

Efeito do ácido tartárico nos valores de potássio, acidez titulável e pH durante a vinificação de uvas Cabernet Sauvignon

Effect of tartaric acid upon potassium, total acidity and pH, during the vinification of Cabernet Sauvignon grapes

Carlos Eugenio Daudt^{1*} Aline de Oliveira Fogaça¹

RESUMO

Vinhos tintos com altos valores de pH são resultantes de uvas com valores excessivos de potássio. O excesso de potássio é, geralmente, resultado, do manejo inadequado no vinhedo. Com o intuito de encontrar uma solução tecnológica para o problema de pH nos mostos antes e durante da aplicação de medidas no vinhedo, foram realizadas vinificações em escala piloto com uvas Cabernet Sauvignon adicionando-se ácido tartárico no momento do esmagamento. Assim, três tratamentos, em duplicata, foram feitos com a adição de zero (testemunha), 1 e 2 gL⁻¹ de ácido tartárico. Foram utilizados os procedimentos normais de sulfitação, uso de enzimas pectinolíticas e leveduras selecionadas. A descuba foi realizada após 10 dias e a fermentação malolática foi espontânea. Foram analisados potássio (por fotometria de chama), acidez titulável (por titulometria) e pH (por peagâmetro) no mosto durante a fermentação e no vinho resultante. Potássio foi também analisado nas películas e nas borras submetidas, no entanto, a digestão nitroperclórica antes da análise. Os valores encontrados para potássio (gL⁻¹), acidez titulável (g%) e pH durante a microvinificação foram, respectivamente, na amostra testemunha: 1,98, 0,61, 3,68; tratamento 1: 1,72, 0,70 e 3,63; tratamento 2: 1,41, 0,73 e 3,50. A análise de potássio, nas películas e nas borras nos diferentes tratamentos, apresentou os seguintes valores, respectivamente, para a amostra testemunha em g kg⁻¹ (Matéria Seca): 24,91 e 69,30; tratamento 1: 21,85 e 75,11; tratamento 2: 16,20 e 85,38. A ação do ácido tartárico torna-se mais evidente nas borras, em que quanto maior foi a adição de ácido no mosto maior foi a quantidade de potássio encontrada nestas, reduzindo, desse modo, a quantidade de potássio no vinho. Salienta-se que a adição de ácido tartárico é um paliativo momentâneo e a verdadeira correção deve ser feita no vinhedo, por meio de um manejo adequado.

Palavras-chave: acidez, mosto, vinho, minerais.

ABSTRACT

Wines with high pH values are usually made from grapes with high potassium values and can bring serious problems to the wine. This high potassium comes, usually, from mistakes with the vines management. While the right management has being tried, in the vineyard, and aiming to find a fast solution for the problem inside the winery a pilot scale fermentation was made with Cabernet Sauvignon. The must was submitted to three different treatments with tartaric acid: zero, 1 gL⁻¹ and 2 gL⁻¹, all in duplicate. The pattern of fermentation was the normal SO₂, pectinolytic enzymes and yeasts addition to the musts; skins and seeds were removed from the must after 10 days of fermentation and malolactic fermentation occurred spontaneously. Potassium (by flame spectrometry), total acidity (by titrimetry) and pH (by pH meter) were analyzed in the musts during fermentation and in the wines; skins and lees were digested previously the analysis. Values found, in the wines, for potassium (gL⁻¹), total acidity (g%) and pH were respectively: samples from zero tartaric acid 1,98, 0,61, 3,68; from 1 gL⁻¹: 1,72, 0,70 e 3,63; from 2 gL⁻¹: 1,41, 0,73 e 3,50. Values found in the skins and lees with the same treatments were, respectively: 24,91 and 69,30, 21,85 and 75,11, 16,20 and 85,38 g kg⁻¹ of the Dry Matter. The effect of tartaric acid addition was noted mainly in the lees (69,3, 75,11 and 85,38), in which the potassium found showed a close relationship with the acid added in the must. It should be noted, though, that this addition is just for the moment because the real correction should be made in the vineyard, as it is now.

Key words: acidity, must, wine, minerals.

