

O problema dos vinhos “reduzidos”

Jaime Quelhas e Manuel Malfeito Ferreira

Laboratório de Microbiologia, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa
Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa

1. INTRODUÇÃO

1.1 Importância do problema

A qualidade dos vinhos pode ser afectada por uma série de moléculas responsáveis por defeitos de aroma e sabor. Um dos principais grupos de compostos é conhecido pelo cheiro a “reduzido” que imprimem aos vinhos, em função da presença de átomos de enxofre na sua molécula. Actualmente, o número de vinhos afectado por este problema representa uma proporção significativa entre os principais defeitos de vinhos. De facto, dados empíricos obtidos relativamente a um universo anual de cerca de 10.000 vinhos, levados a concurso no International Wine Challenge, realizado em Londres, mostram que esta alteração está presente em cerca de 25 a 30% dos vinhos rejeitados pela prova (Tabela 1). Ainda que a avaliação de defeitos de aroma pelos provadores possa ser discutível, podemos concluir que o “reduzido” tem uma incidência que o coloca, a par com o “cheiro a rolha”, nos defeitos mais frequentes, nos três anos estudados.

Tabela 1. Incidência dos defeitos (%) nos vinhos reprovados sujeitos ao concurso “International Wine Challenge” (adaptado de Goode e Harrop, 2008).

Defeito	2006	2007	2008
Rolha	27,83	29,68	31,11
Suor de cavalo	10,59	12,82	15,79
Oxidação	24,29	22,88	19,11
Reduzido	29,18	26,53	28,89
Vinhos com defeito	7,1	-	5,88

Este problema parece ser potenciado pela utilização das cápsulas de rosca (screw-cap) como vedante das garrafas, uma vez que reduz fortemente a quantidade de oxigénio que entra em contacto com o vinho, criando um ambiente redutor (Goode e Harrop, 2008). Desta forma, a procura de soluções para o problema tem vindo a intensificar-se nos últimos anos com o fim de esclarecer a sua origem, prevenir o seu aparecimento e tratar os vinhos afectados.

1.2 Moléculas envolvidas e impacto organoléptico

No vinho podem ser encontrados mais de 100 compostos que têm na sua constituição enxofre, mas só aproximadamente 10 estão presentes em teor acima do seu limiar de detecção (Zoecklein, 2007). Estes compostos podem ser agrupados em mercaptanos e poli-mercaptanos, possuindo descritores como cheiro a esgoto, ovos podres, alho e cebola (Tabela 2). Dentro desta família, destaca-se o H₂S pela elevada volatilidade e limiar de percepção de 0,8 µg/L, sendo a molécula mais comum que confere o aroma a reduzido dos vinhos (Jackson, 2008). Outra forma de agrupar esta família de compostos está relacionada com o seu ponto de ebulição distinguindo-se entre compostos de baixo peso molecular, com ponto de ebulição abaixo de 90°C; e compostos de elevado peso molecular, com ponto de ebulição acima de 90°C (Flanzy, 2003).

Tabela 2. Compostos reduzidos de enxofre presentes no vinho e respectivos limites de detecção (adaptado de Ribéreau-Gayon et al., 2006).

Composto	Limiar de percepção (µg/L)	Descritores	Concentração em vinho (µg/L)		Ponto de ebulição (°C)
			Sem defeito	Com aroma reduzido	
Sulfureto de hidrogénio	0,8	Ovos podres	0,3	16,3	- 61
Metil-mercaptano, metanotiol	0,3	Couve podre, couve cozida, borracha queimada, água estagnada	0,7	5,1	6
Etil-mercaptano, etanotiol	0,1	Cebola, fósforo queimado, terra	0	10,8	35
Sulfureto de dimetilo	5	Marmelo, trufa	1,4	2	35
Disulfureto de carbono		Borracha	1,7	2,4	46
Metionato de etilo	300	Metálico	1	2	90
Metionol	1200	Couve cozida	838	1776	90
Sulfureto de dietilo	0,9	Éter, borracha	-	-	92
4-Metil-tiol-butanol	80	Terroso	36	35	96
Dissulfureto de dimetilo	17	Milho cozido, couve cozida, espargos, vegetal	0	2	109
2-Mercaptano-etanol	130	Borracha queimada	72	124	157
Dissulfureto de dietilo	4,3	Alho, fósforo queimado, borracha	-	-	151
2-Metil-tiol-etanol	250	Couve flor	56	80	170
Benzotiazol	50	Borracha	2	11	234

