 0,46	3,74 ^d ± 0,04	0,90 ± 0,17

Para cada parâmetro, de cada vinho, letras diferentes representam diferenças significativas ($p<0,05$).

O enchimento é a etapa que se segue com maior impacto na cor, demonstrando a influência da adição de produtos enológicos. A diferença de cor aumenta ao longo do processo, levando a que o vinho do final do enchimento apresente uma ligeira diferença de cor em comparação com o início. Ao contrário do que acontece nos vinhos brancos e rosés, neste, o impacto da filtração em linha não é tão notório, uma vez que o vinho previamente filtrado num filtro tangencial de 0,20 µm em linha é apenas sujeito a uma filtração de 1,20 µm.

4.3. Evolução da cor durante o armazenamento

Com o objetivo de caracterizar a evolução da cor durante o armazenamento, bem como dos parâmetros que a podem influenciar, foram realizadas análises físico-químicas, às concentrações de SO₂, pH e oxigénio dissolvido, bem como a caracterização colorimétrica do vinho, a cada três semanas. A evolução de cada um destes parâmetros e a sua discussão, são apresentadas em seguida.

4.3.1. Concentração de SO₂

As amostras alvo da análise à concentração de SO₂, ao longo do tempo de armazenamento, foram as mesmas do ponto 4.2.4, sendo obtidos os valores para as garrafas retiradas antes da adição de produtos enológicos (Figura 20).

A concentração de SO₂ Livre tende a diminuir com o tempo devido à reação deste composto químico com os compostos existentes no vinho, convertendo-se em SO₂ Combinado, uma vez que a concentração de SO₂ Total se mantém aproximadamente constante ao longo das dezoito semanas de armazenamento. No vinho Rosé A, a diminuição da concentração de SO₂ Livre

registada é mais acentuada do que nos restantes vinhos, efeito também observado na alteração da cor das garrafas, como será discutido no ponto 4.3.4. Isto, pode indicar o fecho inadequado das mesmas, uma vez que apenas este enchimento registou esta descida mais acentuada, a par de uma diferença também notada na cor, que se tornou muito variável entre as garrafas do mesmo vinho a partir das doze semanas de armazenamento.

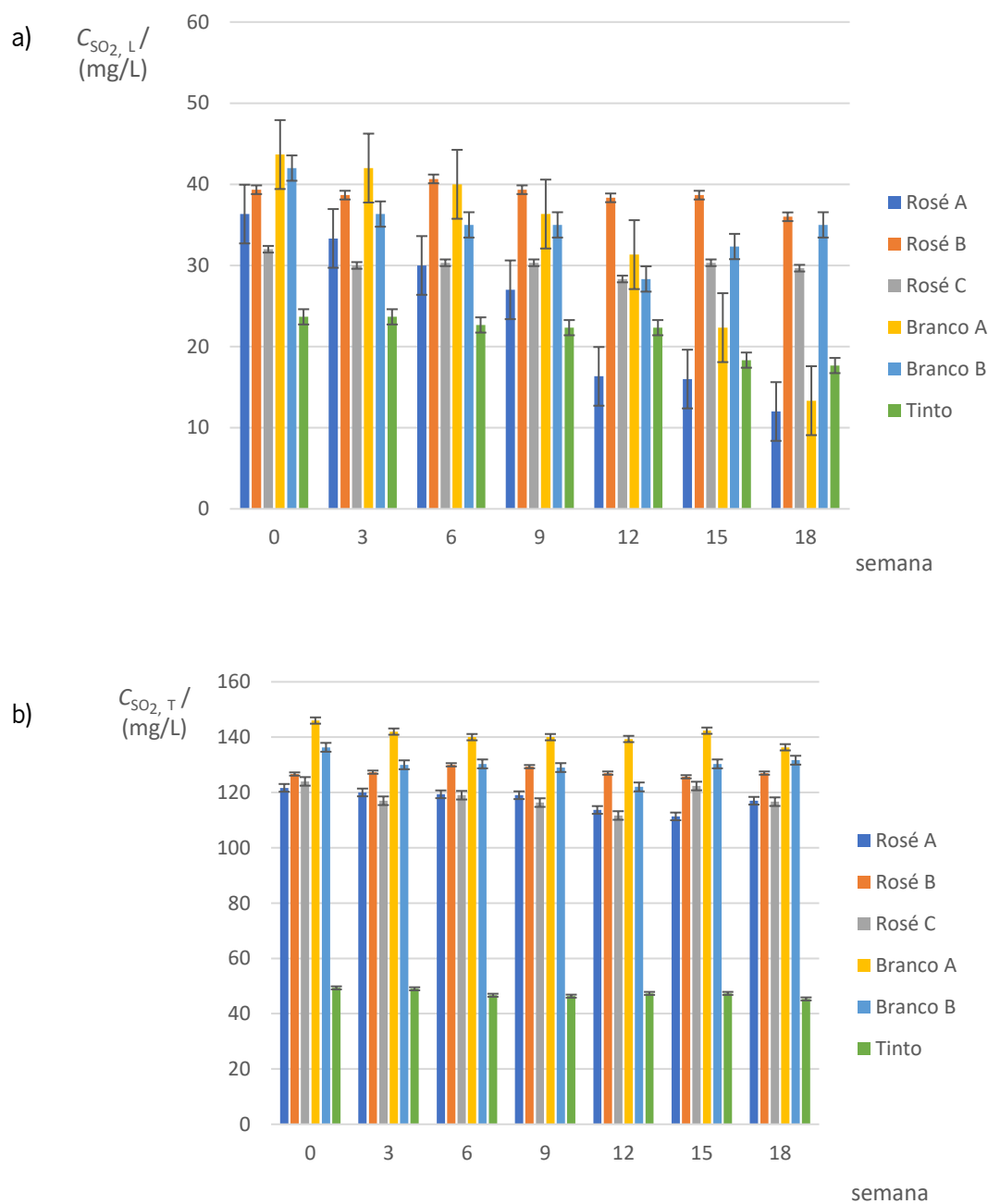


Figura 20 – Evolução da concentração de SO_2 Livre ($C_{SO_2, L}$) (a) e SO_2 Total ($C_{SO_2, T}$) (b), em função do tempo (18 semanas) de armazenamento em garrafa, antes da adição de produtos enológicos, e respetivo erro associado ($p=0,05$).

Como realizado nas garrafas antes da adição de produtos enológicos, também as garrafas provenientes da linha de enchimento foram sujeitas à análise dos teores em SO₂ Livre e Total, sendo os resultados apresentados na Figura 21. Estes são apenas referentes às primeiras garrafas do processo de enchimento, uma vez que os valores são equivalentes no início e no fim.

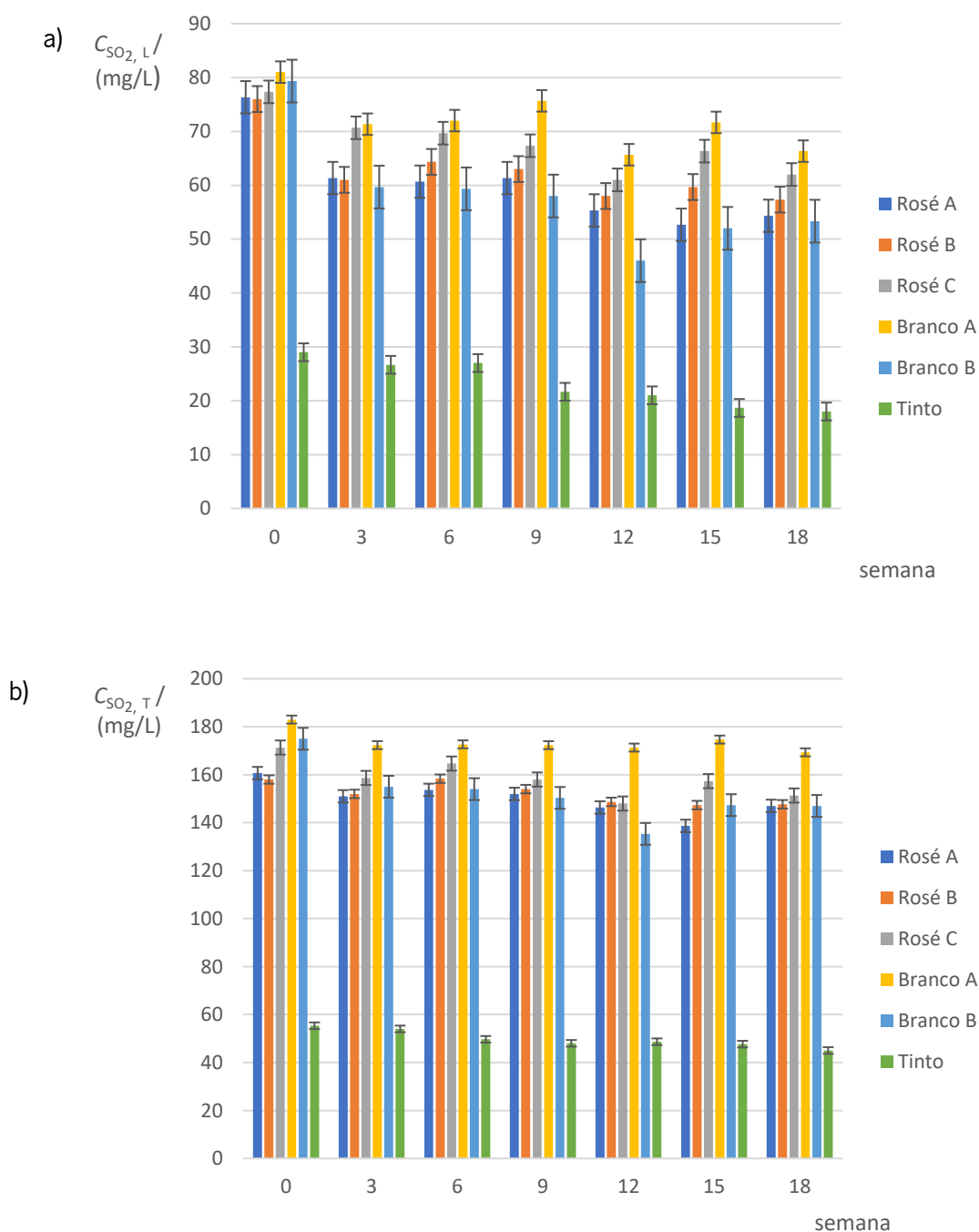


Figura 21 – Evolução da concentração de SO₂ Livre ($C_{SO_2, L}$) (a) e SO₂ Total ($C_{SO_2, T}$) (b), em função do tempo (18 semanas) de armazenamento em garrafa, provenientes da linha de enchimento, e respetivo erro associado ($p=0,05$).

À semelhança do registado para as garrafas antes da adição dos produtos enológicos, também as garrafas provenientes da linha de enchimento apresentam uma diminuição da concentração de SO₂ Livre ao longo do tempo de armazenamento devido à conversão deste em SO₂ Combinado.

Por outro lado, observa-se que as garrafas originárias da linha de enchimento que contemplam a adição de produtos enológicos, registam também uma ligeira diminuição na concentração de SO₂ Total, embora essa diminuição seja bastante reduzida quando comparada com a variação da concentração de SO₂ Livre. Esta variação nos teores de SO₂ é detetada também em estudos já realizados sobre o tempo de armazenamento de vinhos (Benucci, 2020; Kwiatkowski *et al.*, 2007).

4.3.2. pH

Assim como no ponto 4.3.1., o vinho armazenado foi também sujeito a análises para a determinação do seu pH ao longo do tempo de armazenamento. Os valores obtidos encontram-se registados no Anexo V.

Nas garrafas retiradas antes dos produtos enológicos, os valores de pH obtidos ao longo do tempo de armazenamento mantêm-se aproximadamente constantes, entre $3,21 \pm 0,10$ e $3,49 \pm 0,02$, para vinhos rosés e entre $3,10 \pm 0,04$ e $3,41 \pm 0,01$, para vinhos brancos. No caso do vinho tinto, estes valores são mais elevados, entre $3,31 \pm 0,01$ e $3,60 \pm 0,01$. Contudo, são registadas algumas variações que podem acontecer devido ao erro de calibração do aparelho, uma vez que esta calibração é aceite entre valores de 2,96 e 3,06, quando a calibração é feita com uma solução de pH igual a 3.

Do mesmo modo, nas amostras provenientes da linha de enchimento, o valor de pH também se mantém aproximadamente constante, registando valores mais baixos, provocados pela adição de ácidos, entre $3,11 \pm 0,08$ e $3,26 \pm 0,01$, para vinhos rosés, e entre valores de $3,08 \pm 0,09$ e $3,30 \pm 0,03$, para vinhos brancos. Já para o vinho tinto, estes valores sofrem um aumento em relação às amostras retiradas sem produtos enológicos, uma vez que este vinho não leva ácidos como os anteriores, apresentando valores entre $3,30 \pm 0,07$ e $3,64 \pm 0,01$. Contudo, são também registadas algumas variações, a par das observadas nas amostras antes dos produtos enológicos.

A análise do valor de pH do vinho é um fator de elevada importância, uma vez que consoante o valor deste parâmetro a forma predominante das antocianinas varia, sendo responsável pela modificação da cor do produto final (Morata, 2019).

4.3.3. Oxigénio dissolvido

As amostras de vinho foram ainda sujeitas à determinação da concentração de oxigénio dissolvido, com o objetivo de registar a sua evolução ao longo do tempo de armazenamento.

Para as garrafas retiradas antes da adição de produtos enológicos e na linha de enchimento, a concentração de oxigénio dissolvido tende a diminuir com o tempo, tal como pode ser observado nas Figuras 22 e 23. Para as garrafas retiradas da linha de enchimento, os valores apresentados correspondem apenas a garrafas retiradas no início do enchimento, uma vez que as garrafas retiradas no final deste processo, apresentam valores idênticos.

Nestas garrafas, a concentração de oxigénio dissolvido tende a diminuir, estabilizando para valores próximos de 0,20 mg/L em todos os tipos de vinhos analisados.

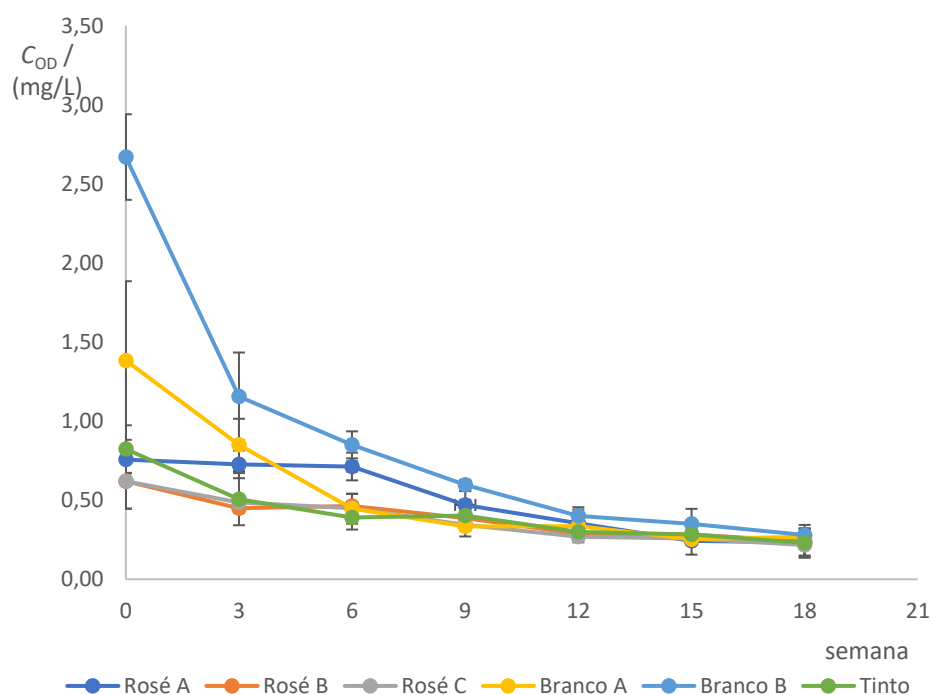


Figura 22 – Evolução da concentração de oxigénio dissolvido (C_{OD}) em função do tempo de armazenamento (18 semanas), para garrafas retiradas antes da adição de produtos enológicos, e respetivo erro associado ($p=0,05$).