INTRODUÇÃO

A concentração de ácido de um vinho e o pH devem ser considerados importantes parâmetros

¹Departamento de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: cedaudt@smail.ufsm.br. *Autor para correspondência.

tecnológicos em enologia. Vinhos com altos valores de pH são resultantes, principalmente, de uvas com valores excessivos de potássio e podem comprometer a sua conservação. Mostos com alto pH requerem, então, correção prévia feita normalmente com ácido tartárico.

Baseado nos dados de várias cultivares de videira, regiões e colheitas, BOULTON (1980a; 1980b) mostra que os cátions metálicos monovalentes, em especial o potássio, passam para o grão por meio de troca direta por prótons derivados dos ácidos orgânicos. Este autor propõe que outros cátions, tais como cálcio, magnésio, zinco e cobre não participam desta troca (BOULTON, 1980b). Esta troca ocorre por meio da membrana da parede celular dos grãos, envolvendo um sistema enzimático específico (BOULTON, 1980c)

Potássio é um dos minerais, mobilizados pelo floema, segundo ROGIERS et al. (2006a), que continua acumulando durante o crescimento e a maturação do grão ao contrário de outros (tais como Ca, Mn e Zn), movidos pelo xilema, que acumulam até a época chamada de *véraison* (ou mudança de cor no grão); as películas e a polpa são os principais locais do grão onde se armazena o potássio. Segundo ROGIERS et al. (2006b), o potássio se acumula no grão predominantemente após o *véraison* e bem menos durante a fase de sobrematuração, quando o grão chega até lá.

O potássio é um elemento essencial para o crescimento e a produção da videira (MPELASOKA et al., 2003). De acordo com WOOD & PARISH (2003), em uma videira equilibrada, os grãos requerem uma certa quantidade de potássio para a atividade metabólica normal. Este mineral participa da translocação de açúcares até os órgãos de reserva, o que acontece em maior quantidade no período final da maturação (SMART et al., 1985). Estudos realizados por KUDO et al. (1998) mostram que a falta de potássio também é extremamente prejudicial. Esses pesquisadores estudaram a relação entre os íons potássio e hidrogênio no mosto e concluíram que existe uma faixa ótima para esta relação. Na fermentação alcoólica, quando a concentração de potássio está muito baixa, ocorre a parada de fermentação que, neste caso, é ocasionada pela dificuldade das leveduras em metabolizar a glicose e a frutose do meio.

Por outro lado, o excesso de potássio nos grãos pode ter um impacto negativo na qualidade do vinho tinto, principalmente devido ao decréscimo de ácido tartárico livre, resultando num acréscimo do pH do mosto e do vinho (MPELASOKA et al., 2003). Altos valores de pH reduzem cor e estabilidade dos produtos processados além de torná-los microbiologicamente instáveis.

O pH possui uma grande importância nas características físico-químicas, biológicas e sensoriais dos vinhos, sendo o pH e a acidez titulável as duas propriedades mais importantes no equilíbrio ácido de sucos de frutas, especialmente no mosto de uva. CHAUREL (2006) afirma que nos últimos 20 anos o pH dos vinhos mostrou a tendência de aumentar, interferindo no gosto e na preservação dos mesmos. CHAUREL (2006) afirma ainda que o decréscimo do potencial ácido resulta das técnicas de cultivo (material ou planta, fertilização potássica, cobertura do terreno, maturação) e da tecnologia de elaboração dos vinhos (métodos de extração, controle de temperaturas de fermentação e conservação, estabilização tartárica). Por isso, cada fator deve ser estudado e particularmente a adubação potássica. Durante a vinificação em tinto, o pH normalmente aumenta, principalmente após a fermentação malolática. Assim, em mostos com pH inicial mais alto, este aumento de pH necessita ser ajustado durante os processos de vinificação, sendo a adição de ácido tartárico uma prática bastante comum na indústria vinícola mundial com problemas de potássio no solo. Altas concentrações de potássio em mostos e vinhos podem levar a perdas excessivas de ácido tartárico devido à precipitação na forma de bitartrato de potássio e, como consequência, o ajustamento do pH torna-se mais difícil e caro (MPELASOKA et al., 2003). A melhor maneira de diminuir os custos envolvidos com a correção do ácido tartárico é conseguir grãos com menor quantidade de potássio. Conforme MPELASOKA et al. (2003), determinadas práticas de manejo aplicadas ao vinhedo reduzem a absorção de potássio pela planta: uso de porta-enxertos seletivos, manejo do dossel vegetativo, e estratégias de irrigação. Entretanto, o impacto destas práticas requer uma cuidadosa calibração dos parâmetros de produção e da qualidade do vinho desejável para se definir por uma correta relação sobre a quantidade de potássio nos tecidos da videira (MPELASOKA et al., 2003).

