



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PÓS-GRADUAÇÃO *STRITO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Vanessa de Souza Oliveira

**INFLUÊNCIA DE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NA
ABSORÇÃO DE METAIS PELA VIDEIRA cv. SYRAH E
COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS VINHOS DO VALE DO
SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

JUAZEIRO – BA
2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PÓS-GRADUAÇÃO *STRITO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Vanessa de Souza Oliveira

**INFLUÊNCIA DE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NA
ABSORÇÃO DE METAIS PELA VIDEIRA cv. SYRAH E
COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS VINHOS DO VALE DO
SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. D.Sc. Augusto Miguel Nascimento Lima

Co-orientadores: Prof^a D.Sc. Alessandra Monteiro Salviano Mendes

D.Sc. Giuliano Elias
Pereira

JUAZEIRO – BA
2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PÓS-GRADUAÇÃO *STRITO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Vanessa de Souza Oliveira

**INFLUÊNCIA DE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NA ABSORÇÃO DE METAIS
PELA VIDEIRA cv. SYRAH E COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS VINHOS DO
VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Strito Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito para obtenção do título de mestre.

Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima
UNIVASF
Presidente da Banca

Prof^a. Dra. Alessandra Monteiro Salviano Mendes
Embrapa Semiárido/UNIVASF
Examinador Interno

Prof. Dr. Luís Henrique Bassoi
Embrapa Semiárido/UNIVASF
Examinador Interno

Dr. Giuliano Elias Pereira
Pesquisador Embrapa Uva e Vinho/ Semiárido
Examinador Externo

Juazeiro, 19 de Julho de 2013.

DEDICO aos meus pais Hildemar dos Santos (*in memoriam*) e Celia Regina, pela educação, atenção e amor primordial, especialmente por me fazer sonhar e ensinar que devo correr atrás de meus sonhos.

A Andréa Suame uma amiga especial, um anjo que Deus colocou em minha vida pelo carinho, pela força e apoio, sempre me incentivando a nunca desistir, fundamental para conclusão do presente trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus em que eu creio e me dar força em todos os momentos e sempre mostra o caminho certo a seguir.

A minha família e amigos, no principio de tudo.

A Universidade Federal do Vale do São Francisco pela oportunidade de realizar o Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima e Dra. Alessandra Monteiro Salviano Mendes, um agradecimento especial por terem aceitado a orientação deste trabalho. Sempre presentes nos momentos essenciais, com críticas e sugestões preciosas, apontando críticas e ajudando a vencer as dificuldades. Obrigada por tudo!

A Dr. Giuliano Elias Pereira e Dr. Luíz Henrique Bassoi por todo comprometimento na realização deste trabalho e contribuição para meu crescimento profissional durante estes anos de orientação na Embrapa Semiárido.

A todos do Laboratório de Enologia, Laboratório de Solos e Campus Experimental do Bebedouro da Embrapa Semiárido pela amizade, colaboração e auxílio para realização do presente trabalho.

A todos os colegas de Pós-Graduação pelos momentos e conhecimentos compartilhados e pelas novas amizades conquistadas. Em especial a Russaika Lírio, Daniela Coelho, Juliano Athayde, Danillo Olegário e Bruno Ricardo, meus parceiros de “guerra”.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho, MUITO OBRIGADA!

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.

(Albert Einstein)

OLIVEIRA, V. S. **Influência de estratégias de irrigação na absorção de metais pela videira cv. Syrah e composição físico-química dos vinhos do Vale do Submédio São Francisco**. 2013. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro/BA, 2013.