Os mercaptanos, estruturalmente, são caracterizados por serem compostos organosulfurados com a estrutura molecular simples, que precipitam na presença de sais de mercúrio (Ribéreau-Gayon et al., 2006). São constituídos por um hidrocarbono e grupo com função tiol (-SH). A maioria dos mercaptanos são parecidos com os álcoois, a diferença reside na presença do grupo tiol (-SH) em substituição do grupo hidroxilo (-OH). Dentro deste grupo destacam-se o etil-mercaptano e o metil-mercaptano pelas suas características sensoriais e reduzidos limiares de detecção.

Os poli-mercaptanos têm na sua estrutura um ou mais átomos de enxofre ligados entre dois carbonos. O composto mais frequente é o sulfureto de dimetilo, que acima do limiar de percepção contribui com odores desagradáveis e, por outro lado, quando presente em baixa concentração, contribui positivamente com aromas de espargos, milho e melaço. Dentro deste grupo podemos encontrar, também, moléculas como o dissulfureto de dimetilo e de dietilo, que por si só não apresentam relevância aromática. No entanto, em ambiente redutor podem dar origem a mercaptanos, que são fortemente penalizadores do aroma dos vinhos (Jackson, 2008).

1.3 Origem e evolução dos compostos reduzidos de enxofre

O aparecimento dos compostos reduzidos de enxofre em vinhos depende de vários factores, como o tipo de levedura, a temperatura de fermentação, a dimensão dos depósitos, a cinética de fermentação, a turvação do mosto, o teor de azoto assimilável, o teor de vitaminas, sulfatos, sulfitos e resíduos de pesticidas, ou ainda, as concentrações elevadas de iões metálicos (Boulton et al., 2002). Durante o esmagamento das uvas também podem surgir moléculas (dissulfureto de carbono (CS₂) e sulfureto de carbono (COS)) em consequência da presença de eventuais pesticidas presentes nas uvas, cuja concentração tende a diminuir no decorrer da fermentação (Jackson, 2008). De todos estes factores, aquele que parece ser a principal causa do aparecimento destes compostos está ligado à actividade fermentativa das leveduras, dependendo da estirpe e das condições nutricionais no decorrer da fermentação alcoólica (Fig. 1).

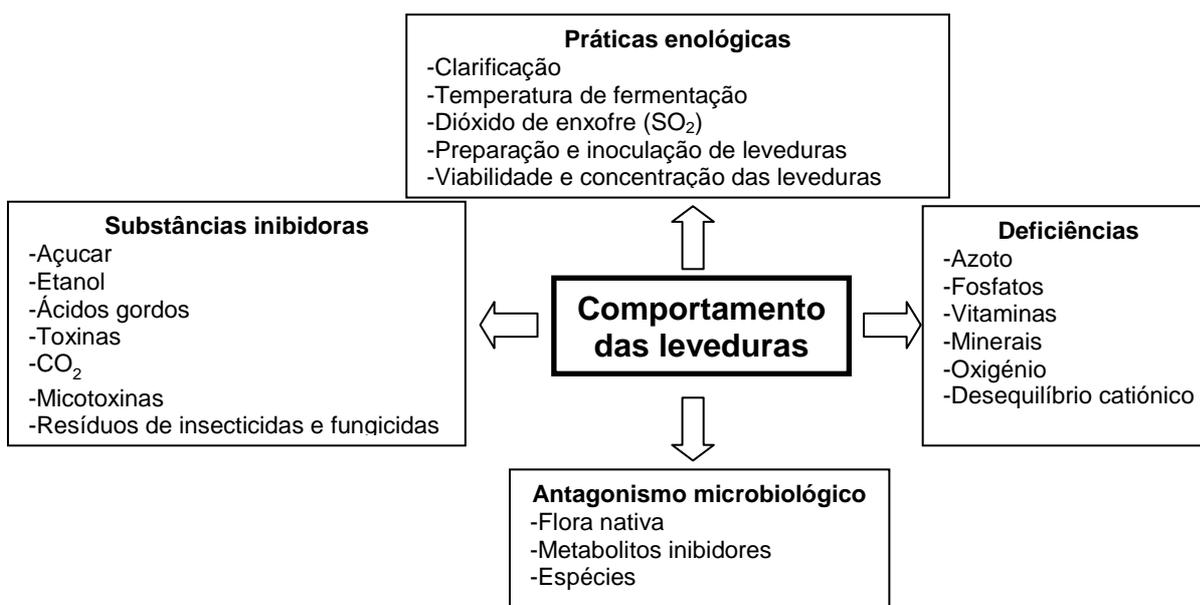


Figura 1. Factores que afectam a produção de compostos sulfurados pelas leveduras durante a fermentação (adaptado de Zoecklein et al., 2001).