Enquanto os ajustes de potássio realizados no vinhedo são avaliados, via a análise de solo e análise peciolar, objetivou-se estudar uma alternativa para a parte tecnológica, especialmente na vinificação em tinto com mosto acima de 3,6. Com o intuito de encontrar uma solução rápida para o problema, antes e durante a aplicação de medidas de ajustamento no vinhedo, foram realizadas fermentações em escala piloto com uvas da cultivar “Cabernet Sauvignon”, sendo adicionadas diferentes quantidades de ácido tartárico no momento do esmagamento das uvas e acompanhando a evolução destas três variáveis: potássio, acidez total e pH até o engarrafamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas microvinificações com uvas da cultivar “Cabernet Sauvignon” em porta enxerto SO4, de mudas oriundas da Itália, com cinco anos de idade, na safra de 2004. O vinhedo está localizado num vale do município de Itaara / RS, a 200 metros acima do nível do mar, na latitude 29° S.

A escolha desta cultivar foi porque esta havia apresentado problema de pH no ano anterior. Foram utilizados 10kg de uva em cada lote, com duas repetições. Após o esmagamento da uva, foram realizados normalmente os processos de sulfitagem com uma solução líquida de dióxido de enxofre (marca Veronese) na concentração de 50mg L⁻¹; uso de enzimas pectinolíticas (Zimopec P110L) na dose de 0,02g L⁻¹ e leveduras selecionadas (*Sacharomyces cerevisiae* var. bayanus, marca comercial PDM – Mauriferm) na dose de 0,2g L⁻¹. Nesse momento, foi adicionado o ácido tartárico (ácido tartárico natural L(+)- marca Mallarsa) nas seguintes quantidades: 0 (testemunha), 1g L⁻¹ (tratamento 1) e 2g L⁻¹ (tratamento 2). A descuba foi realizada após 10 dias de fermentação e a fermentação malolática foi espontânea. As amostras foram retiradas no momento do esmagamento, após o início da fermentação (após a queda de 1° brix), no momento da retirada das películas e após o término da fermentação malolática (medida por meio de cromatografia de papel), momento em que as borras também foram separadas. Foram analisados o potássio por fotometria de chama, conforme SILVA (1999), a acidez titulável por titulometria e o pH, conforme AMERINE & OUGH (1987). As borras sofreram processo de digestão nitroperclórica (SILVA, 1999) para a análise de potássio, sendo o resultados expresso em g kg⁻¹ de matéria seca (MS).

Foram realizadas análises de variância com 5% de probabilidade de erro dos valores de potássio, acidez total e pH durante a vinificação e de potássio nas películas e nas borras oriundas desta vinificação, da cultivar “Cabernet Sauvignon”, em cada época de amostragem, por meio do software “PlotIT” (Scientific Programming Enterprises, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existe uma correlação entre o conteúdo de potássio no pecíolo com aquele na uva, conforme FOGAÇA et al. (2007). A explicação destes resultados implica levar em consideração mecanismos mais complexos como a lixiviação e reversão, que ocorrem nos solos. A adição de ácido tartárico (Tabela 1), no momento do esmagamento, resultou em valores de potássio menores no vinho, tanto ao final da fermentação principal como ao final da fermentação malolática. O aumento da acidez total (Tabela 2) não apresentou diferença entre os dois tratamentos com adição de ácido tartárico. Contudo, ambos apresentaram diferença com a testemunha com valores maiores, como esperado. Entretanto, a testemunha deveria ter apresentado valor mais baixo, pois, em geral, o valor da acidez fixa e total diminui ao final da fermentação malolática quando comparado com o teor inicial no esmagamento. Por outro lado, a meta principal é de não deixar o pH do vinho atingir valores elevados, acima de 3,8 após a fermentação, e não obter um vinho com acidez fixa alta. De fato, o pH (Tabela 3) apresentou diferenças significativas entre os dois tratamentos, mostrando também que, pelo menos nesse caso, 1g L⁻¹ de ácido tartárico não foi suficiente para reduzir o valor do pH.