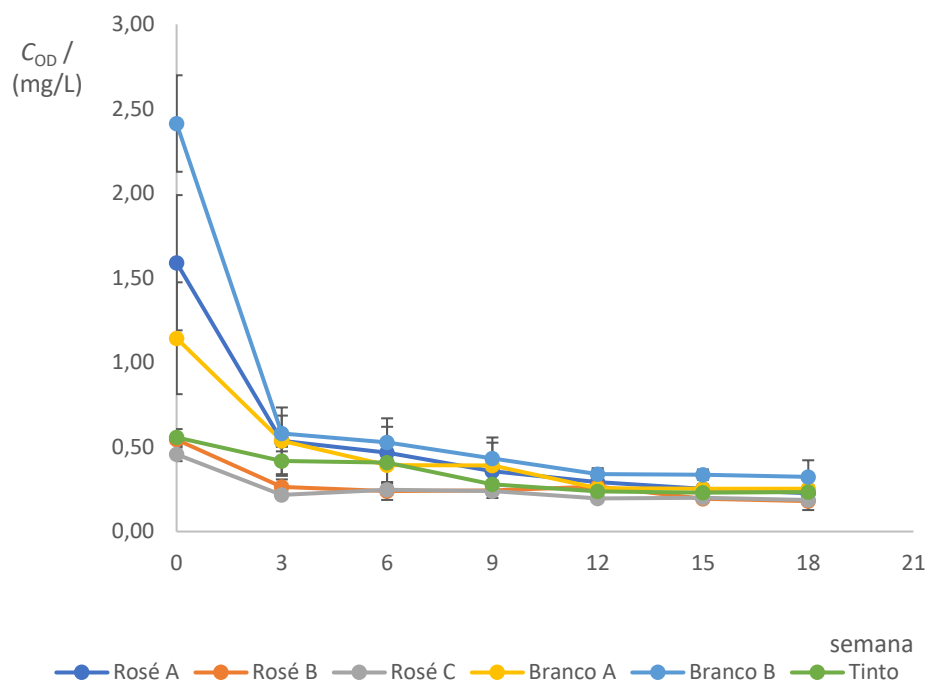


Figura 23 – Evolução da concentração de oxigênio dissolvido (C_{OD}) em função do tempo de armazenamento (18 semanas), para garrafas provenientes da linha de enchimento, e respetivo erro associado ($p=0,05$).

A diminuição da concentração deste parâmetro apresenta uma descida menos acentuada em vinhos retirados antes da adição de produtos enológicos, quando comparada com vinhos provenientes da linha de enchimento. Este ritmo de descida, deve-se ao facto de o vinho proveniente da linha de enchimento possuir menos oxigénio no *headspace*, devido ao procedimento de enchimento isobárico, com pré-evacuação das garrafas. Contudo, esta cadência indicia que o efeito do oxigénio dissolvido sobre as propriedades do vinho, é mais evidente nas garrafas sem produtos enológicos, uma vez que nas garrafas da linha de enchimento este valor tende a descer nas primeiras semanas de armazenamento. Esta descida mantém-se, aproximadamente constante, diminuindo a sua participação em reações de oxidação.

4.3.4. Coordenadas colorimétricas

Aos mesmos vinhos (brancos, tintos e rosés) analisados no ponto 4.2. foi também efetuada a análise colorimétrica ao longo de 18 semanas de armazenamento, com o objetivo de caracterizar a evolução da cor. As análises foram realizadas antes da adição de produtos enológicos e na linha de enchimento, no início e no final do processo.

Vinhos Rosés

A Tabela 9 representa a evolução do valor de ΔE^* obtido em garrafas retiradas em cubas de gaseificação antes dos produtos enológicos e analisadas de três em três semanas após o seu enchimento. Este valor é calculado em relação à cor inicial do produto, refletindo a evolução da cor durante o armazenamento.

Com a análise colorimétrica à evolução do vinho rosé da ACPBAV, antes da adição dos produtos enológicos, observa-se que a diferença de cor deste produto tende a aumentar com o tempo. Os valores de ΔE^* obtidos são maiores para o Rosé A, quando comparados com os Rosés B e C, uma vez que neste vinho se registou um aparecimento de depósito, devido ao fecho incorreto de algumas garrafas e uma diminuição mais acentuada nos valores de SO_2 , como registado no ponto 4.3.1. Este erro aumentou a diferença entre todas as garrafas a partir da décima segunda semana de armazenamento, algo que se reflete no aumento do erro dos valores, pois as garrafas começaram a diferir entre si. Este acontecimento reflete ainda a importância de um fecho correto das garrafas, uma vez que nas garrafas da linha de enchimento esta discrepância não foi verificada.

Tabela 9 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho rosé, retiradas antes da adição de produtos enológicos

Semana	Rosé A	Rosé B	Rosé C
	ΔE^*	ΔE^*	ΔE^*
0	–	–	–
3	0,67 $\pm$ 0,23	0,63 $\pm$ 0,16	0,75 $\pm$ 0,19
6	0,89 $\pm$ 0,05	0,57 $\pm$ 0,10	0,55 $\pm$ 0,01
9	1,36 $\pm$ 0,74	0,29 $\pm$ 0,15	1,08 $\pm$ 0,02
12	4,53 $\pm$ 2,00	0,43 $\pm$ 0,13	0,97 $\pm$ 0,12
15	4,90 $\pm$ 3,88	0,64 $\pm$ 0,07	0,94 $\pm$ 0,10
18	6,17 $\pm$ 3,64	0,70 $\pm$ 0,11	1,23 $\pm$ 0,14

Nos Rosés B e C essa discrepância entre as garrafas foi menor ou praticamente inexistente, o que se reflete num menor valor de ΔE^* alcançado no final do período de dezoito semanas. Porém, estes valores apresentam um ligeiro aumento quando comparados com o valor inicial. Contudo, em nenhum destes dois vinhos foi alcançado o limite de rejeição para ΔE^* , 2, estabelecido no ponto 4.1.

Estes valores de diferença de cor obtidos com o decorrer do tempo de armazenamento devem-se à consequente alteração das coordenadas colorimétricas do vinho que podem ser observadas no Anexo VI. Aí, pode verificar-se que o valor de L^* apresenta uma ligeira diminuição, o que pode ter acontecido devido ao facto de o vinho ter sofrido reações de oxidação e de escurecimento não-enzimático que levaram a um aumento das coordenadas a^* e b^* (Moreno & Peinado, 2012). Nesta etapa, o vinho rosé encontra-se mais suscetível a este tipo de reações que provoca o seu escurecimento, uma vez que, como se observa no ponto 4.3.1., a sua concentração de SO_2 é inferior à do vinho proveniente do enchimento. Este é o principal composto que protege o vinho da sua oxidação, uma vez que ainda não possui os produtos enológicos adicionados aquando do enchimento. Além disso, também os valores da concentração de oxigénio dissolvido são superiores nestas garrafas no momento da amostragem, sendo a sua diminuição gradual ao longo do estudo, como se constata no ponto 4.3.3. (Figura 22), levando a que reações de oxidação possam ocorrer ao longo do tempo de armazenamento (Li *et al.*, 2007).

Tal como nos valores de ΔE^* , a tendência seguida em cada um dos parâmetros é mais acentuada no Rosé A, a partir das doze semanas de armazenamento, indiciando a possível anomalia que ocorreu no vinho, contido nestas garrafas.

A análise às coordenadas colorimétricas ao longo do tempo de armazenamento foi também efetuada em garrafas provenientes da linha de enchimento e prontas a expedir. Os valores de ΔE^* obtidos ao longo do tempo foram idênticos para as garrafas no início e no fim do enchimento (Tabela 10).

Tabela 10 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho rosé, retiradas da linha de enchimento

Semana	Rosé A	Rosé B	Rosé C
	ΔE^*	ΔE^*	ΔE^*
0	–	–	–
3	1,29 $\pm$ 0,16	1,05 $\pm$ 0,07	0,49 $\pm$ 0,21
6	1,46 $\pm$ 0,15	1,27 $\pm$ 0,07	0,62 $\pm$ 0,05
9	1,63 $\pm$ 0,33	1,30 $\pm$ 0,09	1,05 $\pm$ 0,01
12	1,78 $\pm$ 0,03	1,74 $\pm$ 0,02	0,80 $\pm$ 0,03
15	1,77 $\pm$ 0,04	1,61 $\pm$ 0,18	1,31 $\pm$ 0,09
18	1,74 $\pm$ 0,05	1,79 $\pm$ 0,22	1,45 $\pm$ 0,08

Através da análise da Tabela 10, é possível verificar que após 18 semanas de armazenamento, as garrafas guardadas no armazém de produto acabado da ACPBAV, registam todos valores de ΔE^* superiores a $1,45 \pm 0,08$. Esta diferença de cor apresenta uma tendência crescente, com algumas oscilações, devido à variabilidade de temperatura sentida no armazém, entre 12,8 °C e 22,4 °C (registos no Anexo VII). Esta variabilidade afeta as reações de copigmentação, que possuem uma grande influência na cor do vinho devido à associação das antocianinas com outros compostos. Esta associação é influenciada pelo aumento da temperatura, que pode levar à sua dissociação e perda de cor (Boulton, 2001). Contudo, a diminuição da temperatura de armazenamento pode levar a um restauro destes complexos (Morata, 2019) fazendo com que a evolução não seja constante, devido às oscilações da temperatura.

Durante o tempo do estudo, os valores de ΔE^* obtidos não atingiram o nível de rejeição de 2 estabelecido no ponto 4.1. Contudo, este tempo não se deverá prolongar muito mais, de modo que esse valor não seja alcançado.

Verifica-se, também, que a maior diferença de cor obtida entre análises foi, na maioria dos casos, registada nas primeiras três semanas, algo que se deve à reação dos produtos enológicos adicionados próximo do enchimento e que, em casos como os taninos condensados, que atuam principalmente como copigmentos e estabilizantes da cor (Vignault *et al.*, 2019), demoram duas a três semanas a reagir.

Esse aumento da diferença de cor nas primeiras três semanas pode ainda refletir a reação do oxigénio dissolvido aquando do enchimento, visto que, como discutido no ponto 4.3.3., a maior diminuição da sua concentração, no vinho engarrafado, é registada precisamente nas primeiras três semanas após o enchimento.

O valor da coordenada L^* apresenta uma ligeira tendência de diminuição com o decorrer do tempo de armazenamento, devido às mudanças que ocorrem na cor e que se manifestam na redução da sua intensidade e na ocorrência de matizes castanho-amareladas, o que se reflete numa perda de brilho e numa cor mais escura. Esta diminuição deve-se à perda de antocianinas nativas que formam produtos de degradação, que são, na sua maioria, escuros e castanhos (Stávek *et al.*, 2012).

Com o decorrer do estudo, observa-se que os valores de b^* apresentam um crescimento, corroborando o facto de que o vinho rosé adquire tonalidades amareladas ao longo do período de

armazenamento (Stávek *et al.*, 2012). Resultados idênticos para este parâmetro foram obtidos por Hernandez e colaboradores (Hernandez *et al.*, 2011).

Contudo, contrariamente ao observado por estes autores, os valores de a^* apresentam um ligeiro crescimento ao longo do tempo de armazenamento, o que pode indicar que estejam a ocorrer reações de oxidação ou de copigementação, originando o aumento desta componente. Com o decorrer do tempo de armazenamento, o vinho rosé tende a adquirir uma cor tijolo, uma vez que os compostos corantes são muito sensíveis às condições de armazenamento devido aos baixos níveis de compostos de proteção que ocorrem naturalmente (Stávek *et al.*, 2012).

Vinhos Brancos

Tal como realizado para o vinho rosé, também o vinho branco foi analisado ao longo de 18 semanas de armazenamento. Os valores de ΔE^* obtidos para as garrafas retiradas antes da adição de produtos enológicos ao longo de dezoito semanas de armazenamento encontram-se registados na Tabela 11.

Tabela 11 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho branco, retiradas antes da adição dos produtos enológicos

Semana	Branco A	Branco B
	ΔE^*	ΔE^*
0	–	–
3	0,32 $\pm$ 0,03	0,67 $\pm$ 0,16
6	0,47 $\pm$ 0,06	0,39 $\pm$ 0,05
9	0,41 $\pm$ 0,07	0,31 $\pm$ 0,04
12	0,61 $\pm$ 0,04	0,23 $\pm$ 0,04
15	0,69 $\pm$ 0,07	0,28 $\pm$ 0,05
18	0,85 $\pm$ 0,24	0,37 $\pm$ 0,07

Na Tabela 11, verifica-se que a diferença de cor (ΔE^*), como seria de esperar, tende a aumentar com o tempo de armazenamento, tendo atingido valores máximos de $0,85 \pm 0,24$. Verifica-se que para o vinho Branco B, a maior diferença de cor foi atingida nas três semanas após a extração da amostra, o que se deve ao facto de no momento da amostragem estas garrafas possuírem valores de oxigénio dissolvido bastante elevados quando comparados com o vinho Branco A, como discutido no ponto 4.3.3. A sobrepressão de CO_2 na cuba deste vinho era inferior,

cerca de 50 kPa, o que permitiu uma maior dissolução de O_2 no momento da amostragem. Estes valores de oxigénio decrescem com o tempo de armazenamento, sendo que a sua maior diminuição se registou precisamente nas primeiras três semanas, o que indicia que o oxigénio tenha participado em reações de oxidação que conduziram ao seu escurecimento neste período (Moreno & Peinado, 2012). No restante tempo de armazenamento, os valores de oxigénio foram diminuindo de forma gradualmente menor.

Esta evolução dos valores de ΔE^* deve-se à alteração das coordenadas colorimétricas do vinho durante o tempo de armazenamento apresentadas no Anexo VI.

Verifica-se que ao longo do tempo de armazenamento existe um aumento da coordenada L^* para o vinho Branco A, contrariamente ao esperado, uma vez que o vinho branco tende a escurecer, mudando a sua cor pálida para um amarelo intenso (Castellanos *et al.*, 2021), já para o vinho Branco B, estes valores mantêm-se aproximadamente constantes, à exceção da semana três onde se verificou uma diminuição.

As coordenadas a^* e b^* demonstram um aumento, mais pronunciado no caso da coordenada b^* , que é consistente com o facto do vinho escurecer com o avançar do tempo, ganhando uma cor amarela mais intensa por comparação com o momento do enchimento (Castellanos *et al.*, 2021).

Contudo, estas coordenadas apresentam algumas oscilações, que podem ter sido provocadas pela oxidação de algumas amostras, sendo o vinho branco menos resistente ao oxigénio (Castellanos *et al.*, 2021). Os fatores que estão envolvidos nestas reações durante o tempo de armazenamento têm uma influência conjunta, sendo que os efeitos de cada um são muito difíceis de estudar (Kanavouras *et al.*, 2020).