As leveduras necessitam de uma fonte de enxofre de forma a sintetizarem aminoácidos contendo enxofre e outros metabolitos essenciais (metionina e cisteína) (Fugelsang e Edwards, 2007). Sendo um produto intermédio no processo de redução dos sulfatos, o H_2S é uma molécula que contém enxofre, essencial para o crescimento e funcionamento das células (Fig. 2). O sulfato ao entrar na célula é reduzido sulfureto que se combina com precursores azotados que darão origem à cisteína e à metionina, que contêm enxofre. Esta sequência de redução do sulfato é activada sempre que houver necessidade de cisteína e metionina. Todos os compostos orgânicos sulfurados são formados a partir dos amino-ácidos com enxofre. Na ausência de azoto intracelular, a sequência de redução pode continuar, formando um excesso de H_2S , que não é incorporado nos amino-ácidos mas libertado para o meio. Assim, o H_2S surge como resposta à carência de azoto (Zoecklein, 2007).

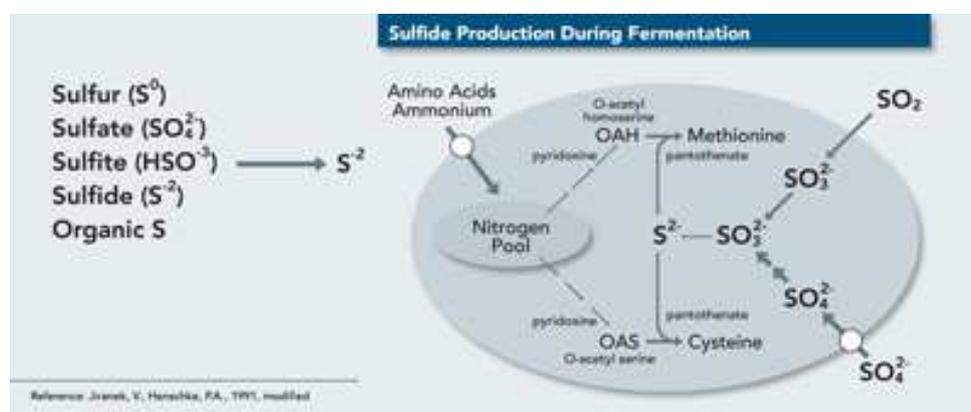


Figura 2. Via metabólica de produção de H_2S durante a fermentação.

Estudos recentes apontam que a quantidade de H_2S residual no vinho depende mais da etapa de fermentação onde é produzido, do que da quantidade que é produzida. O H_2S produzido a seguir à fase exponencial de fermentação (< 50 a 100 g/L) tem maior propensão para ficar residual, comparativamente com aquele que é produzido nas primeiras etapas de fermentação (Ugliano *et al.*, 2009).

Zoecklein (2007) refere que os compostos sulfurados de baixo peso molecular são formados durante e após a fermentação, enquanto os compostos de elevado peso molecular só são produzidos pelas leveduras no decorrer da fermentação alcoólica. Este segundo tipo de compostos mantém-se estável no vinho após a fermentação, sendo difícil de remover por arejamento uma vez que o seu ponto de ebulição é muito elevado e não reagem com o cobre. Representam, por isso, o maior problema em vinificação. Assim, o maior problema que advém da presença H_2S residual no vinho é que, não sendo tratado ou removido rapidamente, vai desencadear reacções com o acetaldeído, dando origem a compostos como, por exemplo, o

etil-mercaptano (Jackson, 2008). O mesmo composto (etil-mercaptano) ao combinar-se com outra molécula igual, vai produzir dissulfureto de dietilo, sem capacidade de alterar o cheiro do vinho. Assim, é possível que um vinho não apresente o defeito no momento do engarrafamento mas, devido ao aumento do poder reductor na garrafa, pode passar a “reduzido”, indiciando que estamos na presença de metil-mercaptano, que resultou da redução do dissulfureto de dimetilo.