RESUMO

O crescimento da videira e o desenvolvimento das bagas de uvas dependem da absorção de água e nutrientes fornecidos pelo solo. Os macros e micronutrientes presentes no solo estão associados ao crescimento, rendimento e qualidade da uva, variando de acordo com a região produtora, clima, tipo de solo, idade da planta, porta-enxertos, manejo, entre outros fatores. Os metais pesados presentes no solo, em concentrações elevadas, também influenciam a qualidade da uva e a composição final do vinho. A composição mineral do vinho reflete a sua origem, sendo por isso singular e identificadora, contribuindo de forma substancial para as características sensoriais, com influência na cor, limpidez, aroma e gosto. Nesse contexto, a avaliação da composição mineral de vinhos torna-se importante, pois em excesso alguns minerais podem originar turvações, precipitações e oxidações, além de problemas de ordem toxicológicos. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência de diferentes estratégias de irrigação nos teores de minerais e metais pesados no solo, na videira, nas uvas e na qualidade dos vinhos da cultivar Syrah na região do Vale do Submédio São Francisco. O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, localizado em Petrolina-PE, com a variedade Syrah, sendo o delineamento experimental em bloco ao acaso com três tratamentos de irrigação, sendo ID (irrigação com déficit), o IDC (irrigação com déficit controlado) e IP (irrigação plena), em quatro repetições. Foram determinados os teores de micronutrientes e metais pesados no solo, tecido vegetal (folha) e uva de videira cultivada sob diferentes estratégias de irrigação. Além disso, foram determinadas também as características físico-químicas e composição mineral nos vinhos elaborados. De modo geral, os teores de micronutrientes e metais pesados no solo apresentaram um padrão estocástico em relação às distintas estratégias de irrigação. Por outro lado, as diferentes estratégias de irrigação não influenciaram os teores de micronutrientes e metais pesados na folha de videira e os teores de metais pesados na uva. As diferentes estratégias de irrigação influenciaram a composição físico-química dos vinhos avaliados, exceto para antocianinas nas análises univariadas, mas com significância e caracterizando os vinhos do tratamento de irrigação com déficit controlado, na análise multivariada. Os tratamentos com irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) favoreceram maiores teores de álcool, IPT e índice de cor. O tratamento com irrigação com déficit controlado (IDC) favoreceu maiores teores de Mg, Na e Mn nos vinhos avaliados, enquanto o teor de P foi maior no tratamento com irrigação plena (IP). Por outro lado, os teores de metais pesados (Cd e Cr) e micronutrientes (Fe e Zn) no vinho não tiveram influência das diferentes estratégias de irrigação. A análise de componentes principais (ACP) mostrou-se capaz de segmentar os tratamentos obtidos de uvas de videiras submetidas a diferentes estratégias de irrigação, onde os vinhos demonstraram perfis físico-químicos e minerais diferenciados, com diferentes tipicidades.

Palavras-Chave: *Vitis vinifera*, semiárido, composição mineral.

OLIVEIRA, V. S. **Influence of irrigation strategies on the absorption of metals by grapevine cv. Syrah and physico-chemical composition of wines from The Valley of São Francisco.** 2013. 99f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro/BA, 2013.

ABSTRACT

The vine growth and development of grape berries depend on the absorption of water and nutrients provided by the soil. Macro and micronutrients in the soil are associated with growth, yield and quality of grape, varying according to the producing region, climate, soil type, plant age, rootstock, handling, among other factors. Heavy metals found in the soil in high concentrations, also influence the quality of the grape and the final mineral composition of wines. The wine mineral composition reflects its origin, which contributes substantially to the sensory characteristics, influencing color, clarity, aroma and taste, making a wine unique. In this context, the evaluation of the wine mineral composition becomes important since excessive minerals can cause some turbidity, precipitation and oxidation, besides toxicological problems. Thus, this study aimed to evaluate the influence of different irrigation strategies on the levels of minerals and heavy metals in the soil, vine, grapes and on the quality of Syrah wines from the Valley of São Francisco. The experiment was conducted at the Bebedouro Experimental Field, located in Petrolina - PE, with the Syrah variety, in randomized blocks with three irrigation treatments, DI (deficit irrigation), CDI (controlled deficit irrigation) and FI (full irrigation), with four replications. It was determined the contents of micronutrients and heavy metals in the soil, plant tissue (leaf) and grape vine grown under different irrigation strategies. In addition, we also determined the physico-chemical and mineral composition of the wines that were produced. In general, the levels of micronutrients and heavy metals in soil showed stochastic pattern regarding the different irrigation strategies. On the other hand, the different irrigation strategies did not influence the levels of micronutrients and heavy metals in vine leaf and heavy metal content in the grape. The different irrigation strategies influenced the physico-chemical composition of the evaluated wines, except for anthocyanins in univariate analyzes but with significance and characterizing the wines of the controlled deficit irrigation treatment in the multivariate analysis. The treatments with controlled deficit irrigation (CDI) and deficit irrigation (DI) favored higher amounts of alcohol, IPT and color index. The treatment with controlled deficit irrigation (CDI) favored higher concentrations of Mg, Na and Mn in the evaluated wines, while the P content was higher in the treatment with full irrigation (FI). On the other hand, the levels of heavy metals (Cd and Cr) and micronutrients (Fe and Zn) in wines had no influence between different irrigation strategies. The principal component analysis (PCA) was able to separate treatments from grapes of vines under different irrigation strategies, where the wines showed physicochemical and mineral profiles differentiated, with different typicalities.