Para avaliar a evolução da cor em vinho engarrafado e pronto a consumir ao longo do tempo de armazenamento foram armazenadas de igual modo garrafas retiradas na linha de enchimento. Os valores de ΔE^* obtidos para estas garrafas são representados na Tabela 12. Mais uma vez a evolução dos valores registada foi idêntica entre as garrafas do início e do fim do enchimento, optando-se por demonstrar apenas os resultados obtidos para as garrafas do início deste processo.

Analisando a evolução da cor do vinho branco ao longo de dezoito semanas de armazenamento, verifica-se que o valor de ΔE^* mais elevado foi de $1,25 \pm 0,11$ para o vinho Branco B.

Os valores de ΔE^* apresentam uma tendência crescente ao longo do tempo em que as garrafas estiveram armazenadas, contudo regista-se um ligeiro aumento destes valores entre as semanas seis e nove no caso do vinho Branco A, algo que não se verifica no vinho Branco B.

Tabela 12 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho branco, retiradas da linha de enchimento

Semana	Branco A	Branco B
	ΔE^*	ΔE^*
0	–	–
3	0,44 $\pm$ 0,08	0,84 $\pm$ 0,11
6	0,59 $\pm$ 0,02	0,56 $\pm$ 0,03
9	0,51 $\pm$ 0,02	0,72 $\pm$ 0,09
12	0,37 $\pm$ 0,04	0,88 $\pm$ 0,05
15	0,35 $\pm$ 0,04	1,05 $\pm$ 0,08
18	0,44 $\pm$ 0,07	1,25 $\pm$ 0,11

Tal como registado nas garrafas retiradas antes da adição dos produtos enológicos, nas garrafas provenientes do enchimento observa-se, também, um aumento da coordenada L^* , contudo, esse aumento não é tão acentuado nestas garrafas como nas anteriores, permanecendo praticamente constante para o vinho Branco B a partir das nove semanas.

No que toca as coordenadas a^* e b^* , estas registam um aumento com o tempo de armazenamento, contudo, tal como nas garrafas da etapa anterior esse aumento é maior para a coordenada b^* , corroborando o facto do vinho branco sofrer reações que levam ao seu escurecimento e aparecimento de uma cor amarela mais consistente (Castellanos *et al.*, 2021).

Vinho Tinto

Tal como nos vinhos brancos e rosés, também um vinho tinto foi analisado ao longo do período de armazenamento. Os valores de ΔE^* , para as garrafas retiradas antes da adição dos produtos enológicos são apresentados na Tabela 13.

É possível observar que a diferença de cor do vinho tinto vai aumentando com o decorrer do tempo de armazenamento, atingindo o valor máximo de $5,64 \pm 0,45$ às dezoito semanas de armazenamento, apresentando, por isso, uma diferença na cor, possivelmente notada de forma clara pelo observador, em comparação com o momento inicial (Mokrzycki & Tatol, 2012).

A alteração da cor ao longo do tempo depende também da evolução das coordenadas colorimétricas que podem ser observadas no Anexo VI.

Tabela 13 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho tinto retiradas, antes da adição dos produtos enológicos

Tinto	
Semana	ΔE^*
0	–
3	0,98 $\pm$ 0,11
6	1,80 $\pm$ 0,17
9	2,72 $\pm$ 0,13
12	3,93 $\pm$ 0,15
15	4,51 $\pm$ 0,66
18	5,64 $\pm$ 0,45

Através da análise destas coordenadas é possível observar que há um aumento da luminosidade do vinho ao longo do tempo de armazenamento, ou seja, o vinho tinto tende a perder cor ao longo deste período, sobretudo devido à precipitação das antocianinas, que origina uma perda de intensidade (Cameira dos Santos *et al.*, 2018).

Em relação à coordenada a^* , esta regista uma diminuição acentuada durante o armazenamento, o que pode ser explicado por uma possível degradação e precipitação das antocianinas, podendo transitar para o seu estado incolor, levando à perda desta componente da cor ou formar compostos derivados com características diferentes (Cameira dos Santos *et al.*, 2018).

À semelhança do que ocorre com a coordenada a^* , também a coordenada colorimétrica b^* regista uma diminuição com o decorrer do tempo, embora menos acentuada, ou seja, o vinho tende a perder as componentes vermelha e amarela da cor, adquirindo tons mais acastanhados ao longo do período de armazenamento (Cameira dos Santos *et al.*, 2018).

De modo a avaliar, também, a evolução da cor do vinho tinto já engarrafado e pronto a consumir foram guardadas e analisadas garrafas provenientes da linha de enchimento. Tal como nos vinhos brancos e rosés, a evolução dos valores de ΔE^* nas garrafas do início e do final do

processo de enchimento foi idêntica. Por esse motivo, na Tabela 14 é apresentada a evolução dos valores de ΔE^* apenas para as garrafas do início do processo.

Tal como observado nas garrafas antes da adição dos produtos enológicos, também nas garrafas do provenientes da linha de enchimento o valor de ΔE^* tende a aumentar com o tempo, atingindo, às dezoito semanas, o valor de $5,23 \pm 0,13$. Existe, por isso, uma diferença de cor, possivelmente notada de forma clara pelo observador, para o vinho tinto estudado, relativamente ao momento do enchimento.

Os valores de diferença de cor são ligeiramente menores nas garrafas de vinho provenientes da linha de enchimento do que nas garrafas de vinho da etapa anterior, o que se deve ao facto dos produtos enológicos adicionados atenuarem esta evolução ao longo do tempo, protegendo os compostos responsáveis pela cor do vinho.

Os valores de diferença de cor são ligeiramente menores nas garrafas de vinho provenientes da linha de enchimento do que nas garrafas de vinho da etapa anterior, o que se deve ao facto dos produtos enológicos adicionados atenuarem esta evolução ao longo do tempo, protegendo os compostos responsáveis pela cor do vinho.

Tabela 14 – Evolução do valor de ΔE^* , e respetivos erros associados ($p=0,05$), para garrafas de vinho tinto, provenientes da linha de enchimento

Tinto	
Semana	ΔE^*
0	–
3	$0,71 \pm 0,09$
6	$0,87 \pm 0,11$
9	$1,69 \pm 0,04$
12	$3,17 \pm 0,21$
15	$4,00 \pm 0,17$
18	$5,23 \pm 0,13$

Tal como observado nas garrafas antes da adição de produtos enológicos, também as garrafas provenientes da linha de enchimento apresentam uma tendência para um aumento da coordenada L^* , demonstrando alguma perda de cor por parte do produto estudado.

Observa-se que a componente vermelha da cor tende a diminuir, provavelmente provocada pela degradação das antocianinas que podem transitar para outros estados que não o colorido, uma vez que, durante o armazenamento inicial do vinho, a concentração de antocianinas diminui exponencialmente levando a uma diminuição da componente vermelha da cor deste produto (Fernandes *et al.*, 2017).

Acompanhada da diminuição da coordenada a^* , verifica-se também uma diminuição na coordenada b^* , tal como se tinha registado nas garrafas da etapa anterior. Esta diminuição não é, contudo, tão acentuada, indiciando que o vinho proveniente da linha de enchimento também vai adquirindo tons acastanhados com o decorrer do período de armazenamento (Cameira dos Santos *et al.*, 2018).

4.4. Impacto da adição de produtos enológicos na cor dos vinhos

Como verificado no ponto 4.2.4., a adição de produtos enológicos é uma das etapas que maior alteração provoca na cor do vinho rosé. Assim, de modo a estudar a influência de cada produto adicionado a este vinho foram realizados ensaios laboratoriais com duas concentrações distintas de cada um dos produtos usados na Adega, sendo a primeira a concentração utilizada pela ACPBAV e a segunda uma concentração mais elevada. Os valores dos parâmetros colorimétricos obtidos, bem como o valor de ΔE^* , calculado em relação ao vinho base, encontram-se apresentados na Tabela 15.

Como se pode verificar, todos os produtos adicionados ao vinho antes do enchimento provocam diferenças na cor, quando comparados com o vinho base. Estas alterações variam de produto para produto, dependendo da sua função e concentração, sendo que a adição de qualquer um provoca, na generalidade dos ensaios, uma redução da luminosidade do vinho, que aumenta com o incremento da concentração aplicada.

Ao vinho rosé da ACPBAV são adicionados três tipos de gomas. Estas gomas consistem em soluções de goma arábica e dióxido de enxofre. A adição destes produtos provoca alterações na cor que vão desde $0,22 \pm 0,02$ até $0,52 \pm 0,02$ e que podem ir até $0,63 \pm 0,05$, no caso da Goma A, quando a sua concentração aumenta para o dobro.

O impacto na cor, provocado pelas gomas adicionadas ao vinho rosé, reside especialmente na redução do valor da coordenada a^* e num aumento da coordenada b^* . Esta alteração na

coordenada a^* pode atingir uma diminuição de, aproximadamente, 8 %, no caso da Goma B quando a concentração utilizada é de 1,0 g/L. Esta redução na componente vermelha da cor do vinho deve-se ao facto de as gomas libertarem SO_2 entre 3,0 mg/L a 4,0 mg/L, que, quando adicionado, pode provocar uma transição das moléculas das antocianinas para o seu estado incolor (Morata, 2019).

Tabela 15 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e ΔE^*) do vinho rosé, e respetivos erros associados ($p=0,05$), antes (vinho base) e após a aplicação de produtos enológicos em diferentes concentrações (C)

		L^*	a^*	b^*	ΔE^*
	Vinho Base	96,9 ^{a,b} ± 0,2	2,16 ^{a,b} ± 0,04	4,51 ^a ± 0,19	–
Produtos enológicos	C /(g/L)				
Goma A	0,5 ± 0,006	96,6 ^{a,b,c,d,e} ± 0,0	2,04 ^{c,d,e} ± 0,02	4,94 ^b ± 0,07	0,52 ± 0,02
	1,00 ± 0,01	96,5 ^{c,d,e} ± 0,2	2,02 ^{d,e,f} ± 0,02	5,01 ^{b,c} ± 0,09	0,63 ± 0,05
Goma B	0,3 ± 0,004	96,7 ^{a,b,c,d} ± 0,1	2,02 ^{d,e,f} ± 0,04	4,93 ^{b,d} ± 0,09	0,47 ± 0,04
	1,00 ± 0,01	96,6 ^{b,c,d,e} ± 0,3	1,99 ^{e,f} ± 0,07	4,94 ^b ± 0,07	0,54 ± 0,04
Goma C	0,2 ± 0,003	96,9 ^a ± 0,2	2,15 ^{a,b} ± 0,03	4,73 ^{e,f,g} ± 0,08	0,22 ± 0,02
	0,5 ± 0,006	96,8 ^{a,b,c} ± 0,2	2,11 ^{b,g} ± 0,03	4,71 ^{e,f} ± 0,16	0,22 ± 0,08
Sol. estabilizante – polissacáridos	0,02 ± 0,001	96,6 ^{a,b,c,d,e} ± 0,2	2,10 ^{b,g} ± 0,04	4,79 ^{e,f,g,h} ± 0,04	0,40 ± 0,05
	0,1 ± 0,001	96,5 ^{d,e} ± 0,4	2,14 ^{a,b} ± 0,09	4,83 ^{d,h} ± 0,09	0,51 ± 0,12
Sol. estabilizante – poliaspartato	0,5 ± 0,003	96,6 ^{a,b,c,d} ± 0,1	2,06 ^{c,d,g} ± 0,05	4,74 ^{e,f,g,h} ± 0,07	0,36 ± 0,06
	1,1 ± 0,0067	96,5 ^{d,e} ± 0,5	2,17 ^a ± 0,02	4,79 ^{e,f,g,h} ± 0,01	0,48 ± 0,16
Taninos condensados	0,03 ± 0,001	96,5 ^{d,e} ± 0,1	2,08 ^{c,g} ± 0,05	5,08 ^c ± 0,06	0,69 ± 0,01
	0,1 ± 0,001	95,7 ^f ± 0,5	1,98 ^f ± 0,03	6,43 ⁱ ± 0,08	2,27 ± 0,13
Ácido ascórbico	0,1 ± 0,001	96,5 ^{c,d,e} ± 0,0	2,30 ^h ± 0,06	4,81 ^{f,g,h} ± 0,06	0,46 ± 0,02
	0,5 ± 0,006	96,5 ^{c,d,e} ± 0,1	2,36 ⁱ ± 0,02	4,70 ^e ± 0,02	0,44 ± 0,03
Ácido tartárico	0,7 ± 0,009	96,3 ^{e,g} ± 0,1	2,28 ^h ± 0,03	4,82 ^{g,h} ± 0,05	0,65 ± 0,03
	2,0 ± 0,03	96,1 ^g ± 0,2	2,73 ^k ± 0,05	4,72 ^e ± 0,05	0,94 ± 0,06
Ácido málico	0,7 ± 0,009	96,5 ^{d,e} ± 0,2	2,26 ^h ± 0,06	4,74 ^{e,f,g,h} ± 0,08	0,47 ± 0,07
	2,0 ± 0,03	96,1 ^g ± 0,4	2,55 ^j ± 0,02	4,77 ^{e,f,g,h} ± 0,02	0,91 ± 0,12

Para cada produto enológico/parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Além das gomas, também as soluções estabilizantes adicionadas antes do processo de enchimento provocam alterações na cor do produto final. Estas alterações podem variar entre $0,36 \pm 0,06$ e $0,40 \pm 0,05$, podendo atingir valores de diferença de cor para o vinho inicial de $0,51 \pm 0,12$ no caso da solução estabilizante à base de polissacáridos de levedura e de uvas, quando a sua concentração aumenta para 0,10 g/L.

A aplicação destas soluções apresenta um impacto na coordenada b^* , principalmente, que regista um ligeiro incremento com o aumento da concentração das referidas soluções. Esse incremento deve-se sobretudo à cor amarelada do produto, cujo gráfico de absorção, para a dissolução destes produtos em água, com as mesmas concentrações adicionadas ao vinho, pode ser observado nas Figuras 24 e 25. Regista-se, nos dois casos, um pico de absorvância entre os 360 nm e os 480 nm.

A adição destas soluções estabilizantes pode levar a um aumento de aproximadamente 7 % da componente amarela da cor, no caso da solução estabilizante à base de polissacárido de levedura e de uvas, quando a sua concentração atinge as 0,10 g/L.

No caso da adição de taninos condensados ao vinho rosé, observa-se que o seu principal impacto é dado pelo aumento da coordenada b^* e pela diminuição da coordenada a^* , podendo atingir um incremento de aproximadamente 43 % da componente amarela da cor e uma diminuição de aproximadamente 9 % da componente vermelha.

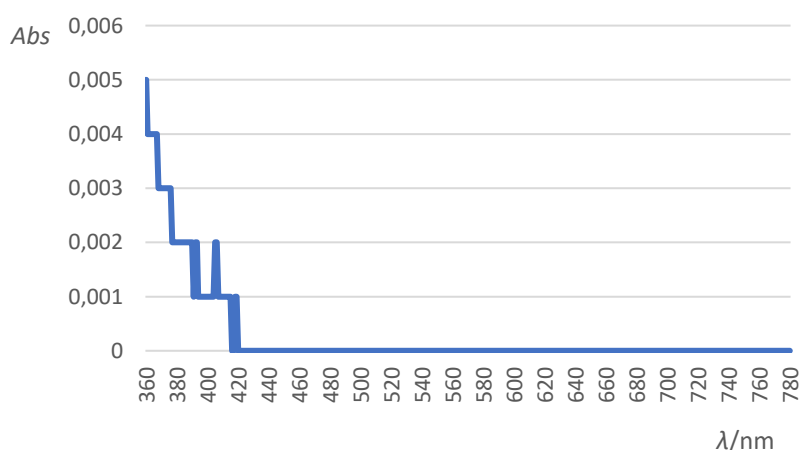


Figura 24 – Representação da absorvância (Abs) em função do comprimento de onda (λ) para uma solução estabilizante à base de polissacárido de levedura e de uvas.