Os compostos reduzidos de enxofre também podem afectar a sensação de boca, originando gostos amargos e sensações minerais e adstringentes (Zoecklein, 2008).

1.4 Prevenção

A actuação de forma preventiva é a melhor estratégia para evitar problemas com a presença de compostos reduzidos de enxofre (Tabela 3). Na vinha, deve-se evitar o tratamento com fungicidas à base de cobre, 5 a 6 semanas antes da vindima, reduzindo o teor de resíduos presentes no mosto, que contribuem para o aumento da toxicidade do meio, obrigando as leveduras a produzir H_2S para resistir a estas condições (Jackson, 2008). Durante a fermentação, o mesmo autor defende que é conveniente numa primeira fase da fermentação (crescimento exponencial) adicionar fosfato de diamónio (DAP), visto que nesta fase se verifica uma elevada procura de aminoácidos contendo enxofre. O nível mínimo de azoto assimilável é cerca de 140 mg/l para 21ºBrix e de 250 mg/l para 23ºBrix, embora estes valores devam ser tomados apenas como indicação. Desta forma a adição de nutrientes tende a combater a acumulação de H_2S nos primeiros estados da fermentação. O mesmo autor afirma que a segunda fase de produção de H_2S está relacionada com a concentração de azoto assimilável no mosto, apontando a carência de vitaminas (pantetonato B5 e piridoxina B6) e aminoácidos como razão principal para a produção deste tipo de compostos.

A diminuição da produção de H_2S também pode ser obtida utilizando temperaturas de fermentação mais baixas, ajustando o nível de sólidos em suspensão (100-250 NTU), fermentando em depósitos de menor volume (evita que o potencial redox desça rapidamente), promovendo o arejamento por remontagens e evitando excesso de sulfuroso (Jackson, 2008).

A oxidação do H_2S a enxofre elementar através de arejamento leva à sua precipitação evitando que num ambiente reductor possa voltar a ácido sulfídrico (H_2S) (Jackson, 2008). Este arejamento ligeiro ocorre durante o processo habitual de trasfega dos vinhos, sendo de evitar a oxidação excessiva pelos efeitos negativos que pode ter no aroma dos vinhos.

De acordo com Ugliano *et al.* (2009), o teor de alguns metais também afecta a produção de compostos reduzidos de enxofre. Por sua vez, o teor de metais do vinho depende de vários factores, como o solo, a casta das uvas, as condições ambientais, as práticas vitícolas e enológicas, pelo que não é fácil individualizar as relações causa-efeito na produção do aroma a “reduzido” (Tabela 3).

Tabela 3. Factores que afectam a produção de compostos sulfurados, seu diagnóstico e prevenção (adaptado de Ugliano *et al.*, 2009).

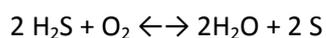
FONTE	MECANISMO	DIAGNÓSTICO	PREVENÇÃO
Agroquímicos Ex.: enxofre elementar	Redução química e bioquímica	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de enxofre - Não cumprimento dos intervalos de segurança - Utilização de certos fungicidas contendo S - Trásfega tardia após fim da fermentação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitar a utilização de enxofre - Respeitar o intervalo de segurança dos produtos - Reduzir o conteúdo de sólidos em suspensão - No final da fermentação fazer de imediato a trásfega
Catiões metálicos Ex: cobre, ferro, zinco, magnésio	Redução química, metabolismo das leveduras	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de agroquímicos que contêm catiões metálicos em excesso - Excesso de catiões de cobre no mosto 	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar a aplicação tardia de agroquímicos contendo catiões metálicos; - Evitar adição de cobre durante a fermentação
Enxofre inorgânico Ex: sulfato, sulfito	Bioredução – sequência de redução sulfatos induzida pelo stress da falta de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> - Leveduras produtoras de H₂S - Baixo teor de azoto disponível - Baixo teor de vitaminas - Excesso de SO₂ no mosto 	<ul style="list-style-type: none"> - Escolher a levedura que produz menos H₂S - Adicionar de forma adequada nutrientes - Realizar adições regradas de SO₂, durante a colheita e transporte
Enxofre orgânico Ex: cisteína, metionina	Degradação de proteínas e aminoácidos, causa da falta de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> - Permanência em contacto com borras; - Leveduras produtoras de H₂S - Baixo teor de vitaminas - Condições de fermentação muito reductoras 	<ul style="list-style-type: none"> - Trásfegar o vinho o mais cedo possível - Escolher a levedura que produz menos H₂S - Adicionar de forma adequada nutrientes - Promover arejamento
Leveduras nativas	Bioredução – provocada pela falta de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado número de leveduras nativas no mosto - Baixa taxa de conversão na fermentação - Baixo teor de azoto, vitaminas - Condições de fermentação muito reductoras 	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar a flora nativa, com a adição de SO₂, inocular com leveduras seleccionadas - inocular novamente com leveduras seleccionadas - Adicionar de forma adequada nutrientes - Promover arejamento