Keywords: *Vitis vinifera*, semiarid, mineral composition.

SUMÁRIO

	Páginas
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Viticultura	14
2.2. Uva Syrah	17
2.3. Processo de Elaboração de Vinhos	19
2.4. Composição dos Vinhos	22
2.5. Fatores que Influenciam a Qualidade da Uva e do Vinho	25
2.5.1. Fatores Edáficos	25
2.5.2. Irrigação	26
2.6. MECANISMO DE TRANSPORTE DE NUTRIENTES	29
2.7. METAIS PESADOS	31
2.8. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	33
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
CAPÍTULO I - METAIS PESADOS E MICRONUTRIENTES NO SOLO E NA VIDEIRA [VITIS VINÍFERA] EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO	 47
RESUMO	47
ABSTRACT	48
INTRODUÇÃO	49
MATERIAL E MÉTODOS	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
Umidade do Solo	54
Solo	55
Folha	61
Uva	63
CONCLUSÕES	65
AGRADECIMENTOS	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
CAPÍTULO II - INFLUÊNCIA DE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NA	

COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE VINHOS SYRAH NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO	73
RESUMO	73
ABSTRACT	74
INTRODUÇÃO	75
MATERIAL E MÉTODOS	77
RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
Características Físico-químicas dos Vinhos	81
Composição Mineral	84
Análise de Componentes Principais	88
CONCLUSÕES	93
AGRADECIMENTOS	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
4. CONCLUSÕES GERAIS	99

1. INTRODUÇÃO

A vitivinicultura tropical brasileira possui algumas particularidades quando comparada às zonas tradicionais de produção de uvas para a vinificação no mundo. A área de produção está localizada entre os paralelos 8-9º do hemisfério sul, em uma região de clima tropical semiárido, com média anual de 26°C, altos índices de insolação e água abundante para a irrigação. Estes fatores permitem que se tenha desenvolvimento contínuo e produção ao longo do ano, sendo possível que uma planta de videira produza de duas a três safras por ano, dependendo do ciclo de cada cultivar (TONIETTO; TEIXEIRA, 2004; PEREIRA; BASSOI, 2008; PEREIRA et al., 2011).

A região do Vale do Submédio São Francisco, que abrange os Estados de Pernambuco e Bahia, os municípios de Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Casa Nova, vem sendo referência da viticultura tropical. A produção comercial desta região iniciou-se na década de 60 e conta, atualmente com 12.500 hectares de vinhedos destinados à produção de uvas de mesa e viníferas (PEREIRA et al., 2008). A cidade de Petrolina, conhecida como a região da fruticultura irrigada e mais recentemente como polo vitivinícola, concentra o terceiro maior PIB agrícola do país, ficando em torno de 658 milhões. Esta região produz mais de 50 culturas entre frutas e hortaliças. A cultura da videira é de fundamental importância econômica e social para a região, na medida em que envolve um grande volume anual de negócios voltados para os mercados interno e externo, e se destaca entre as culturas irrigadas da região, como a que apresenta maior geração de empregos diretos e indiretos. Considerando-se a média de dois empregos diretos gerados por hectare no campo e quatro empregos indiretos decorrentes da dinâmica dos serviços dessa atividade, estima-se que a cultura da videira nessa região seja responsável por mais de 72 mil empregos/ano (SILVA; COELHO, 2010).