A análise de potássio nas películas e nas borras (Tabela 4) permitiu verificar que nos tratamentos 1 e 2 a extração de potássio das películas para o mosto foi maior que na testemunha, embora sem apresentar diferença estatística significativa. Os valores de potássio nas borras, no entanto, apresentaram diferença estatística principalmente na comparação entre o tratamento 2 e a testemunha. A consequência foi a obtenção de valores de pH menores (Tabela 3) no vinho. Este fato é explicado pela precipitação do potássio (Tabela 4, borras), como composto insolúvel no meio quando combinado com o ácido tartárico formando bitartarato de potássio.

Quantidades menores de potássio no mosto durante e ao final da fermentação (Tabela 1) poderiam

Tabela 1 - Evolução da concentração de potássio (g L⁻¹) nas diferentes fases da vinificação em tinto da cv. “Cabernet Sauvignon”, com diferentes doses de ácido tartárico.

Acido tartárico (g L ⁻¹)	Início da fermentação alcoólica	Descuba	Final da fermentação malolática
0	1,92 ^a	1,86 ^a	1,98 ^a
1	1,75 ^{ab}	1,75 ^a	1,72 ^b
2	1,51 ^b	1,65 ^a	1,41 ^c

*Médias dos tratamentos seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 - Evolução da concentração de acidez total (g% de ácido tartárico) nas diferentes fases da vinificação em tinto da cv. "Cabernet Sauvignon", com diferentes doses de ácido tartárico.

Acido tartárico (g L ⁻¹)	Esmagamento	Início da fermentação alcoólica	Descuba	Final da fermentação malolática
0	0,52 ^a	0,41 ^b	0,78 ^a	0,61 ^b
1	0,52 ^a	0,46 ^b	0,80 ^a	0,70 ^a
2	0,52 ^a	0,65 ^a	0,84 ^a	0,73 ^a

*Médias dos tratamentos seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

servir como uma previsão de valores inferiores para o pH das amostras em que o ácido tartárico foi adicionado. Isso foi confirmado pelos dados da tabela 3 em que os valores de pH no produto final apresentaram diferença estatística significativa entre a testemunha (sem adição de ácido tartárico) e as duas amostras que sofreram a adição deste ácido. Embora houvesse esta diferença estatística, deve-se mencionar que os números absolutos por si sós não impressionam à primeira vista, podendo levar o enólogo desatento a pensar que a adição de ácido tartárico neste caso seria desnecessária. Esta opção de não adicionar ácido tartárico mesmo em mostos com pH elevado, tem uma justificativa bastante sustentável no fato de que a preferência por vinhos tintos recai sempre em vinhos com acidez total (devida à acidez fixa) mais baixa. Observando a tabela 2, pode-se afirmar que houve realmente aumento de acidez total (devido à acidez fixa), na comparação entre a testemunha e as amostras que sofreram a adição de ácido tartárico. Entretanto, a exemplo do pH (Tabela 3) os números absolutos não são muito diferentes entre si. Na verdade, um pH mais alto é muito mais prejudicial a um vinho do que uma acidez total um pouco mais elevada. DELFINI et al. (2001) mostram que o aumento da sensação ácida (devido ao aumento da concentração de íons de hidrogênio) resultante da adição de ácido tartárico é contrabalanceada pelo decréscimo da capacidade tamponante (devido à remoção de íons de potássio durante a precipitação do bitartarato de potássio). Em alguns casos, a diferença nos valores de pH é mais expressiva entre amostras com e sem tratamento.