1.5 Tratamento

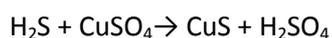
Todo os compostos em estudo são, em geral, de difícil eliminação pelo que é sempre preferível agir de forma preventiva, em vez de forma curativa. No entanto, o aparecimento destes compostos é inevitável em determinadas circunstâncias, pelo que é necessário removê-

los o mais depressa possível, para que não evoluam como descrito anteriormente, tornando-se mais difíceis de eliminar.

Sendo a molécula de H₂S aquela que, na maioria dos casos, está presente em maior quantidade e dado a sua alta volatilidade, a eliminação pode ser feita com recurso a arejamento ou oxigenação, como se demonstra na equação seguinte. O enxofre precipita e fica depositado no fundo do depósito, devendo ser removido o mais depressa possível, pois a reacção inversa é possível (Zoecklein, 2007).



Outra possível solução para o tratamento destes compostos é a utilização de cobre, pela aplicação de sulfato de cobre (CuSO₄) após o final da fermentação alcoólica, por se tratar de um composto tóxico para as leveduras.



No entanto, este produto não tem capacidade de reagir com os dissulfitos nem com os compostos de elevado peso molecular (Kaiser, 2010). Esta solução apresenta desvantagens que é preciso ter em consideração, uma vez que o cobre não é selectivo com os compostos que reage, combinando-se tanto com os indesejáveis como com os desejáveis (existem compostos tiólicos com moléculas de cisteína e glutatona que contribuem para as características aromáticas de certas castas).

O cobre pode, também, ser aplicado recorrendo à aplicação de citrato de cobre como descrito por Kaiser (2010), tendo a vantagem de possuir na sua constituição um teor de cobre mais elevado quando comparado com o CuSO₄ (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Impacto dos tratamentos à base de cobre no vinho (adaptado de Kaiser, 2010).

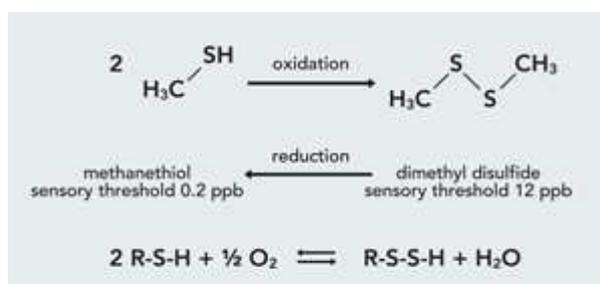
Tratamento	Alterações no vinho
Sulfato de cobre	<ul style="list-style-type: none">- Aumento do teor de cobre- Aumento na intensidade do amargor- Possibilidade da ocorrência casse cuprosa- Eventual aceleração do envelhecimento
Citrato de cobre (aplicado tendo como suporte a bentonite)	<ul style="list-style-type: none">- Ligeiro aumento do teor de cobre- Facilmente removível por filtração- Na eventualidade de ficar ácido cítrico residual poderá ser utilizado por bactérias lácticas com produção de aromas indesejáveis.

Outra questão a considerar, é o aumento do teor de cobre e de sulfatos no vinho. Vistos serem considerados substâncias tóxicas e estarem sujeitos a limites legais, além da questão legal, o excesso de cobre no vinho pode contribuir para a sua instabilidade química podendo causar problemas de casca cuprosa. O cobre tem também, impacto na longevidade do vinho, ao reagir com a glutatona, que é um dos antioxidantes naturais do vinho (Zoecklein, 2007).

Tabela 5. Compostos usados no tratamentos de vinhos reduzidos (Kaiser, 2010).