Além da fruticultura, o setor vitivinícola também é destaque internacional, com a produção de vinhos, espumantes e destilados de uva (RURAL BRAGRÍCOLA, 2011). Nos municípios de Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Casa Nova, a vitivinicultura responde por cerca de 3 mil empregos diretos e indiretos e detém 15% do mercado de vinhos finos brasileiros, perdendo apenas para o Estado do Rio Grande do Sul em quantidade de produção (SOTERO, 2011). Na região do Vale do Submédio São Francisco a produção de vinhos foi estimada no ano de 2009 em 7

milhões Litro/ano, em uma área de 700 hectares, sendo destes 60% espumantes, 35% tinto e 5% branco (PEREIRA et al., 2008).

Para aumentar a produtividade da videira muitas são as práticas de manejo adotadas, tendo em vista que os solos do Pólo Vitivinícola do Vale do Submédio São Francisco, geralmente, apresentam textura arenosa, com baixa capacidade de retenção de nutrientes e, por estarem localizados numa região semiárida, apresentam baixos teores de matéria orgânica. O manejo da irrigação envolve a tomada de decisão sobre quando irrigar e quanto de água aplicar (ALVES JUNIOR, 2006). Se não houver uma correta definição entre essas duas variáveis, o irrigante utilizará de forma ineficiente a água, seja pela aplicação em excesso ou aquém das necessidades da planta (COSTA et al., 2006). No caso de excesso hídrico, irá ocasionar a diminuição da concentração de oxigênio, o que dificulta a respiração radicular acorrendo na parada do processo ativo de absorção de nutrientes (PIRES et al., 2002).

O uso da irrigação na viticultura é uma prática comum, como um meio eficaz para a regulação da disponibilidade de água e nutrientes para as videiras, a fim de propiciar o desenvolvimento da uva, produção e maturação dos frutos (ILAND; COOMBE, 1988; McCARTHY, 1997; ETCHEBARNE et al., 2009). As uvas destinadas para elaboração de vinhos geralmente são cultivadas sob déficit hídrico na busca de se obter vinhos de qualidade (CASTELLARIN et al., 2007). A umidade do solo reduzida, resultante do déficit de irrigação, reduz a transpiração da videira o que limita a difusão de nutrientes diminuindo a sua absorção (KELLER, 2005). Além disso, solos cultivados com videiras irrigadas, normalmente apresentam alterações de ordem química, física e biológica num tempo relativamente curto e em uma intensidade que varia em função da qualidade e quantidade da água aplicada, do manejo, uso de fertilizantes e das características químicas e físicas dos solos (SILVA; ARAÚJO, 2005).

Algumas práticas de manejo também são fontes de elementos contaminantes para o solo, e entre eles podemos citar os metais pesados. Adubação e utilização de produtos químicos para combate de pragas e doenças, algumas vezes baseadas apenas em orientações empíricas sem o conhecimento das reais condições do solo e das plantas, além de promover desequilíbrios nutricionais, bem como estresse às plantas, o que acarreta queda na produção e na qualidade dos frutos, podem também acarreta na contaminação dos solos (TECCHIO et al., 2006). O cultivo

intensivo dos solos com utilização de insumos químicos (fertilizantes e pesticidas) pode aumentar o teor de metais pesados disponíveis às culturas (MENDES et al., 2010).

A presença de metais pesados no solo, em concentrações elevadas, pode afetar a qualidade da uva, resultando no comprometimento da composição final do vinho. Esta reflete a sua origem, sendo por isso singular e identificadora, contribuindo de forma substancial para as características sensoriais, com influência na cor, limpidez, aroma e sabor (CATARINO et al., 2007). O principal metal contaminante dos solos de vinhedos é o cobre (Cu), sendo os tratamentos fitossanitários de plantas de videira com o uso de calda-bordalesa sua principal fonte, podendo contribuir significativamente para contaminação, tanto do solo, como da uva e dos seus derivados (MIRLEAN et al., 2005).