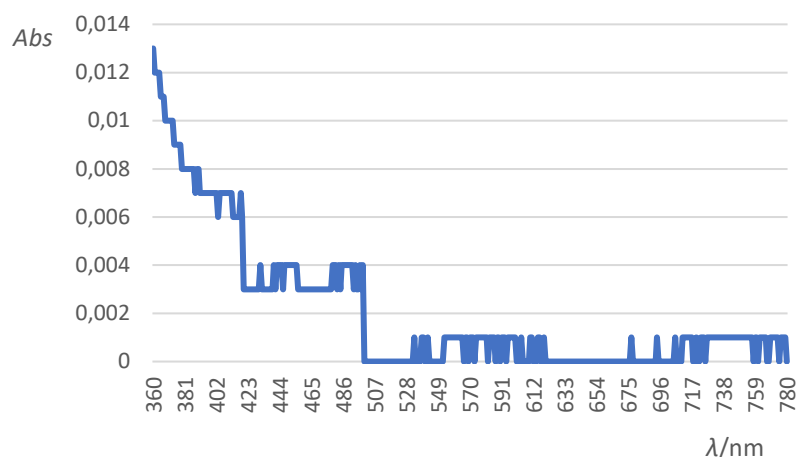


Figura 25 – Representação da absorvância (*Abs*) em função do comprimento de onda (λ) para uma solução de poliaspartato de potássio.

A alteração na cor do produto final dada pela adição deste produto enológico é também a maior alteração provocada entre todos os produtos adicionados, atingindo valores de $2,27 \pm 0,13$ quando a sua concentração alcança valores de 0,10 g/L, o que já é considerado uma diferença notória na cor do produto, provocada pela adição desta solução.

Esta alteração ocorre sobretudo devido à sua cor acastanhada, apresentando um pico de absorvância entre os 360 nm e os 480 nm quando adicionado a água em concentrações idênticas às aplicadas no vinho rosé, cujo gráfico pode ser observado na Figura 26.

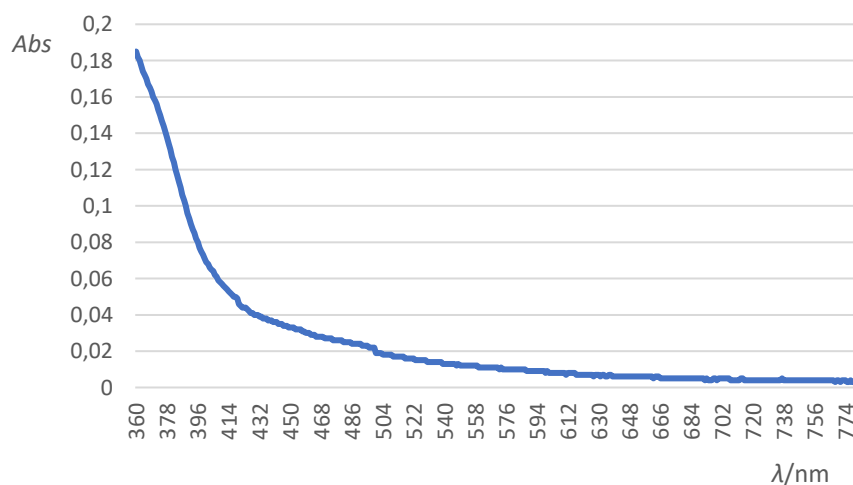


Figura 26 – Representação da absorvância (*Abs*) em função do comprimento de onda (λ) para uma solução de taninos condensados.

Esta solução de taninos condensados é adicionada ao vinho rosé com o objetivo de promover a copigmentação, levando à transição das antocianinas para um estado mais estável e com uma cor mais avermelhada. Esses resultados não são verificados no ensaio nem na altura do enchimento, uma vez que seria de esperar um aumento de a^* e uma diminuição de b^* e L^* , tal como registado por Vignault e colaboradores (Vignault *et al.*, 2019), indiciando a possibilidade deste produto não ter, à data da análise, reagido com o vinho pois, segundo o fabricante, a adição desta solução deveria ser feita duas a três semanas antes do enchimento e não no dia anterior, como realizado no ensaio e na ACPBAV.

Assim, os resultados da adição deste produto são observados na análise colorimétrica realizada às garrafas provenientes da linha de enchimento, após três semanas de armazenamento, como verificado no ponto 4.3.4. Esta adição resulta num aumento da coordenada a^* , nas análises colorimétricas desse período.

Por fim, relativamente à aplicação dos ácidos ascórbico, tartárico e málico, verifica-se, através da análise a Tabela 15, que a sua adição leva a um aumento da coordenada a^* e a um aumento, mais ligeiro, da coordenada b^* , podendo provocar diferenças na cor do vinho que podem alcançar valores de $0,94 \pm 0,06$ para o ácido tartárico, em concentrações de 2,0 g/L.

A alteração na cor provocada pela adição de ácidos ao vinho rosé deve-se, sobretudo, à alteração do valor de pH, visto que, para valores de pH mais ácidos a forma das antocianinas predominante é o catião flavílio, que possui uma cor avermelhada, daí que com o aumento da concentração destes ácidos, o valor da coordenada a^* aumente de igual modo (Morata, 2019). Esse aumento pode ser de até 26 % para uma concentração de ácido tartárico de 2,0 g/L.

Deste modo, a adição de produtos enológicos afeta a cor do vinho rosé, tendo uma influência distinta conforme o tipo de vinho e as concentrações em que sejam adicionados, podendo fazer variar a cor final do produto. Mesmo adicionados em concentrações semelhantes, a sua adição ao longo do processo de preparação não garante as quantidades exatas, introduzindo variações nas concentrações destes produtos, que levam a diferenças na cor após o enchimento do vinho, como verificado no ponto 4.2.4.

Por fim, foi também avaliada a influência na cor provocada pela aplicação de três diferentes concentrações de SO_2 Livre a um vinho rosé, e verificado o seu impacto na cor, contudo concentrações tão elevadas não são praticadas na realidade da empresa, servindo apenas para

contextualizar o impacto do aumento deste valor na cor do produto. Inicialmente, a concentração de SO₂ Livre era de (38 ± 0,58) mg/L, e, após a adição, foi de (56 ± 1) mg/L, (90 ± 1) mg/L e (147 ± 1) mg/L, respetivamente. Os resultados são apresentados na Figura 27.

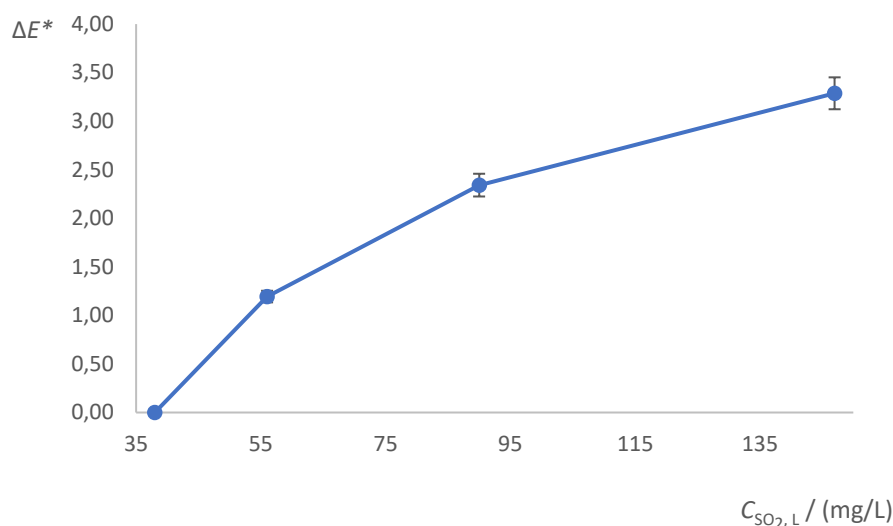


Figura 27 – Variação do valor de ΔE^* , e respetivo erro associado ($p=0,05$), em função da concentração de SO₂ Livre ($C_{SO_2,L}$).

Devido ao seu forte impacto nas propriedades do vinho, nomeadamente sobre as antocianinas, verifica-se que quanto maior a concentração de SO₂, maior a alteração provocada na cor, quando comparada com a cor inicial. Essa variação pode atingir valores superiores a três para a concentração mais elevada de SO₂ aplicada, (147 ± 1) mg/L.

Esta alteração deve-se sobretudo à diminuição da coordenada a^* , que sofre uma redução de até 43 %. No caso dos ensaios realizados, a sua redução é gradual, tal como demonstrado na Figura 28, uma vez que com o aumento da concentração de SO₂ Livre existe uma maior redução dos valores desta coordenada, devido à maior associação deste composto às moléculas das antocianinas.

Contudo, não é apenas o valor da coordenada a^* que sofre alterações com o aumento da concentração de SO₂ Livre, uma vez que nos ensaios realizados se registou, a par da redução do valor de a^* , um ligeiro aumento do valor da coordenada L^* , até 2 %, e um aumento mais acentuado da coordenada b^* , até 8 %.

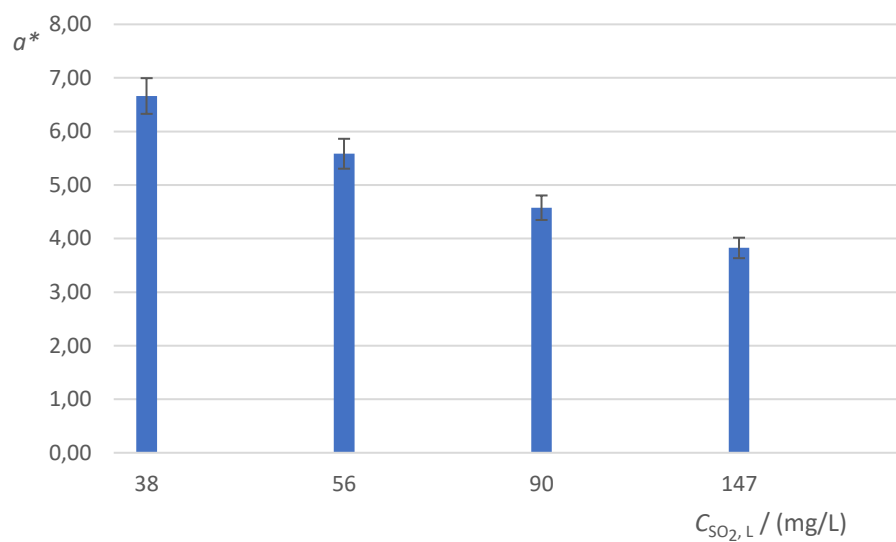


Figura 28 – Variação do valor de a^* , e respetivo erro associado ($p=0,05$), em função da concentração de SO₂ Livre ($C_{SO_2,L}$).

5. Considerações finais

5.1. Conclusões

No contexto deste estudo, com vista a corresponder aos objetivos propostos, estabeleceu-se um limite sensorial para a cor do vinho rosé da ACPBAV. Este limite foi fixado para um valor de diferença de cor (ΔE^*) de 2,00, a partir do qual parte do painel de assessores considerou que as amostras apresentadas possuíam uma diferença inaceitável. A ACPBAV não deverá, por isso, colocar no mercado vinhos rosés que difiram entre eles mais do que o valor pré-estabelecido.

Durante o processo produtivo, a evolução da cor é um fator mutável, sendo que, as etapas onde se verificam uma maior alteração nesse atributo foram a filtração e o enchimento. No enchimento, esta influência é potenciada, ainda, pela adição de produtos enológicos. Também a concentração de oxigénio dissolvido ao longo do processo de transferência e conservação do vinho podem ter um impacto considerável na cor do produto, tendo-se registado aumentos de até 75 %, após as trasfegas.

O impacto da adição dos produtos enológicos sobre a cor do vinho rosé, permite concluir que entre os produtos aplicados na ACPBAV, os que geram um maior impacto na cor são os taninos condensados e o dióxido de enxofre, podendo atingir diferenças de cor com valores entre 2 e 3.

Durante o armazenamento, os vinhos tendem a sofrer alterações da cor, atingindo, ao fim de 18 semanas, valores próximos do limiar estabelecido para um vinho jovem. No caso da ACPBAV, os vinhos tintos são os mais vulneráveis, seguidos dos rosés que atingiram valores de diferença de cor de $(1,79 \pm 0,22)$. Embora este valor não tenha atingido o limite sensorial estabelecido nesta dissertação, aproximou-se bastante do mesmo, concluindo-se assim, que o tempo de armazenamento do vinho rosé da ACPBAV, não se deve prolongar por muito mais do que as 18 semanas.

5.2. Trabalho futuro

Após a realização desta dissertação, estabelecem-se algumas melhorias possíveis de ser implementadas na empresa, bem como sugestões para trabalhos futuros que se assemelhem.

Uma possível melhoria para reduzir o impacto da adição de produtos enológicos, e a sua variabilidade entre enchimentos, é o aumento do controlo nas etapas onde há a adição destes

produtos. O erro admitido na pesagem, cálculo do volume dos depósitos e na mistura dos produtos, pode influenciar as suas concentrações e alterar a cor do produto final de maneiras distintas. Esse aumento do controlo, pode passar pela aquisição de uma doseadora automática em linha, que permite reduzir o erro humano existente na adição de alguns produtos, diminuindo a variabilidade da cor entre enchimentos, bem como a utilização de rotâmetros, para determinar o volume de vinho de cada depósito.

Quanto à adição de dióxido de enxofre, a sua substituição ainda não está totalmente estudada; contudo, existem algumas soluções, que permitem a redução deste composto, ou a sua substituição. Por exemplo o uso de técnicas de homogeneização de alta pressão, que permitem uma intensa inativação de enzimas oxidativas, protegendo a qualidade sensorial e nutricional dos vinhos, e evitam o uso de antioxidantes como o dióxido de enxofre.

Para a redução dos valores da concentração de oxigénio dissolvido, registados em vinhos após a sua trasfega, recomenda-se a aquisição de novas bombas, que minimizem a sua introdução durante o processo de transferência.

De um ponto de vista mais técnico, recomenda-se a aquisição de filtros laboratoriais com porosidades mais próximas da realidade da ACPBAV, de modo a que a análise da cor em vinhos, em conservação, se aproxime o mais possível da cor quando engarrafado, reduzindo o impacto da filtração industrial na análise.

Recomenda-se também, que os vinhos analisados pertençam sempre ao mesmo lote, de modo a ser possível comparar as diferenças de cor provocadas por cada etapa, bem como a sua variabilidade entre os diversos enchimentos do mesmo vinho.

Sugerem-se, ainda, temas como o aumento da estabilidade da cor do vinho, através da adição de produtos enológicos, bem como a sua influência na cor final do produto. Propõe-se a análise às alterações na cor, provocadas pela variabilidade de temperaturas sentida no armazém de produto acabado da Empresa.

Por fim, sugere-se a possibilidade do estudo da concentração de oxigénio dissolvido no vinho, em vários níveis do tanque de conservação, através da aquisição de uma sonda para esse efeito, e que poderia ser acoplada ao medidor já existente na Empresa.