COMPOSTO	FÓRMULA QUÍMICA	TEOR EM COBRE	QUANTIDADE DE COBRE
Sulfato de Cobre	$\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	25,5 %	1 g = 255 mg
Citrato de Cobre	$\text{Cu}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7 \times 2.5 \text{H}_2\text{O}$	35 %	1 g = 350 mg

Na presença de disulfitos, que por si só não reagem com a molécula de cobre, pode-se utilizar ácido ascórbico como agente redutor para obter moléculas oxidáveis pelo cobre (Jackson, 2008). Um exemplo desta reacção ocorre com o dissulfureto de dimetilo, que não reage com o cobre e, após a aplicação de ácido ascórbico, é convertido em 2 moléculas de metil-mercaptano (metanotiol), que são precipitáveis pelo cobre (Zoecklein, 2007). É esta reacção que explica o aparecimento de vinhos reduzidos após o engarrafamento, pelo que se devem evitar oxidações dos vinhos.



A aplicação de ácido ascórbico tem de ser bem monitorizada, considerando que é uma molécula que tanto pode ter características antioxidantes (desejável), como actuar como um forte oxidante (indesejável). Esta função depende da presença de SO_2 no vinho, porque o ácido ascórbico ao reagir com o O_2 mais rapidamente que o SO_2 , produz H_2O_2 que tem elevado poder oxidante. Esta molécula, na dose certa, reage apenas com o enxofre, não causando assim o impacto negativo no vinho (Zoecklein, 2007).

Outra possibilidade de tratamento que tem mostrado resultados positivos, é a adição de “borras” finas compostas por leveduras. Estas borras, que são retiradas do vinho que contém defeito, são arejadas durante um dia e os mercaptanos presentes desaparecerem. Quando adicionadas ao vinho as paredes celulares das leveduras combinam-se com os vários aromas a reduzido, removendo-os do meio (Jackson, 2008).

1.5.1 Avaliação prática do defeito

A avaliação da intensidade do defeito pode ser feita com base num método descrito por Zoecklein (2001). Este autor propôs um teste prático qualitativo que permite determinar qual o tipo de moléculas presentes no vinho que contribuem para o aroma a reduzido e o teor de cobre necessário à remoção do problema. Esta avaliação é feita apenas com base no aroma do vinho.

Os reagentes usados são:

- Solução de sulfato de cobre (1% p/v): em 90 ml de água destilada, dissolver 1 gr de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, perfazer a 100 ml.
- Solução de sulfato de cádmio (1% p/v): em 90 ml de água destilada, dissolver 1 gr de $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, perfazer a 100 ml.
- Solução de ácido ascórbico (10% p/v): em 90 ml de água destilada, dissolver 10 gr de ácido ascórbico, perfazer os 100 ml.

O procedimento é o seguinte:

1. Colocar em 3 copos, 50 ml de vinho;
2. Marcar um copo com controlo;
3. No segundo copo, marcar com cobre, e aos 50 ml de vinho adicionar 1 ml da solução sulfato de cobre previamente preparada;
4. No terceiro copo, marcar com cádmio e adicionar aos 50 ml de vinho 1 ml da solução sulfato de cádmio;
5. Agitar os três copos;
6. Cheirar o copo “controlo”, e depois os restantes, com o auxílio da tabela 6 e interpretar os resultados.

Tabela 6. Interpretação da análise sensorial do defeito, após a adição cobre e cádmio.

Copo 1 (Controlo)	Copo 2 (Cobre)	Copo 3 (Cádmio)	Interpretação
Presença de aroma a reduzido	Ausência do aroma reduzido	Ausência do aroma reduzido	Presença de H_2S
	Ausência do aroma reduzido	Sem alteração	Presença de Mercaptanos
	Ausência do aroma reduzido	Aroma a reduzido menos intenso	Presença de H_2S e Mercaptanos
	Sem alteração	Sem alteração	a

^a O aroma desagradável não provém de H_2S ou mercaptanos, ou o metil-mercaptano foi oxidado a dissulfureto de dimetilo.

Se a avaliação do aroma a reduzido, indicar que estamos na presença de um composto que nem é H₂S nem é mercaptano (situação a), é necessário proceder a outro teste para verificar se esse composto é o dissulfureto de dimetilo:

1. Colocar noutro copo, 50 ml de vinho que ainda não tenha sido tratado;
2. Adicionar 0,5 ml da solução de ácido ascórbico, agitar e deixar repousar durante alguns minutos;
3. Adicionar 1 ml da solução de sulfato de cobre, agitar, e avaliar se houve alterações do aroma;
4. Se o odor desagradável apresentar menor intensidade que o copo 2 (ao qual se adicionou cobre), pode-se suspeitar da presença de dissulfureto de dimetilo. Este composto não reage com o cobre, no entanto na presença de ácido ascórbico é convertido em metil-mercaptano, que é oxidado na presença de cobre.