Um critério frequentemente utilizado na classificação dos elementos minerais do vinho consiste na sua expressão quantitativa. De acordo com esta abordagem clássica, como exemplos de elementos majoritários, em concentrações de 10 mg L^{-1} até 1 g L^{-1} , incluem-se alguns metais alcalinos e alcalino terrosos, tais como sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca), principais responsáveis pela “estrutura metálica” dos vinhos e pela sua capacidade tampão ácido-base. Outros elementos químicos que integram este grupo são: silício (Si) sob a forma de ácido silícico; fósforo (P), presente essencialmente sob a forma mineral (fosfatos); enxofre (S) sob a forma de sulfatos, sulfitos e outras espécies; e cloro (Cl), sob a forma de cloretos (CATARINO et al., 2008).

Os elementos minerais presentes no vinho provêm, em grande parte, da absorção radicular, verificando-se um constante enriquecimento durante a formação e maturação da baga (CATARINO et al., 2007). Nas condições edafoclimáticas do Vale do Submédio São Francisco, os elementos minerais têm exercido papel fundamental na qualidade e longevidade dos vinhos. Alto teores de cátions, principalmente K, refletem em altos valores de pH e têm contribuído para rápida evolução química dos produtos elaborados (REYNIER, 2007; PEREIRA et al., 2008).

Nesse contexto, a avaliação da composição mineral no solo, uvas e vinhos sob diferentes estratégias de irrigação torna-se importante, uma vez que, as estratégias de irrigação modificam a absorção de minerais pela planta, conseqüentemente, influenciará a produção e a composição físico-química de uvas e vinhos, resultando na obtenção de vinhos com diferentes características analíticas

e potenciais enológicos. Desta forma, pode-se sugerir ajustes no processo de produção das uvas, visando evitar que ocorra turvações, precipitações e oxidações, além de problemas de ordem tóxicológicas nos vinhos. Por se tratar de uma região relativamente recente na produção de uvas destinadas a elaboração de vinhos finos em condições de clima tropical semiárido, estudos relacionados com a composição de minerais e metais pesados são essenciais para obter vinhos com composição mineral ideal e, desta forma, contribuir para a melhoria da qualidade e da estabilidade dos vinhos, favorecendo assim o desenvolvimento vitivinícola sustentável na região do Vale do Submédio São Francisco.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Viticultura

A viticultura brasileira teve início no século XVI, com a chegada dos colonizadores portugueses. As primeiras videiras foram trazidas para o Brasil por Martin Afonso de Souza, que as cultivou em sua capitania, a de São Vicente (IBRAVIM, 2010). Posteriormente, a viticultura expandiu-se para as demais regiões do país, sendo as principais cultivares de espécie *Vitis vinífera* L. procedente de Portugal e da Espanha (PROTAS, 2008). Atualmente, a viticultura brasileira encontra-se em expansão em diversos estados brasileiros, a exemplo de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Pernambuco, Bahia e Mato Grosso, os quais apresentam localização geográfica distintas, obtendo-se diversos tipos de vinhos (RIZZON et al., 1998).

A vitivinicultura no Vale do Submédio São Francisco apresenta algumas particularidades, por localizar-se em uma região que possui características diferenciadas quando comparadas às regiões tradicionais temperadas. Esta região está localizada entre os Estados de Pernambuco e Bahia, entre os paralelos 8 - 9º de latitude sul e altitude ao redor de 350 m, em áreas de paisagem típica de Caatinga do sertão nordestino, com a viticultura localizada em áreas planas (Figura 1).