Bibliografia

- ACPBAV. *Adega Ponte da Barca e Arcos de Valdevez*. Obtido de Adega Ponte da Barca e Arcos de Valdevez: <https://adegapontedabarca.pt/>. Acedido em 3 de fevereiro de 2021.
- Benucci, I. (2020). Impact of post-bottling storage conditions on colour and sensory profile of rosé sparkling wine. *Food Science and Technology*, 118, 1–8.
- Boulton, R. (2001). The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A Critical Review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52, 67–87.
- Boulton, R., Singleton, V., Bisson, L., & Kunkee, R. (1995). *Principles and practices of winemaking*. California: Springer-Science+Business Media, B.V.
- Buffon, P., Heymann, H., & Block, D. (2014). Sensory and chemical effects of cross-flow filtration on white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 65, 305–314.
- Cabrita, M. J. (2003). Os compostos polifenólicos das uvas e dos vinhos. *I Seminário Internacional de Vitivinicultura*. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Cameira dos Santos, P., & Jorge Parola, A. (2018). A cor dos vinhos: uma mais-valia a procurar e preservar. *Enologia*, 52, 22-26.
- Cameira dos Santos, P., Freitas, V., Parola, A., & Pina, F. (2018). Sobre a cor dos vinhos tintos. O estudo das antocianinas e compostos análogos não parou nos anos 80 do século passado. *Enologia*, 54, 22-30.
- Carle, R., & Schweiggert, R. (2016). *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages: Industrial Applications for Improving Food Color*. Elsevier.
- Castellanos, E., Jofre, V., Fanzone, M., Assof, M., Catania, A., Diaz-Sambueza, A., Heredia, F.J., Mercado, L. (2021). Effect of different closure types and storage temperatures on the color and sensory characteristics development of Argentinian Torrentes Riojano white wines aged in bottles. *Food Control*, 130, 1–9.
- Castellari, M., Simonato, B., Tornielli, G., Spinelli, P., & Ferrarini, R. (2004). Effects of different enological treatments on dissolved oxygen in wines. *Italian Journal of Food Science*, 16, 387–396.

- CVRVV. (2007). Estatutos da Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes. Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes.
- CVRVV. (2018). *Requisitos organoléticos mínimos: denominação de origem "Vinho Verde" e Indicação Geográfica "Minho"* (2.^a ed.).
- CVRVV. (2021). *Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes*. Obtido de Vinho Verde: <https://www.vinhoverde.pt/pt/regiao-demarcada>. Acedido em 3 de fevereiro de 2021.
- Decreto-Lei n.º 10/92, de 3 de fevereiro, Diário da República.
- Fairchild, M. (2018). The colors of wine. *International Journal of Wine Research*, 10, 13-31.
- Fernandes, A., Oliveira, J., Teixeira, N., Mateus, N., & Freitas, V. (2017). A review of the current knowledge of red wine colour. *OENO one*, 51, 1–15.
- Figueiredo, I., & Ramos, P. (2004). Estudo do Consumidor Português de Vinhos. *Vinedea.NET, Revista Internet Técnica do Vinho*, 2, 7.
- Fomento Vinícola. (1908). *Carta de lei de 18 de setembro de 1908*. Lisboa, Portugal: Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria.
- Fugelsang, K. (2010). Wine filtration. In: Christian E. Butzke (Ed.), *Winemaking problems solved* (1^a ed.). Woodhead Publishing Limited.
- Gawel, R., Schulkin, A., Smith, P., Espinase, D., & Mcrae, J. (2020). Effect of dissolved carbon dioxide on the sensory properties of still white and red wines. *Australian Journal of Grape And Wine Research*, 26, 1–8.
- Gómez, C. L. (2012). Tartrate stabilization of wines. *Food Science and Technology*, 28, 52–59.
- Hach. (2021). Oxygen, Dissolved – Direct measurement method. Hach.
- Hernandez, B., Sáenz, C., Alberdi, C., Alfonso, S., & Diñeiro, J. (2011). Colour evolution of rosé wines after bottling. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 32, 42–50.
- Hunt, R., & Pointer, M. (2011). *Measuring Colour* (4.^a ed.). Wiley.
- ISO 4120:2004(E). (2004). Sensory analysis – Methodology – Triangle test.

- IVV. (2015). *Vinho Rosé*. Obtido de Instituto da Vinha e do Vinho: https://www.ivv.gov.pt/np4/destaques/?newsId=7860&fileName=1._Vinhos_Ros_s__09_06_2015_.pdf. Acedido em 25 de novembro de 2021.
- IVV. (2021a). *Caderno de Especificações, Região dos Vinhos Verdes*. Obtido de Instituto da Vinha e do Vinho: [https://www.ivv.gov.pt/np4/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=8617&fileName=DO_Vinho_Verde_CVRVV_FINAL.pdf](https://www.ivv.gov.pt/np4/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=8617&fileName=DO_Vinho_Verde_CVRVV_FINAL.pdf). Acedido em 3 de fevereiro de 2021.
- IVV. (2021b). *Instituto da Vinha e do Vinho*. Obtido de Instituto da Vinha e do Vinho: <https://www.ivv.gov.pt/np4/home.html>. Acedido em 26 de maio de 2021.
- Jackson, R. S. (2017). *Wine Tasting – A Professional Handbook* (3.^a ed.). Elsevier.
- Jackson, R. S. (2020). *Wine Science – Principles and Applications* (5.^a ed.). Elsevier.
- Kanavouras, A., Coutelieris, F., Karanika, E., Kotseridis, Y., & Kallithraka, S. (2020). Colour change of bottled wines as a quality indicator. *OENO one*, 54, 543–551.
- Kemp, S., Hollowood, T., & Hort, J. (2009). *Sensory Evaluation – A Practical handbook*. Wiley.
- Kwiatkowski, M., Skouroumounis, G., Lattey, K., & Waters, E. (2007). The impact of closures, including screw cap with three different headspace volumes, on the composition, colour, and sensory properties of a Cabernet Sauvignon wine during two years' storage. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13, 81–94.
- Li, H., Guo, A., & Wang, H. (2007). Mechanisms of oxidative browning of wine. *Food Chemistry*, 108, 1–13.
- López-Vélez, M., Martínez-Martínez, F., & Valle-Ribes, C. (2010). The study of phenolic compounds as natural antioxidants in wine. *Food Science and Nutrition*, 43, 233-244.
- MacDougall, D. (2002). *Colour in food – Improving quality*. Woodhead Publishing Limited.
- Monagas, M., Bartolomé, B., & Gómez-Cordovés, C. (2017). Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine. *Food Science and Nutrition*, 45, 85-118.
- Mokrzycki, W., & Tatol, M. (2012). *Colour difference ΔE – A survey*. Polónia: University of Warmia and Mazury.
- Morata, A. (2019). *Red Wine Technology*. Elsevier.

- Morata, A., & Guamis, B. (2020). Use of UHPH to obtain juices with better nutritional quality and healthier wines with low levels of SO₂. *Frontiers in Nutrition*, 7, 1–6.
- Moreno, J., & Peinado, R. (2012). *Enological Chemistry*. Elsevier Inc.
- Moutounet, M. (18 de junho de 2002). Filtração, *Vinidea.Net–Revista internet técnica do vinho*, 1, 1–6.
- Nassau, K. (2020). *Colour*. In. Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/science/color>. Acedido em 13 de abril de 2021.
- OIV. (2021a). *Compendium of Interneconal Methods of Analysis of Wine and Musts, Office Internationale de la vigne et du Vin*.
- OIV. (2021b). *Internacional Code of Oenological Practices*. Paris: OIV.
- Oliveira, C., Silva, A., & Ferreira, S. (2015). Oxidação dos vinhos. Capítulo 8. In. A. Curvelo-Garcia, & P. Barros, Eds. *Química Enológica – métodos analíticos*. Agrobook – Publindústria, 223-236.
- Ough, C., & Crowell, E. (1987). Use of Sulfur Dioxide in Winemaking. *Journal of Food Science*, 52, 386–388.
- Pan, Z., Zhang, R., & Zicari, S. (2019). *Integrated Processing Tchnologies for Food and Agricultural By-Products*. Academic Press.
- Portaria n.º 28/2001, de 16 de janeiro de 2001. Diário da República.
- Portaria n.º 668/2010 de 11 de agosto de 2010. Diário da República.
- Portaria n.º 216/2014, de 17 de outubro de 2014. Diário da República.
- Portaria n.º 152/2015 de 26 de maio de 2015. Diário da República.
- Portaria n.º 333/2016 de 23 de dezembro de 2016. Diário da República.
- Regulamento (CE) n.º 491/2009 de 25 de maio de 2009. Jornal Oficial da União Europeia.
- Regulamento (CE) n.º 934/2019 de 12 de março de 2019. Jornal Oficial da União Europeia.

- Ribèreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006a). *Handbook of Enology - The Microbiology of Wine and Vinifications* (2.^a ed., Vol. 1). Chichester, John Wiley & Sons, Ltd.
- Ribèreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., & Dubourdieu, D. (2006b). *Handbook of Enology - The Chemistry of Wine, Stabilization and Treatments* (2.^a ed., Vol. 2). Chichester, Wiley.
- Schanda, J. (2008). *Colorimetry, Understanding the CIE System*. Wiley.
- Šottníková, V., Hřivná, L., Jůzl, M., & Cwiková, O. (2014). The difference in color and sensory of organic quality wine and wine from conventional cultivation. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3, 285–288.
- Stávek, J., Popouskova, B., Balik, J., & Bednar, P. (2012). Effect of storage conditions on various parameters of colour and anthocyanin profile of rosé wines. *international Journal of Food Properties*, 15, 1133–1147.
- Stone, H., Bleibaum, R., & Thomas, H. (2012). *Sensory evaluation practices* (4.^a ed.). Elsevier.
- Thermo Scientific. (2016). *GENESYS 30 Spectrophotometer – User Guide*. Thermo Fisher Scientific Inc.
- Vignault, A., Gombau, J., Pascual, O., Jourdes, M., Moine, V., Canals, J., Zamora, F., Teissedre, P. (2019). Copigmentation of malvidin-3-O-monoglucoside by oenological tannins: Incidence on wine model color in function of botanical origin, pH and Ethanol Content. *Molecules*, 24, 1–15.
- Vineyard. (11 de junho de 2021). *Vineyard magazine*. Obtido de <https://www.vineyardmagazine.co.uk/co2-in-wine/>
- Waterhouse, A., Sacks, G., & Jeffery, D. (2016). *Understanding wine chemistry* (1.^a ed.). John Wiley & Sons, Ltd.
- Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H., & Nury, F. S. (1995). *Wine Analysis and Production*, Springer.

ANEXOS

I – Ficha de prova.....	82
II – Procedimento de utilização do espectrofotómetro.....	83
III – Procedimento de utilização da folha de cálculo – método CIELAB.....	85
IV – Tabela de valores críticos para o teste triangular.....	88
V – Valores de pH para os vinhos armazenados.....	89
VI – Evolução das coordenadas colorimétricas para os vinhos armazenados.....	90
VII – Registo da temperatura do local de armazenamento das amostras.....	96

I – Ficha de prova

Para a realização da análise sensorial, referida no subcapítulo 4.1., foi fornecida, a cada um dos assessores, a ficha de prova presente na Figura A1.

Teste Triangular		
Nº: _____	Nome: _____	Data __/__/____
<p>Instruções:</p> <p>Ser-lhe-ão apresentadas três sequências de três garrafas contendo Vinho Verde rosé.</p> <p>Em cada tríade, o conteúdo de duas garrafas é igual e uma é diferente.</p> <p>O objetivo é identificar a garrafa que contém vinho diferente <u>analisando visualmente a cor. Não se pretende que os vinhos sejam degustados.</u></p> <p>Indique qual é a amostra de cor diferente utilizando o código assinalado na respetiva garrafa e selecione se aceita a diferença da cor com X.</p> <p>O teste é de escolha obrigatória. Se esta for feita de forma aleatória terá de o indicar no campo destinado a observações.</p>		
Sequência 1	Amostra diferente: _____	Aceito _____ Não Aceito _____
	Observações: _____	
Sequência 2	Amostra diferente: _____	Aceito _____ Não Aceito _____
	Observações: _____	
Sequência 3	Amostra diferente: _____	Aceito _____ Não Aceito _____
	Observações: _____	

Figura A1 – Ficha de prova – teste triangular.

II – Procedimento de utilização do espectrofotómetro

Para a realização da caracterização colorimétrica no espectrofotômetro UV-Vis, da marca *Thermo Scientific*, modelo *Genesys 30*, deve-se seguir o seguinte procedimento.

Começa-se por ligar o aparelho para dar início ao varrimento espectral, sendo exibindo o ecrã da Figura A2, no qual é seleccionada a opção “*Scan*”, passando o ecrã do equipamento a exibir o conteúdo da Figura A3 (Thermo Scientific, 2016).

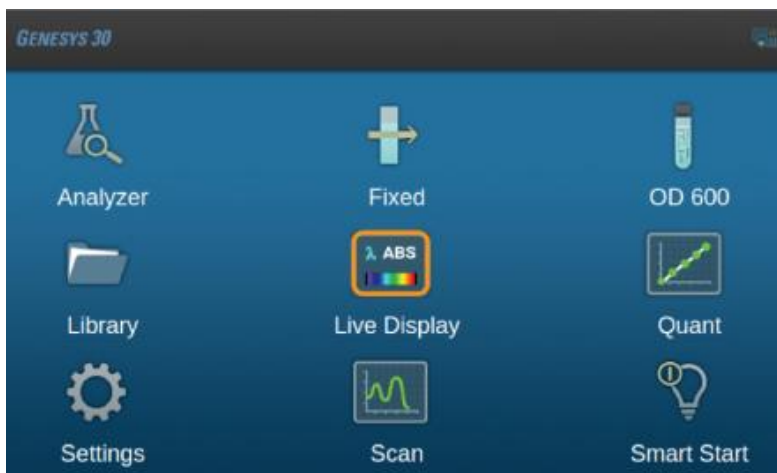


Figura A2 – Ecrã inicial do espectrofotómetro.

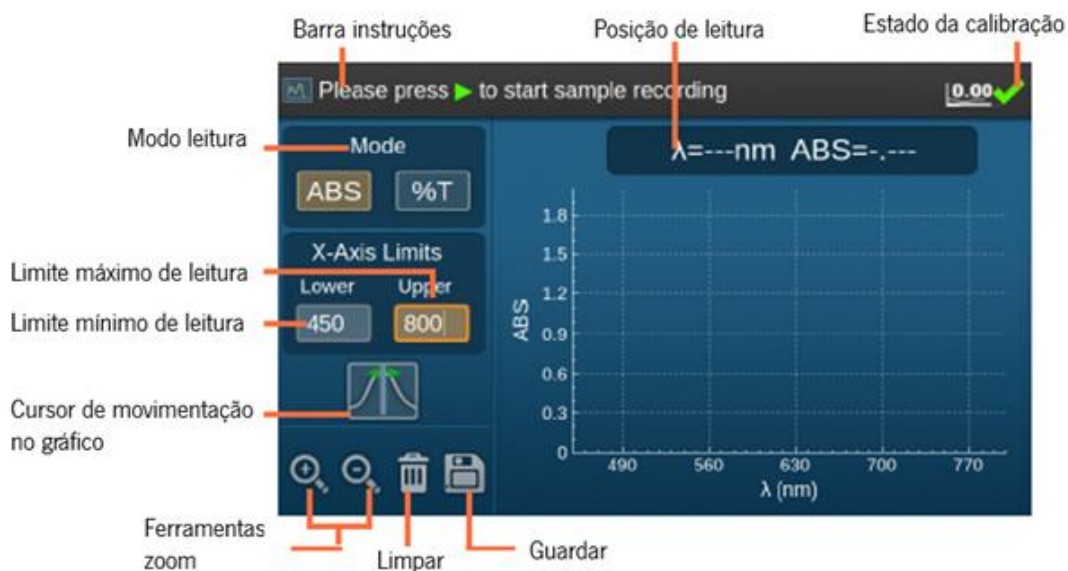


Figura A3 – Ecrã da função "scan" do espectrofotómetro.