No decorrer deste teste, no copo de controlo o aroma desagradável não se deve alterar muito, no entanto é natural que reduza de intensidade, por processos de oxidação.

2. Resultados práticos

A figura 3 apresenta o teor de cobre após o tratamento de vários vinhos. Como seria de esperar, observou-se um aumento significativo deste metal.

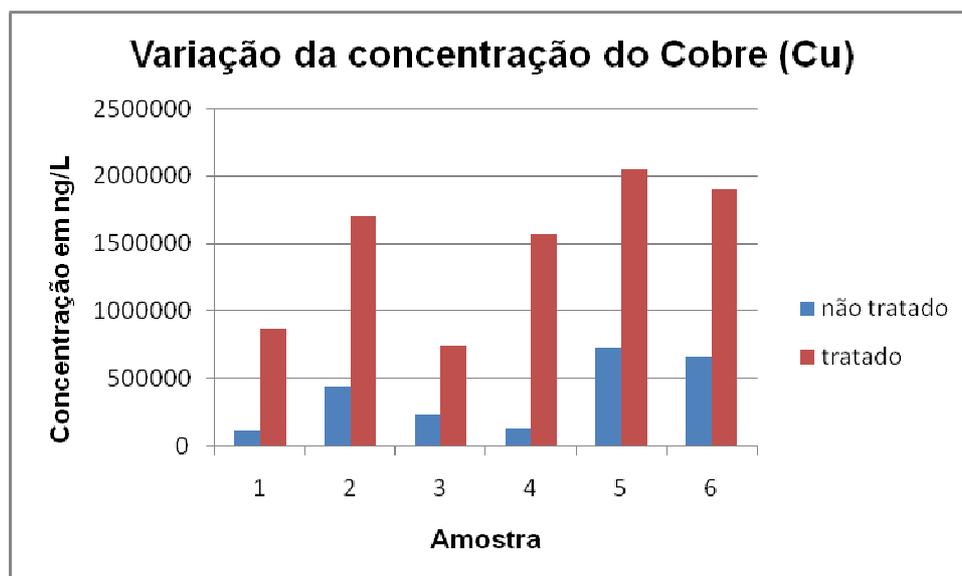


Figura 3. Variação do teor de Cobre antes e após o tratamento.

A figura 4 reflecte a relação entre o teor de cobre adicionado e o determinado nos vinhos. Os resultados descritos na figura 5 demonstram que o teor determinado nos vinhos representa cerca de 85% do cobre adicionado. Analisando o teor de cobre final nas amostras em estudo, constata-se que as amostras 2, 4, 5 e 6 possuem teores de cobre que excedem o limite legal de 1 mg/L. Nestes casos apesar de serem ensaios laboratoriais, que não reproduzem na íntegra a realidade dos acontecimentos em adega, o excesso de cobre é evidente. No entanto a experiência e análises provam que estes valores não são atingidos em adega. Em primeiro lugar porque se evita o uso de sulfato de cobre como solução, recorrendo a arejamento e outras técnicas para remover o defeito. Por outro lado o facto de existirem vinhos de lote, permite que a interacção entre os diferentes vinhos, bem como a operação de loteamento, faça com que o defeito desapareça naturalmente.

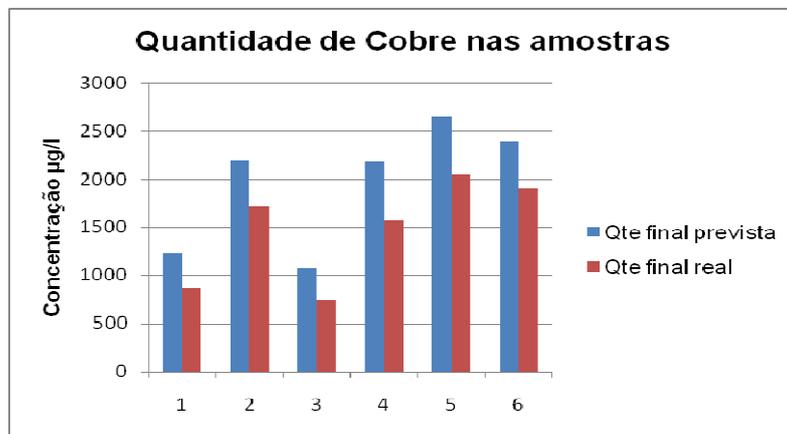


Figura 4. Relação entre a quantidade final prevista de cobre após tratamento e a quantidade final real obtida.