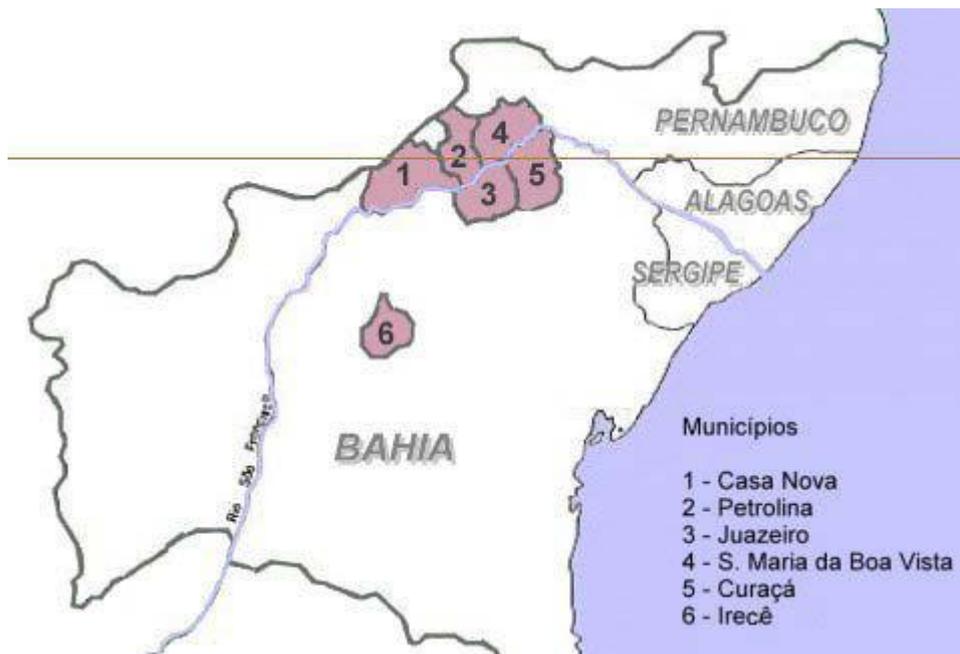


Figura 1. Região vitivinícola do Vale do Submédio São Francisco (1, 2, 3 e 4). Fonte: ACADEMIA DO VINHO, 2012.

Nesta região, a vitivinicultura iniciou-se há cerca de 25 anos, sendo necessária a utilização das técnicas de irrigação em virtude da precipitação pluvial insuficiente para garantir o desenvolvimento das plantas e a produção das uvas. Caracteriza-se por apresentar clima do tipo tropical semiárido, com um período seco e um período subúmido ao longo de todo o ano. A temperatura média anual é de 26 °C, com pluviosidade em torno de 500 mm, concentrada entre os meses de janeiro a abril (TONIETTO; TEIXEIRA, 2004). Estas condições climáticas possibilitam que a videira tenha desenvolvimento contínuo, sendo possível colher de duas a três safras por ano, dependendo do ciclo de cada cultivar (Figura 2). Nas regiões produtoras de clima temperado, como no sul do Brasil, as videiras produzem apenas uma vez no ano, sendo que a colheita ocorre, principalmente, durante o final do verão e outono, período em que ocorre maior intensidade pluviométrica, podendo afetar a qualidade dos vinhos obtidos, em especial dos tintos. Em contraposição, o Vale do Submédio São Francisco, que apresenta clima semiárido tropical, apresenta variabilidade intra-anual, com dias e noites quentes, possibilita a produção de uvas durante diferentes épocas do ano, podendo a colheita ser determinada pelo produtor, possibilitando a

elaboração com características diferenciadas em função da época do ano (TONIETTO; CARBONNEAU, 2004).



Figura 2. Vista aérea de vinhedos comerciais em Lagoa Grande-PE, mostrando os lotes com videiras em diferentes estádios fonológicos.
Fonte: ViniBrasil.

Dados do IBGE no ano de 2010 (Produção Agrícola Municipal) projeta uma área plantada de 15.000 hectares com videira nos municípios pernambucanos e baianos que compõem a região do Vale do Submédio São Francisco (Figura 3).