Nesta janela são definidos os limites superiores e inferiores pretendidos para o varrimento. Em seguida, é efetuada a calibração do espectrofotómetro antes da primeira leitura da amostra. Para o efeito, é selecionada a cuvete a utilizar na análise da amostra, devendo ser escolhidas

cuvetes de 10 mm de passo ótico, para vinhos brancos e rosés, e de 1 mm de passo ótico, para vinhos tintos (OIV, 2021).

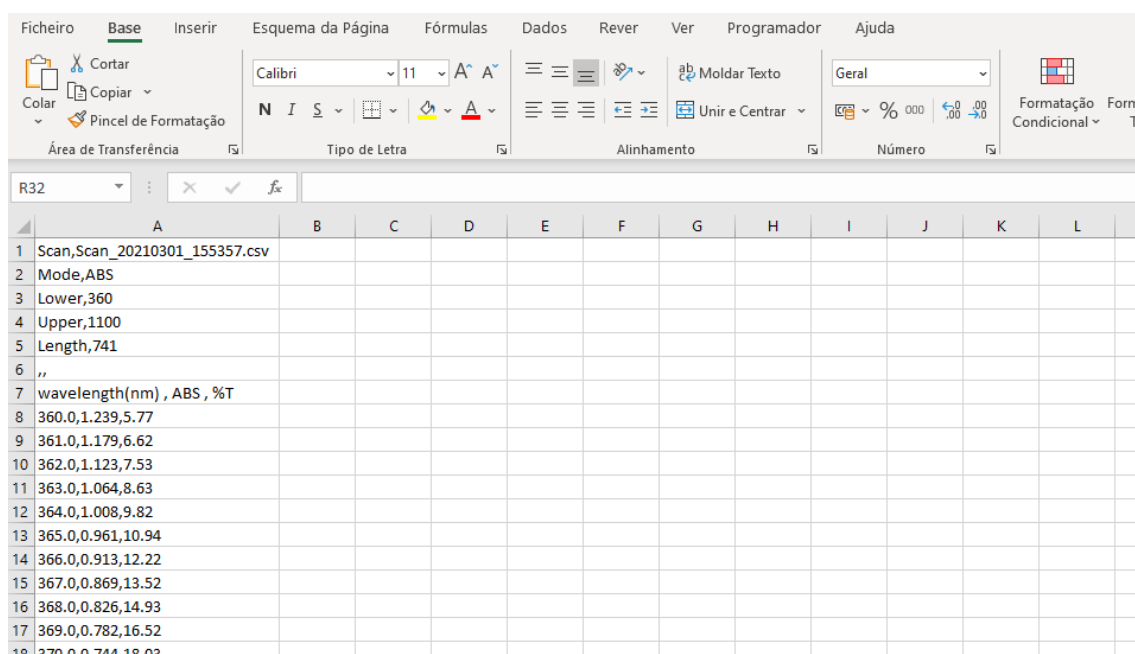
A cuvete é lavada e enxaguada duas a três vezes com água destilada, perfazendo-se depois com água destilada dois terços do seu volume. Esta é então colocada no espectrofotómetro para efetuar a calibração do aparelho, clicando-se no botão . O espectrofotómetro está agora pronto para o varrimento da amostra em estudo. Assim, a água destilada é descartada e a cuvete é novamente enxaguada duas a três vezes com o vinho da amostra. Por fim, perfaz-se dois terços do volume da cuvete com a amostra a ser analisada (Thermo Scientific, 2016).

Após colocada a cuvete no recetáculo, faz-se o varrimento da amostra, pressionando o botão  para iniciar a leitura. Depois de terminado o varrimento, seleciona-se “Guardar” (no ecrã do aparelho) e em seguida “Exportar dados para a unidade USB”. Os dados são transferidos para a unidade USB externa ligada ao aparelho (Thermo Scientific, 2016).

III – Procedimento de utilização da folha de cálculo – método CIELAB

Para obter os valores das coordenadas colorimétricas, pelo método CIELAB, foi utilizado um algoritmo feito em Microsoft Excel, iniciado pela colega Joana Arantes, durante realização da sua dissertação na ACPBAV, no ano de 2020, e otimizado para a realização desta dissertação. Este permite o cálculo das coordenadas, através da introdução dos valores de absorvância/transmitância lidos no espectrofotómetro.

Este procedimento inicia-se com a extração dos valores da absorvância, para os diferentes comprimentos de onda, da amostra, que são guardados num ficheiro Excel como o da Figura A4, numa *pen* inserida no espectrofotómetro.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Scan,Scan_20210301_155357.csv											
2	Mode,ABS											
3	Lower,360											
4	Upper,1100											
5	Length,741											
6	„											
7	wavelength(nm) , ABS , %T											
8	360.0,1.239,5.77											
9	361.0,1.179,6.62											
10	362.0,1.123,7.53											
11	363.0,1.064,8.63											
12	364.0,1.008,9.82											
13	365.0,0.961,10.94											
14	366.0,0.913,12.22											
15	367.0,0.869,13.52											
16	368.0,0.826,14.93											
17	369.0,0.782,16.52											
18	370.0,0.744,18.03											

Figura A4 – Folha Excel com dados lidos no espectrofotómetro.

Para retirar apenas os valores da absorvância é necessário seleccionar, na folha Excel da Figura A4, toda a coluna A e, de seguida, seleccionar o separador “*Dados*”, na barra superior. Neste separador, selecciona-se a função “*Texto para Colunas*”, passando o Excel a exibir uma janela com três passos. Na nova janela, selecciona-se os campos presentes na Figura A5.

O Excel passa agora a apresentar os valores divididos em colunas.

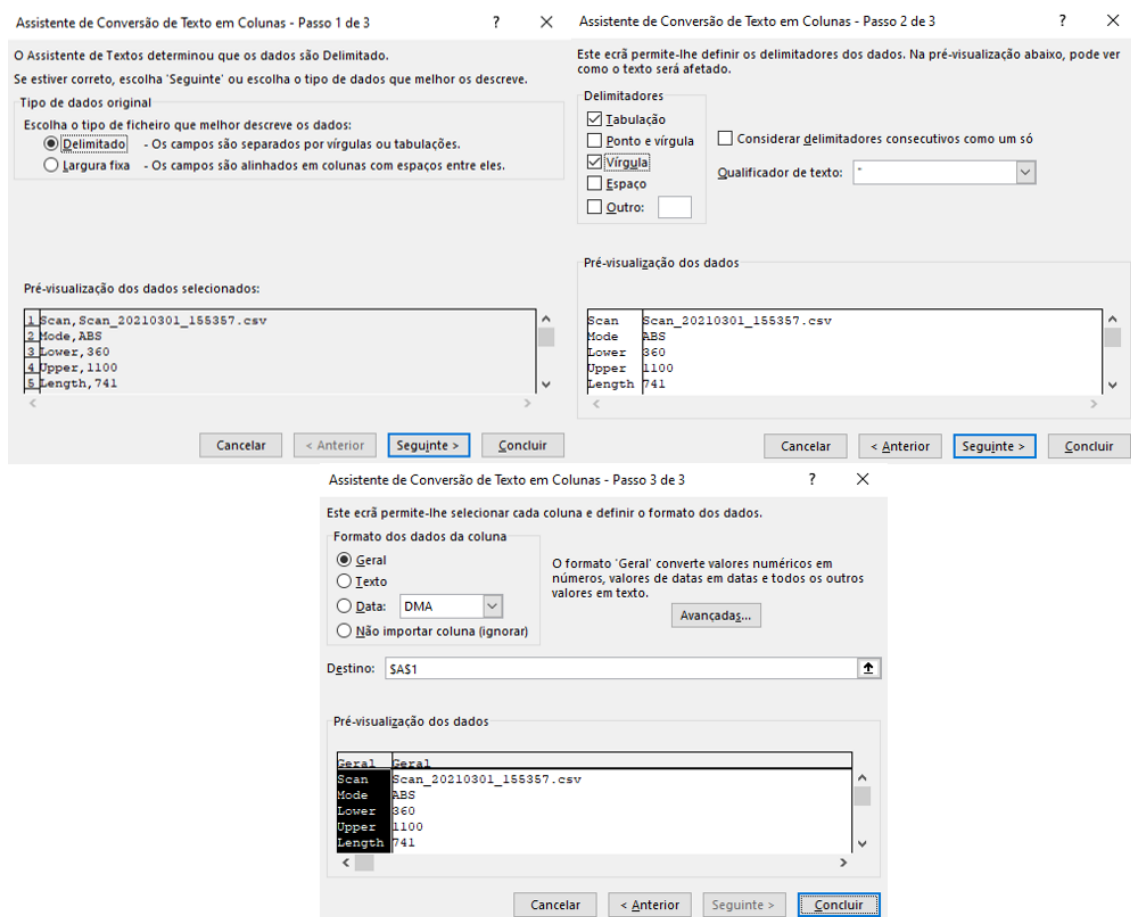


Figura A5 – Passos para a divisão dos valores obtidos do espectrofotómetro em colunas.

Por fim, para que os valores possam ser processados pelo algoritmo, é necessário substituir os pontos por vírgulas. Para esse efeito, pressiona-se as teclas “Ctrl + u”, e na janela exibida, seleciona-se localizar pontos e substituir por vírgulas.

Os valores estão agora prontos para ser colados na folha Excel, apresentada na Figura A6, contendo o algoritmo que permite calcular os valores das coordenadas colorimétricas, pelo método CIELAB.

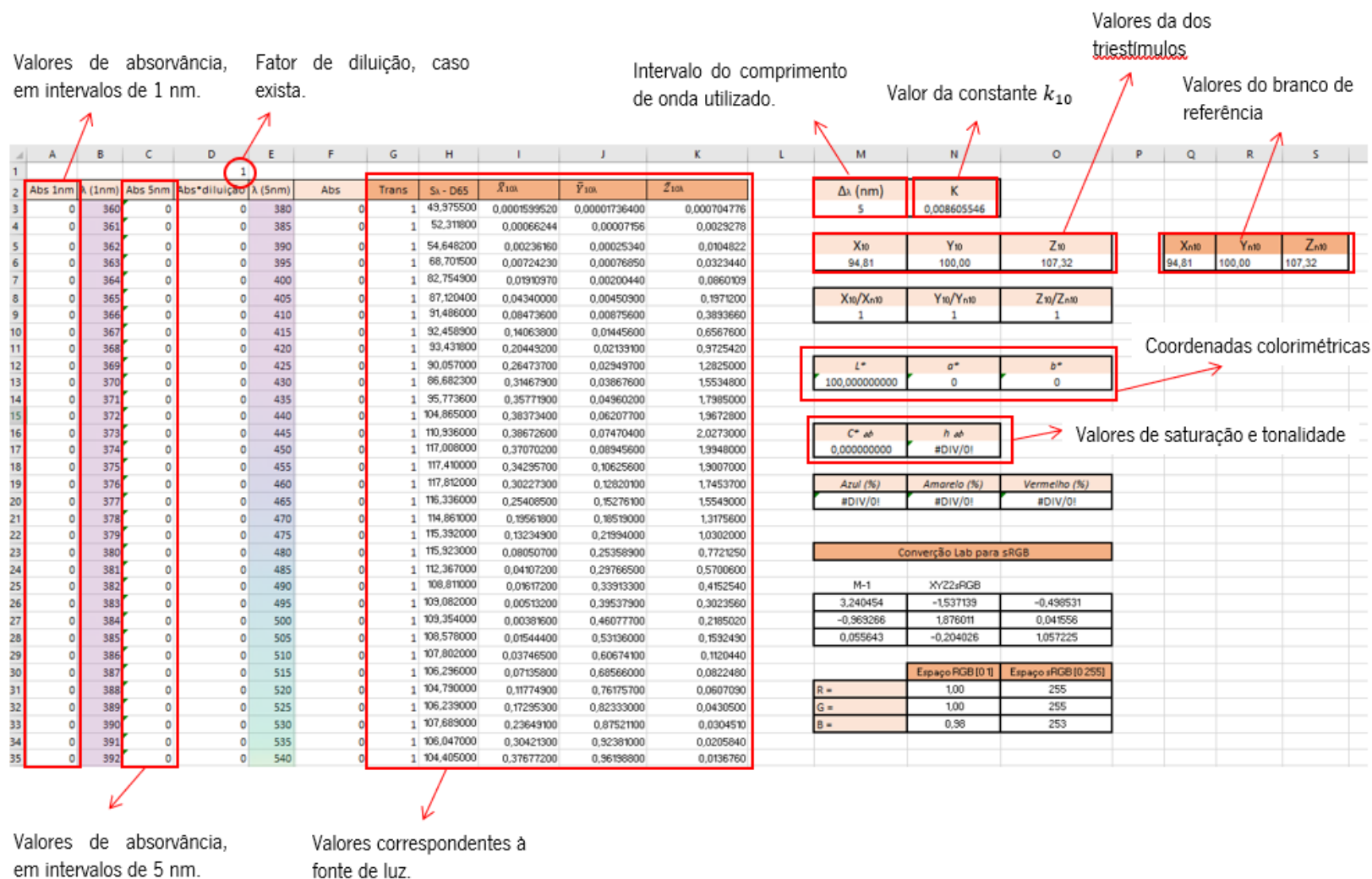


Figura A6 – Folha Excel com algoritmo para cálculo dos parâmetros CIELAB e indicação dos respetivos elementos.

IV – Tabela de valores críticos para o teste triangular

A Tabela A1 representa a relação entre o número mínimo de respostas corretas, que são necessárias para a rejeição da hipótese nula, de que “não existe diferença entre as amostras”, com vários níveis de significância (p), com base no número de assessores (n).

Tabela A1 – Tabela de valores críticos para o teste triangular, de acordo com o nível de significância (p), adaptado de (Kemp *et al*, 2009; ISO 4120:2004)

n	$p/\%$						n	$p/\%$					
	30	20	10	5	1	0,1		30	20	10	5	1	0,1
5	3	4	4	4	5	-	42	17	18	19	20	22	25
6	3	4	5	5	6	-	48	19	20	21	22	25	27
7	4	4	5	5	6	7	54	21	22	23	25	27	30
8	4	5	5	6	7	8	60	23	24	26	27	30	33
9	4	5	6	6	7	8	66	25	26	28	29	32	35
10	5	6	6	7	8	9	72	27	28	30	32	34	38
11	5	6	7	7	8	10	78	29	30	32	34	37	40
12	5	6	7	8	9	10	84	31	33	35	36	39	43
13	6	7	8	8	9	11	90	33	35	37	38	42	45
14	6	7	8	9	10	11	96	35	37	39	41	44	48
15	6	8	8	9	10	12	102	37	39	41	43	46	50
16	7	8	9	9	11	12	108	40	41	43	45	49	53
17	7	8	9	10	11	13	114	42	43	45	47	51	55
18	7	9	10	10	12	13	120	44	45	48	50	53	57
19	8	9	10	11	12	14	126	46	47	50	52	56	60
20	8	9	10	11	13	14	132	48	50	52	54	58	62
21	8	10	11	12	13	15	138	50	52	54	56	60	64
22	9	10	11	12	14	15	144	52	54	56	58	62	67
23	9	11	12	12	14	16	150	54	56	58	61	65	69
24	10	11	12	13	15	16	156	56	58	61	63	67	72
25	10	11	12	13	15	17	162	58	60	63	65	69	74
26	10	12	13	14	15	17	168	60	62	65	67	71	76
27	11	12	13	14	16	18	174	62	64	67	69	74	79
28	11	12	14	15	16	18	180	64	66	69	71	76	81
29	11	13	14	15	17	19							
30	12	13	14	15	17	19							
31	12	14	15	16	18	20							
32	12	14	15	16	18	20							
33	13	14	15	17	18	21							
34	13	15	16	17	19	21							
35	13	15	16	17	19	22							
36	14	15	17	18	20	22							

V – Valores de pH para os vinhos armazenados

Na Tabela A2 podem ser observados os valores de pH obtidos ao longo do tempo de armazenamento, em amostras retiradas antes da adição de produtos enológicos.