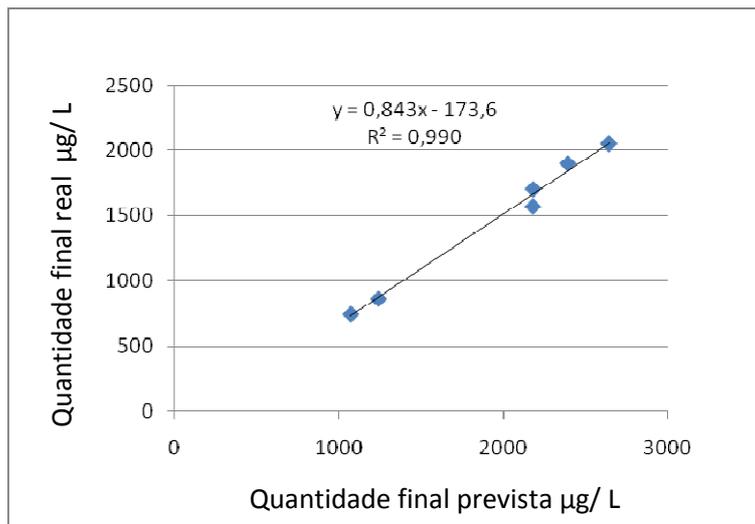


Figura 5. Correlação entre a quantidade final prevista de cobre após tratamento e a quantidade final real obtida.

5. Bibliografia

- Boulton, R.B, V.L Singleton, L.F. Bisson, e R.E Kunkee. *Teoría y práctica de la elaboración del vino*. Zaragoza: Editorial ACRIBIA, S.A., 2002.
- Flanzy, Claude. *Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos*. Madrid: A. Madrid Vicente, Ediciones; Ediciones Mundi-Prensa, 2003.
- Fugelsang, Kenneth C., e Charles G. Edwards. *Wine Microbiology Practical Applications and Procedures*. New York (EUA): Springer Science + Business Media, LLC, 2007.
- Goode, Jamie, e Sam Harrop. *Wine Faults and their prevalence: Data from the world's largest blind tasting*. Relatório , Horsens (Alemanha): Lallemand, 2008.
- Jackson, Ronald S. *Wine Science Principles and Applications third edition*. Califórnia (EUA): Elsevier Inc, 2008.
- Moreira, N., F. Mendes, O. Pereira, P. Guedes de Pinho, T. Hogg, e I. Vasconcelos. *Volatile sulphur compounds in wines related to yeast metabolism and nitrogen composition of grape musts*. Elsevier, 2002.
- Reynolds, Andrew G. *Managing wine quality vol 2: Oenology and wine quality*. Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing Limited, 2010.
- Ribéreau-Gayon, P., Y. Glories, A. Maujean, e D. Dubourdieu. *Handbook Of Enology Vol 2 The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments 2nd Ed*. Reino Unido: Jonh Wiley & Son, Ltd, 2006.
- Ugliano, M., G. Winter, A.D. Coulter, e P.A. Henschke. "Practical management of hydrogen sulfide during fermentation – an update." *The Australian & New Zealand Grapegrower and Winemaker*, 2009: 30-37.
- W.Zoecklein, Bruce, Kenneth C. Fugelsang, Barry H. Gump, e Fred S. Nury. *Análisis y Producción de Vino*. Zaragoza (Espanã): Editorial Acribia, S.A., 2001.
- Zoecklein, Bruce. "HACCP Plan Check Sulfur - Like off odors." *PW Winery & Vineyard*, Julho/Agosto de 2008.
- Zoecklein, Bruce W. "Factors impacting sulfur like off odors in wine and winery options." Canadá, 2007. 1-16.
- Zoecklein, B. (2008). *Wine Business*. Fevereiro de 2008.
<http://www.winebusiness.com/wbm/?go=getArticle&dataId=54422> (acedido em Janeiro de 2011).