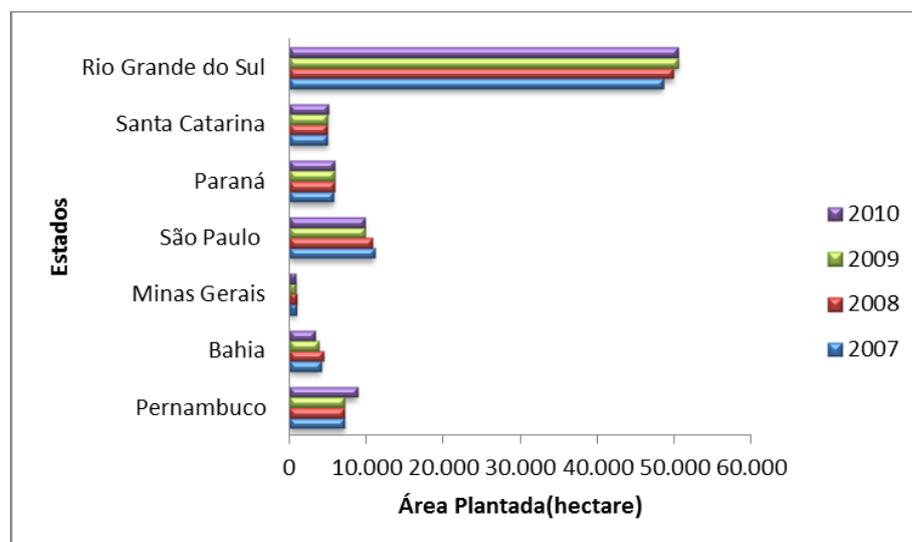


Figura 3. Estimativa de área plantada com videiras no Brasil, conforme IBGE (2012).

O decréscimo na produção de uva em alguns estados brasileiros é apresentado na figura 4. É possível observar que ocorreu uma redução na produção de uvas entre 2007 a 2009 nos Estados de Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Bahia (BA) e Pernambuco (PE).

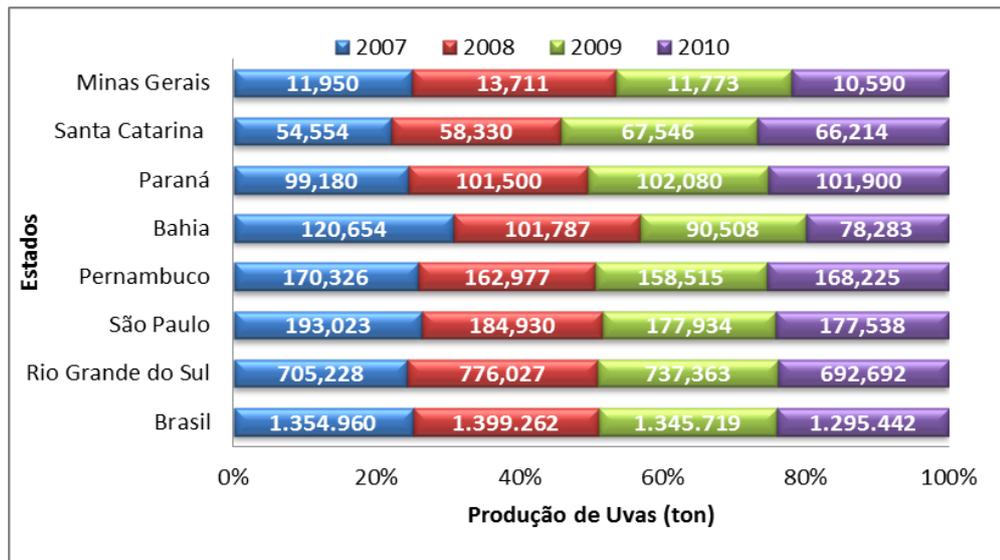


Figura 4. Produção de uvas no Brasil, conforme IBGE (2012).

De toda uva produzida no Brasil apenas 43% é destinada ao processamento para elaborações de vinhos. Apesar disso, a cultura da videira para produção de vinhos é de fundamental importância econômica e social, na medida em que envolve um grande volume anual de negócios voltados para os mercados interno e externo. Somadas as produções de uvas no Vale do Submédio São Francisco, a quantidade de vinho produzida por ano chega a sete milhões de litros, com geração de 50 milhões de reais em negócios (SOTERO, 2011).