Tabela A2 – Valores de pH, e respetivo erro associado ($p=0,05$), ao longo do tempo de armazenamento, para amostras retiradas antes da adição dos produtos enológicos

Rosé A	Semana	pH	Rosé B	Semana	pH	Rosé C	Semana	pH
	0	3,30 ± 0,01		0	3,37 ± 0,03		0	3,36 ± 0,05
	3	3,35 ± 0,02		3	3,37 ± 0,02		3	3,34 ± 0,01
	6	3,38 ± 0,00		6	3,24 ± 0,06		6	3,44 ± 0,03
	9	3,29 ± 0,01		9	3,29 ± 0,03		9	3,49 ± 0,02
	12	3,21 ± 0,10		12	3,41 ± 0,02		12	3,27 ± 0,06
	15	3,39 ± 0,01		15	3,39 ± 0,02		15	3,40 ± 0,01
	18	3,31 ± 0,06		18	3,15 ± 0,07		18	3,39 ± 0,00
Branco A	Semana	pH	Branco B	Semana	pH	Tinto	Semana	pH
	0	3,21 ± 0,02		0	3,17 ± 0,01		0	3,31 ± 0,01
	3	3,15 ± 0,01		3	3,20 ± 0,00		3	3,59 ± 0,06
	6	3,35 ± 0,01		6	3,26 ± 0,01		6	3,53 ± 0,01
	9	3,41 ± 0,01		9	3,39 ± 0,01		9	3,35 ± 0,08
	12	3,30 ± 0,01		12	3,24 ± 0,01		12	3,49 ± 0,01
	15	3,31 ± 0,01		15	3,21 ± 0,05		15	3,60 ± 0,01
	18	3,10 ± 0,04		18	3,24 ± 0,01		18	3,40 ± 0,01

Na Tabela A3, podem ser analisados os valores de pH obtidos ao longo do tempo de armazenamento, para amostras provenientes da linha de enchimento.

Tabela A3 – Valores de pH, e respetivo erro associado ($p=0,05$), ao longo do tempo de armazenamento, de garrafas provenientes da linha de enchimento

Rosé A	Semana	pH	Rosé B	Semana	pH	Rosé C	Semana	pH
	0	3,20 ± 0,03		0	3,15 ± 0,02		0	3,12 ± 0,01
	3	3,15 ± 0,01		3	3,19 ± 0,02		3	3,17 ± 0,01
	6	3,22 ± 0,01		6	3,13 ± 0,02		6	3,26 ± 0,01
	9	3,12 ± 0,00		9	3,13 ± 0,01		9	3,32 ± 0,02
	12	3,14 ± 0,01		12	3,24 ± 0,02		12	3,11 ± 0,08
	15	3,25 ± 0,01		15	3,26 ± 0,01		15	3,25 ± 0,01
	18	3,14 ± 0,05		18	3,08 ± 0,04		18	3,25 ± 0,01
Branco A	Semana	pH	Branco B	Semana	pH	Tinto	Semana	pH
	0	3,12 ± 0,14		0	3,16 ± 0,02		0	3,55 ± 0,00
	3	3,14 ± 0,02		3	3,14 ± 0,01		3	3,64 ± 0,01
	6	3,19 ± 0,02		6	3,18 ± 0,01		6	3,51 ± 0,00
	9	3,30 ± 0,03		9	3,29 ± 0,01		9	3,30 ± 0,07
	12	3,15 ± 0,00		12	3,15 ± 0,00		12	3,47 ± 0,01
	15	3,18 ± 0,01		15	3,08 ± 0,09		15	3,57 ± 0,00
	18	3,15 ± 0,05		18	3,15 ± 0,01		18	3,40 ± 0,01

VI – Evolução das coordenadas colorimétricas dos vinhos armazenados

Vinho Rosé:

- *Vinho sem produtos enológicos*

Na Figura A7, pode ser observada a evolução das coordenadas colorimétricas para garrafas de vinho rosé, armazenadas antes da adição de produtos enológicos.

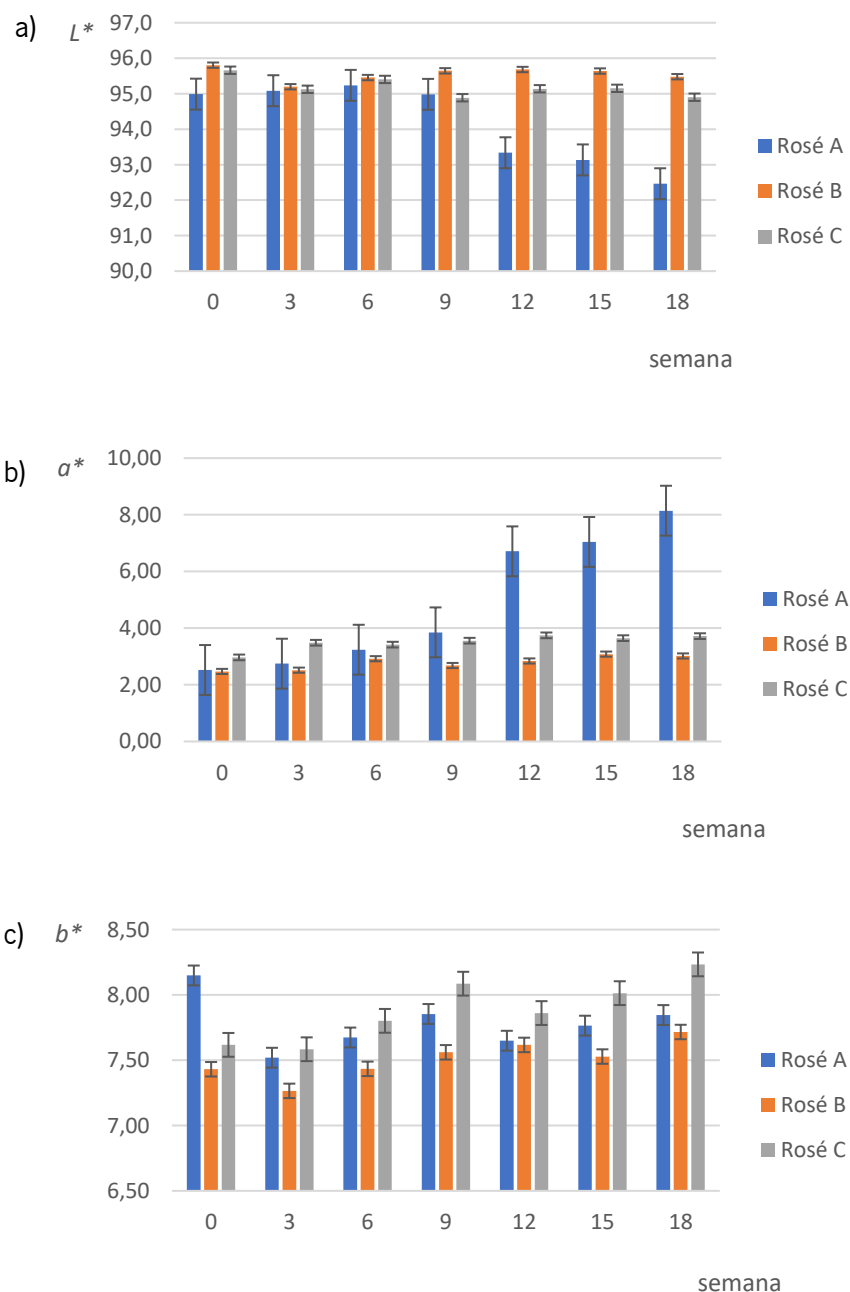


Figura A7 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para três tipos de vinhos rosés, sem produtos enológicos.

Vinho Rosé:

- *Linha de Enchimento*

Na Figura A8, pode ser observada a evolução das coordenadas colorimétricas para garrafas de vinho rosé, provenientes da linha de enchimento.

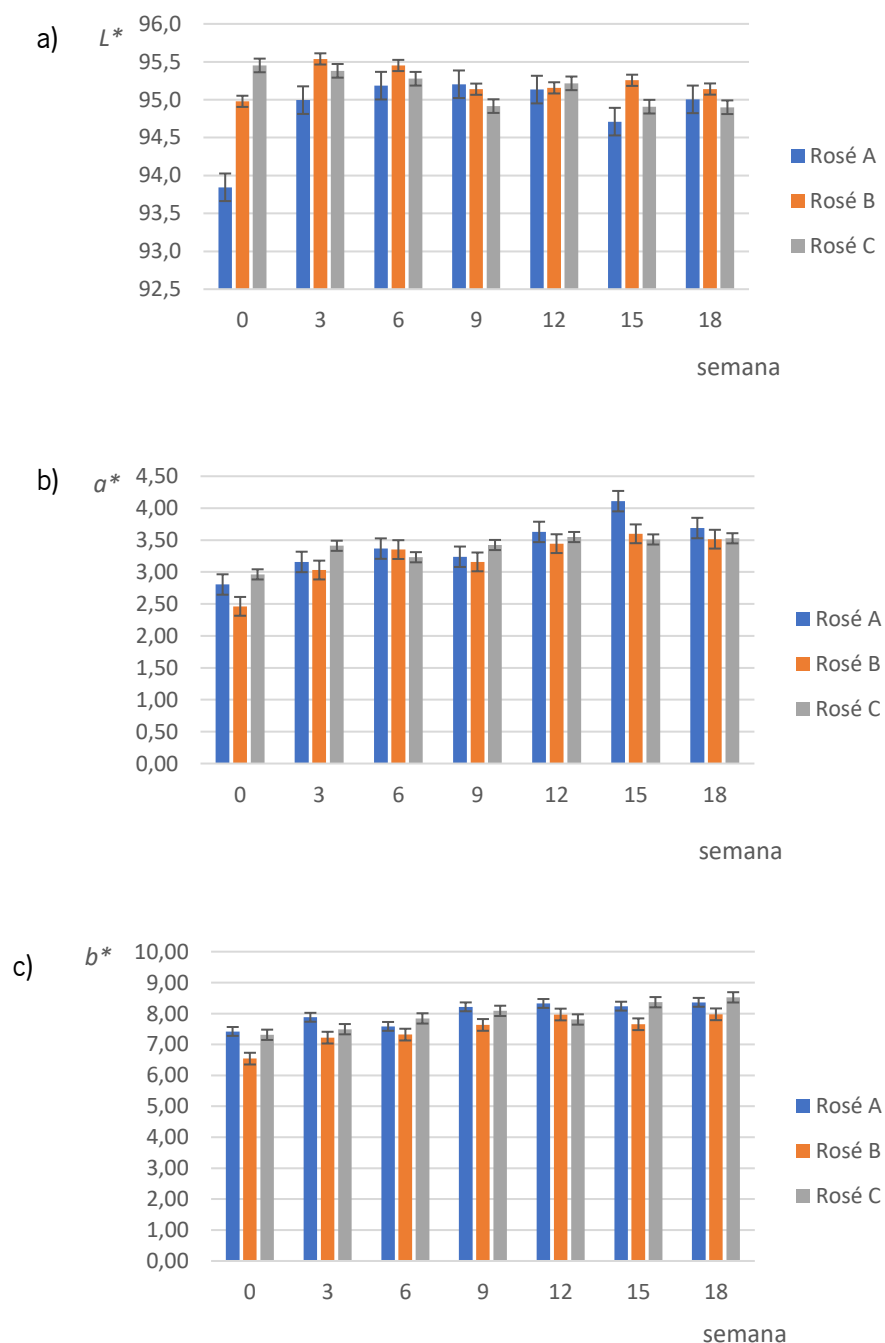


Figura A8 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para três tipos de vinhos rosés, provenientes da linha de enchimento.

Vinho Branco:

- *Vinho sem produtos enológicos*

Nas Figuras A9, pode ser observada a evolução das coordenadas colorimétricas para garrafas de vinho branco, armazenadas antes da adição de produtos enológicos.

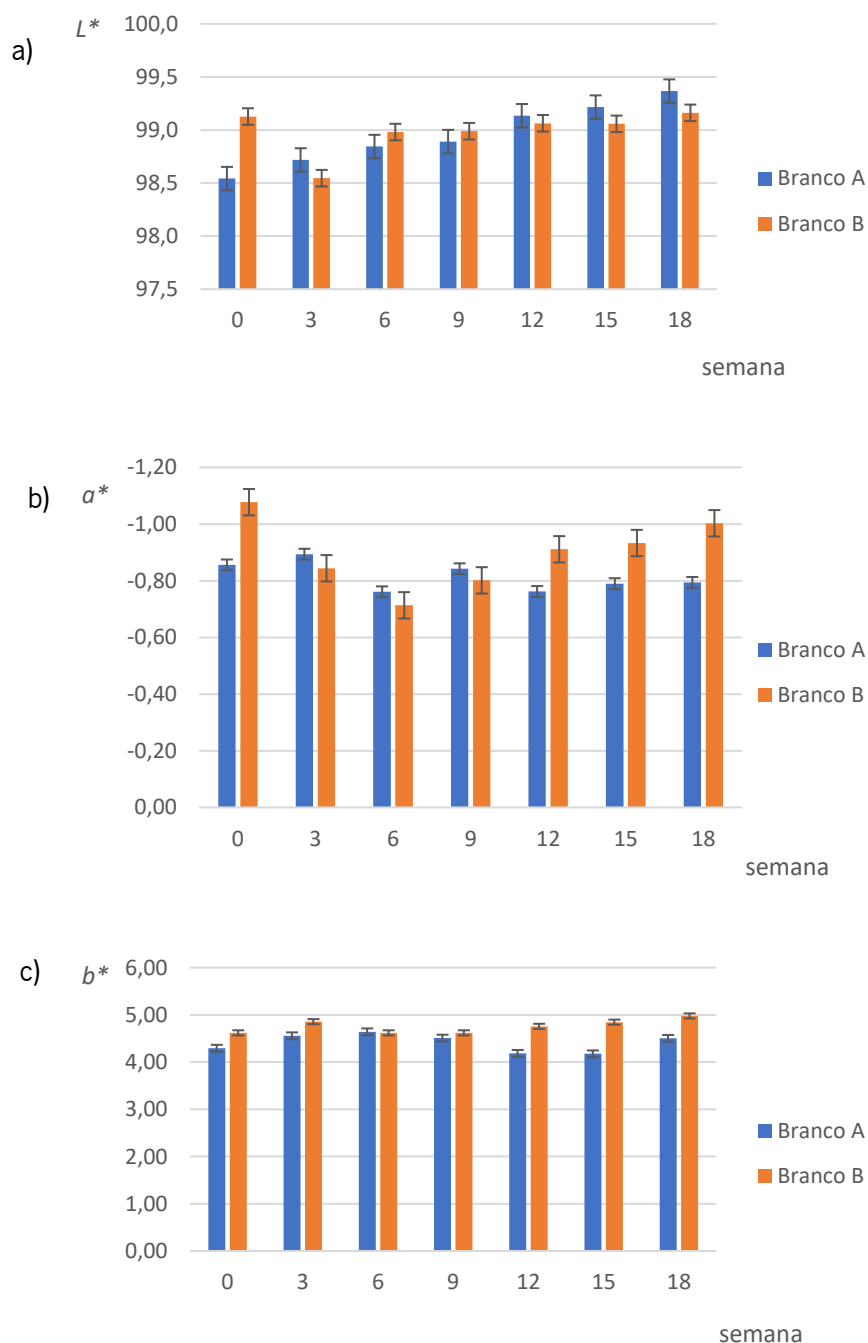


Figura A9 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para dois tipos de vinhos brancos, sem produtos enológicos.