RIZZON et al. (1998), trabalhando com três cultivares viníferas oriundas de três regiões diferentes do Rio Grande do Sul, encontraram valores altos de pH para a região da campanha (Santana do Livramento), chegando a 4,01 para a cultivar "Cabernet Sauvignon". Eles também encontraram valores crescentes de pH entre o esmagamento das uvas e o final da fermentação malolática. OLIVIER (1997) trabalhou com três cultivares da safra de 1994 oriundas de três regiões diferentes do Rio Grande do Sul, sendo duas as mesmas utilizadas por RIZZON et al. (1998). Na cultivar "Cabernet Sauvignon", o pH foi também maior no mosto oriundo da campanha (Santana do Livramento). Ao contrário do que foi feito no presente trabalho, os mostos, ao invés de serem tratados com ácido tartárico, no trabalho de OLIVIER (1997) foram tratados com enzima pectinase e aumentados para um valor de pH igual a 3,8, visando observar o comportamento de potássio, cálcio, ácidos tartárico e málico, pH e acidez total. A autora concluiu que os tratamentos enzimáticos e de aumento de pH auxiliaram na redução do ácido tartárico através de dois efeitos. O primeiro foi que o uso de enzimas favoreceu a extração de potássio e de ácido tartárico, ambos da película, e conseqüentemente a formação de bitartarato que precipitou, diminuindo a concentração de ácido tartárico no mosto e no vinho. O segundo efeito, este concernente ao aumento forçado do pH do mosto, favoreceu também a formação de bitartaratos, diminuindo também a concentração de ácido tartárico que tem pK_1 igual a 3,04 e pK_2 igual a 4,34 (MARGALIT, 2004). PEYNAUD (1984) afirma que com o pH 3,6 se forma o conteúdo máximo de

Tabela 3 - Valores de pH encontrados durante a microvinificação de uvas da cultivar "Cabernet Sauvignon", com diferentes doses de ácido tartárico

Acido tartárico (g L ⁻¹)	Esmagamento	Início da fermentação alcoólica	Descuba	Final da fermentação malolática	Borras
0	3,48 ^a	3,71 ^a	3,58 ^a	3,68 ^a	3,94 ^a
1	3,48 ^a	3,58 ^b	3,51 ^a	3,63 ^b	3,88 ^b
2	3,48 ^a	3,27 ^c	3,47 ^a	3,50 ^c	3,74 ^c

*Médias dos tratamentos seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

bitartarato, porém o pH superior diminui o bitartarato e aumenta progressivamente o ânion tartarato porque o ácido tartárico se aproxima de seu segundo $pK_a = 4,34$, resultando em duas funções ácidas fracas em equilíbrio. MANFRÓI (1993) e MIELE et al. (1995) atribuem a baixa acidez no mosto de Santana do Livramento, principalmente, a uma maior maturação das uvas, comparadas com as uvas de Bento Gonçalves na Serra Gaúcha, pelas condições climáticas. Parece claro, no entanto, que vários fatores influenciam este e outros parâmetros das uvas nas várias regiões do Rio Grande do Sul. Um pH de tal magnitude (ao redor de 4,0) facilita o ataque de bactérias, dificultando a conservação e o envelhecimento dos vinhos, e modifica bastante a coloração de um vinho tinto. Na verdade, quando o nível de potássio aumenta no grão, causando um aumento de pH, ocorre uma diminuição da intensidade da cor e um aumento do matiz nos vinhos (CHAUREL, 2006). A tabela 4 indica que o potássio da uva se deposita nas borras e na parte sólida que constitui o resíduo da vinificação. O processo posterior de estabilização do vinho se encarregará de retirar o excesso de potássio que poderia contribuir para a desestabilização futura deste vinho.

CONCLUSÃO

A utilização de ácido tartárico na vinificação em tinto de uvas permite a obtenção de vinhos com valores de pH e acidez titulável mais adequados. A ação do ácido tartárico evidencia-se na análise das borras, em que quanto maior foi a adição de ácido tartárico no mosto, maior foi a quantidade de potássio encontrada, reduzindo, desse modo, a quantidade de potássio presente no vinho. A adição de ácido tartárico na vinificação é uma alternativa tecnológica para elaborar vinhos com valores de acidez total e pH adequados. No entanto, estudos devem ser realizados para detectar as reais causas responsáveis pelo valor elevado de potássio e pH nos mostos.