Vinho Branco:

- *Linha de Enchimento*

Na Figura A10, pode ser observada a evolução das coordenadas colorimétricas para garrafas de vinho branco, provenientes da linha de enchimento.

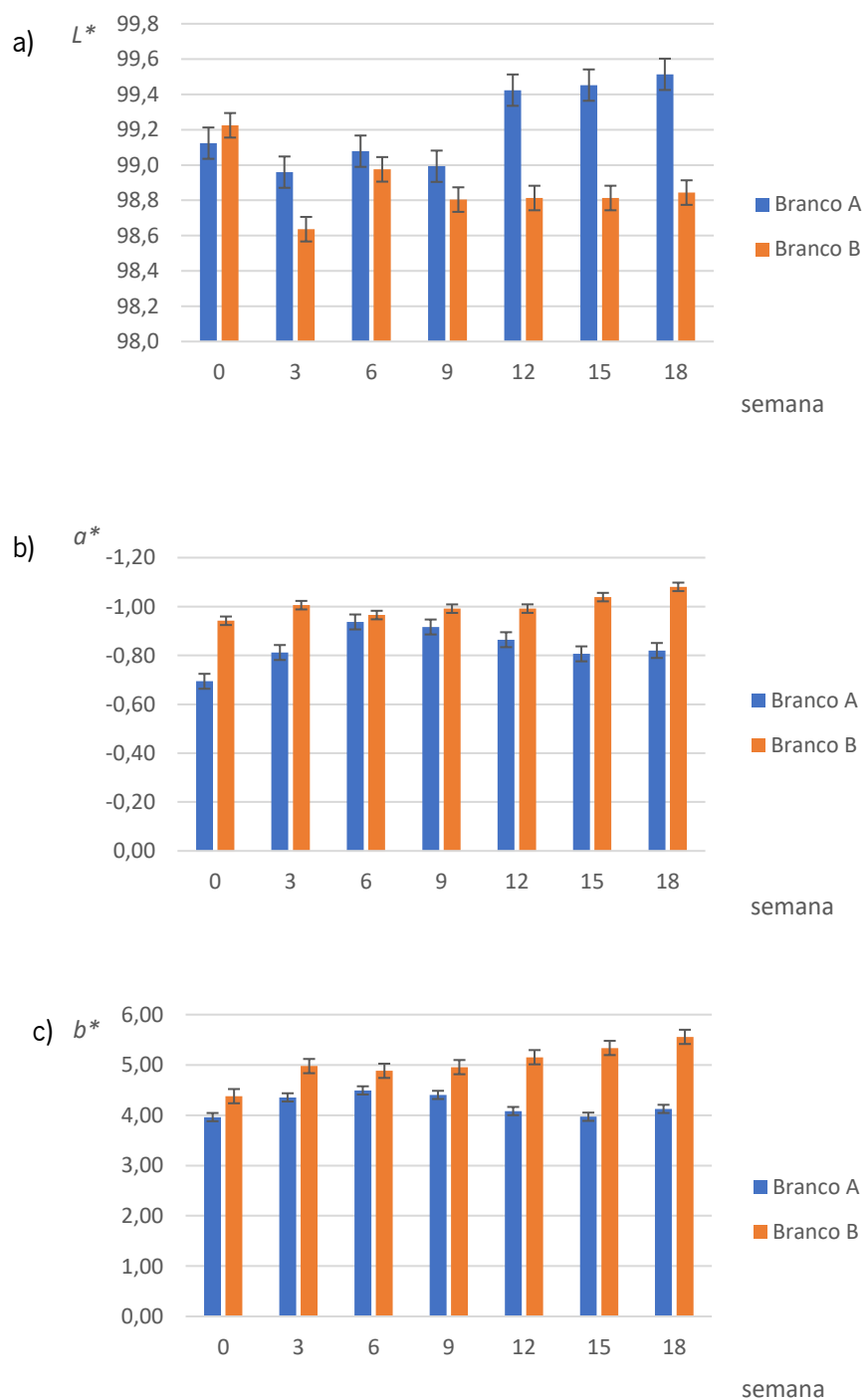


Figura A10 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* ; b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para dois tipos de vinhos brancos, provenientes da linha de enchimento.

Vinho Tinto:

- *Vinho sem produtos enológicos*

Na Figura A11, pode ser observada a evolução das coordenadas colorimétricas para garrafas de vinho tinto, armazenadas antes da adição de produtos enológicos.

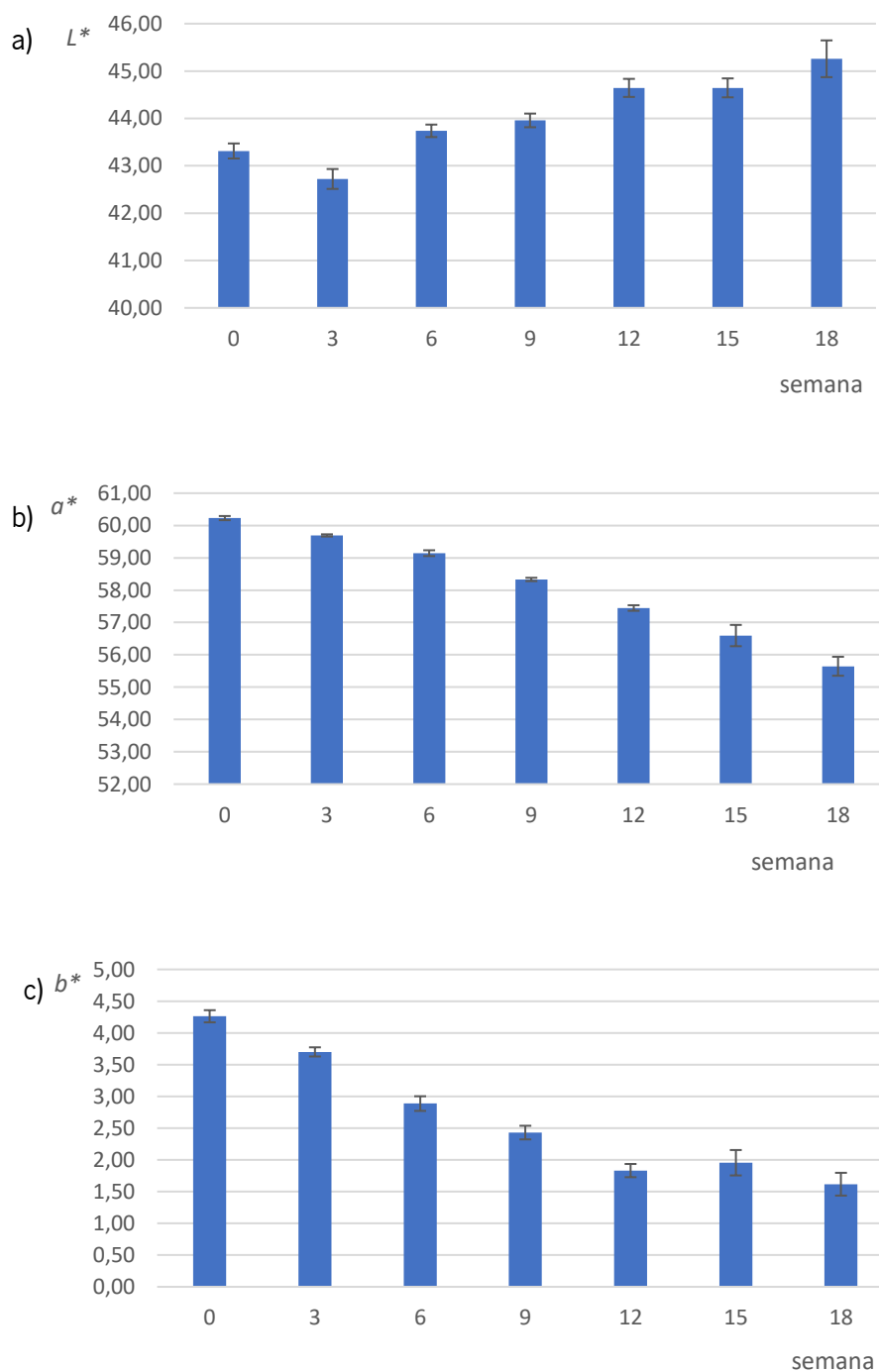


Figura A11 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para um vinho tinto, sem produtos enológicos.

Vinho Tinto:

- *Linha de Enchimento*

Na Figura A12, pode ser observada a evolução das coordenadas colorimétricas para garrafas de vinho branco, provenientes da linha de enchimento.

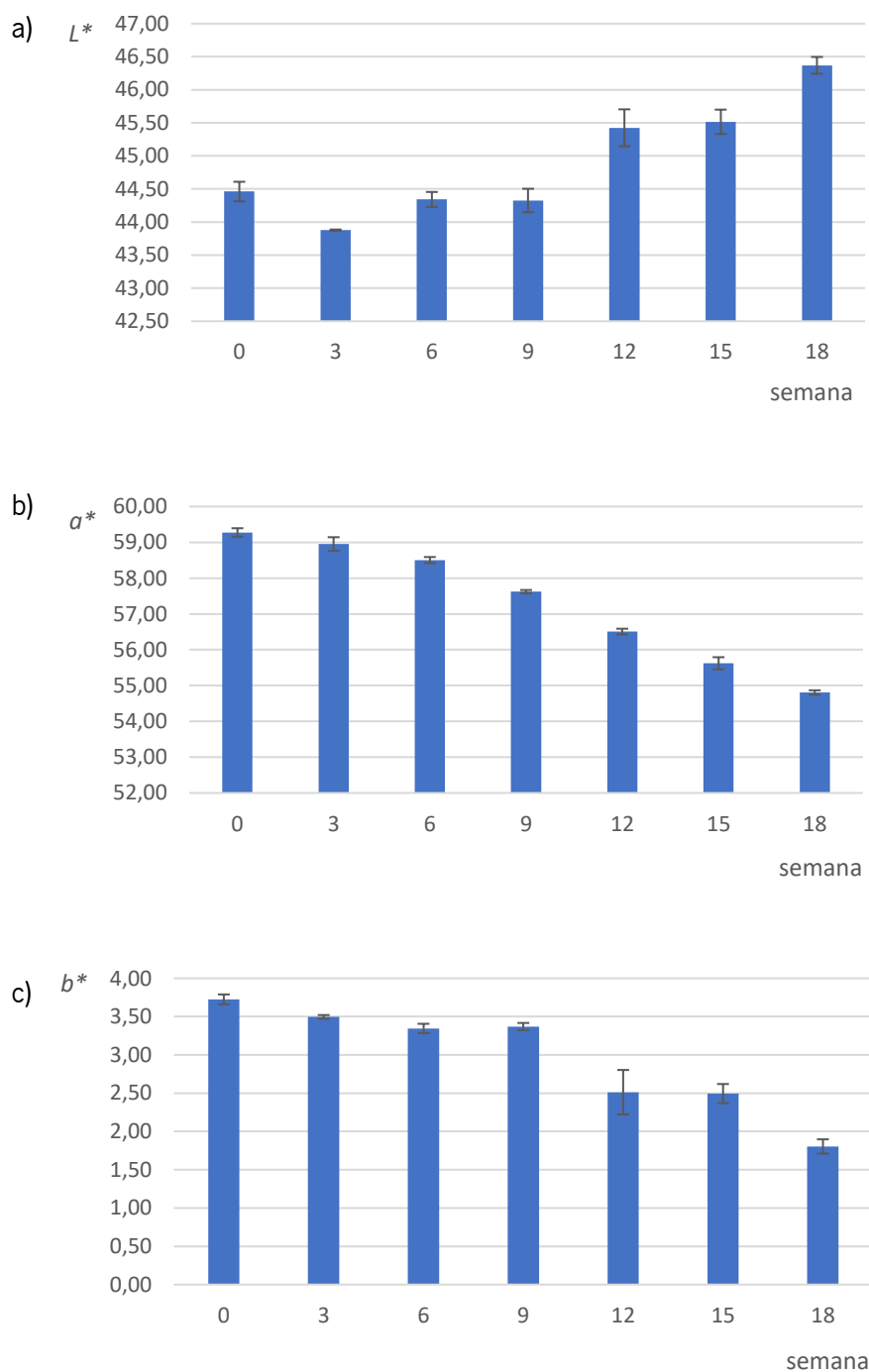


Figura A12 – Evolução das coordenadas colorimétricas [(a) L^* , b) a^* e c) b^*], em função do tempo (18 semanas) para um vinho tinto, proveniente da linha de enchimento.

VII – Registo de temperatura do local de armazenamento das amostras

Ao longo do estudo realizado, foram efetuadas medições regulares de temperatura, no local onde as amostras permaneceram armazenadas.

Os dados recolhidos estão presentes na Figura A13.

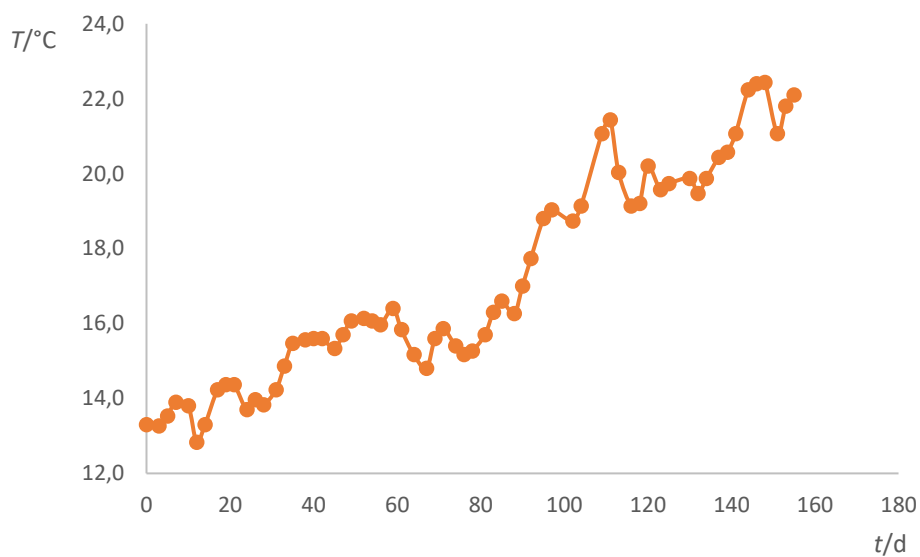


Figura A13 – Gráfico da evolução da temperatura do armazenamento (T) ao longo do tempo (t).