Tabela 4 - Valores potássio ($g\ kg^{-1}$, em MS) nas películas e nas borras resultantes, após microvinificação de uvas da cv. "Cabernet Sauvignon", com diferentes doses de ácido tartárico.

Ácido tartárico ($g\ L^{-1}$)	Películas	Borras
0	24,91 ^a	69,30 ^b
1	21,85 ^a	75,11 ^{ab}
2	16,20 ^a	85,38 ^a

*Médias dos tratamentos seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Vinícola Velho Amâncio, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento parcial.

REFERÊNCIAS

- AMERINE, M.A.; OUGH, C.S. **Methods for the analysis of musts and wine**. New York: John Wiley and Sons, 1987. 341p.
- BOULTON, R. The general relationship between potassium, sodium and pH in grape juices and wines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.31, n.2, p.182- 186, 1980a.
- BOULTON, R. The relationship between total acidity, titratable acidity and pH in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.31, n.3, p.76-80, 1980b.
- BOULTON, R. A hypothesis for the presence, activity, and role of potassium/hydrogen, adenosine triphosphatases in grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.31, n.3, p.283-287, 1980c.
- CHAUREL, J.Y. Effect of Potassium fertilization on soil, grapevine and wine in granitic soil. **Progress Agricole et Viticole**, Montpellier, v.123, n.23, p.455-462, 2006.
- DELFINI, C. et al. Experiments of acidification of musts and wines with DL-malic, DL-lactic acid and L (+) tartaric acid. **Bulletin de L' O.I.V.**, Bordeaux, v.74, n.841-842, p.160-199, 2001.
- FOGAÇA, A.O. et al. Potássio em uvas. II – análise peculiar e sua correlação com a quantidade de potássio em uvas viníferas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p.597-601, 2007.
- KUDO, M. et al. Imbalance of pH and potassium concentration as a cause of stuck fermentations. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.49, n.3, p.295-301, 1998.
- MANFRÓI, V. **Efeito da época de desfolha e de colheita sobre a maturação e qualidade da uva e do vinho Cabernet Sauvignon**. 1993. 152f. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MARGALIT, Y. **Concepts in wine chemistry**. San Francisco: The Wine appreciation Guild, 2004. 476p.
- MIELE, A et al. Caracteristiques analytiques des vins de Cabernet Sauvignon brésiliens de différentes régions viticoles-millésime. **Bordeaux: Tec & Doc**, Bordeaux, v.1, p.597-601, 1995.
- MPELASOKA, B.S. et al. Review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v.9, n.3, p.154-168, 2003.
- OLIVIER, M.N. **Evolução da acidez na fermentação alcoólica das uvas tintas Cabernet Sauvignon e Isabel e da uva branca Trebbiano**. 1997. 93f. Dissertação (Mestrado)

- Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria.

PEYNAUD, E. **Enología práctica – conocimiento y elaboración del vino**. Madrid: Mundi-Prensa, 1984. 405p.

RIZZON, L.A. et al. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.2, p.179-183, 1998.

ROGIERS, S.Y. et al. Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). **Vitis**, Alemanha, v.45, n.3, p.115-123, 2006a.

ROGIERS, S.Y. et al. Solute transport in Shiraz berries during development and late ripening Shrinkage. **American**

Journal of Enology and Viticulture, Davis, v.57, n.1, p.73-80, 2006b.

SMART, R.E. et al. Canopy microclimate modification for the cultivar Shiraz. I. Definition of canopy microclimate. **Vitis**, Alemanha, v.24, p.17-31, 1985.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 370p.

WOOD, R.; PARISH, M. **The mechanisms and viticultural factors governing potassium accumulation in the grape berry** - Part 1. The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker 2003 Annual Technical Issue. Capturado em 20 jun. 2005. Online. Disponível na Internet: www.winenet.com.au/articles/WineNetwork_Potassium_RW-MP03.pdf.