2.2. Uva Syrah

Uva tinta que compõe o vinho de grande qualidade no leste da França, principalmente no Vale do Rio Rhône, e, sob o nome “Shiraz”, faz a fama dos tintos australianos. De origem controversa, acreditava-se que poderia ser originária de Siracusa na Itália ou de Shiraz no Irã, sendo recentemente identificada por DNA como sendo um híbrido de “Moudeuse Blanche” (uva branca) e “Dureza” (uva

tinta). Produz cachos de tamanho pequeno a médio e bagas pequenas, nos anos em que a uva atinge a completa maturação. Produz vinhos com aromas marcantes, escuros, com boa presença de taninos, aromas e sabores de especiarias (WINEXPERTS, 2009; WINEPROS, 2009). Esta variedade adapta-se bem ao clima do semiárido brasileiro e se colhida em período favorável, produz vinhos de aroma característicos (GIOVANNINI, 2008; CAMARGO et al., 2011).

De acordo com Moura et al., (2007), as variedades ‘*Syrah*’ e ‘*Cabernet Sauvignon*’ eram as mais utilizadas para a elaboração de vinhos tintos finos na produção do Vale do Submédio São Francisco. Todavia a *Cabernet Sauvignon* apresentou problemas de fertilidade de gemas e baixa produtividade, sendo atualmente a *Tempranillo* a segunda mais utilizada, após a *Syrah* (CAMARGO et al., 2011).

A cv. *Syrah* é muito vigorosa e produtiva (Figura 5), porém possui alta sensibilidade à podridão do cacho. Produz vinhos de coloração intensa, sabor pronunciado, com aroma de violetas, framboesas e groselhas, em condições temperadas, enquanto que no Nordeste brasileiro, vem apresentando qualidade distinta e uma identidade regional (PEREIRA et al., 2011). Os seus vinhos possuem grande potencial de envelhecimento (JACKSON, 2000).



Figura 5. Cachos de uvas da variedade *Syrah*. Fonte: OLIVEIRA, 2013.

De acordo com Soares & Leão et al., (2009), nas condições do Vale do Submédio São Francisco, a ‘*Syrah*’ apresenta-se como uma cultivar precoce, iniciando a maturação das bagas a partir dos 47 a 55 dias após a frutificação,

dependendo do período do ano. Nessa região, se colhida no período favorável, produz vinho de aroma característico, valorizando a sua qualidade e expressando uma tipicidade regional particular (DINIZ et al., 2010). Além disso, esta variedade apresenta estrutura estável e acidez equilibrada de alto potencial alcoólico (GIOVANNINI, 2008). A partir desta uva elaboram-se atualmente no Vale do Submédio São Francisco vinhos tintos e espumantes brancos e rosados (DINIZ et al., 2010; CAMARGO et al., 2011).

2.3. Processo de Elaboração de Vinhos

A qualidade do vinho dependerá da qualidade da uva em campo, sendo importante adotar técnicas de manejos agrônômicos adequados, principalmente, durante o acompanhamento da maturação das uvas, bem como os cuidados durante a colheita (AMORIM et al., 2006).

O vinho fino tinto é elaborado exclusivamente de uvas tintas *Vitis vinifera L.*, pois a cor do vinho é proveniente dos pigmentos (antocianinas) encontrados na casca da uva (FILHO, 2010). O processo de elaboração do vinho é chamado de vinificação.

A vinificação inicia-se com o recebimento das uvas na vinícola. Em seguida, ocorre o desengace e leve esmagamento das uvas (Figura 6). O desengace ou separação da ráquis tem por objetivo separar o engaço do restante do cacho. O engaço não alcança um nível adequado de maturação, e a separação antecipada é fundamental para a qualidade do vinho, pois este acentua os gostos herbáceos e amargos, por possuírem taninos considerados verdes e agressivos, que aumenta consideravelmente a adstringência dos vinhos (GIOVANNINI; MANFROI, 2009). O esmagamento consiste no rompimento da baga para liberação do mosto, facilitando a maceração nos vinhos tintos pelo aumento da superfície de contato entre o suco e a película, acentuando-se a dissolução das antocianinas, dos taninos e dos compostos aromáticos (GIOVANNINI; MANFROI, 2009). Durante a maceração, o mosto é fermentado com a parte sólida (cascas e sementes).

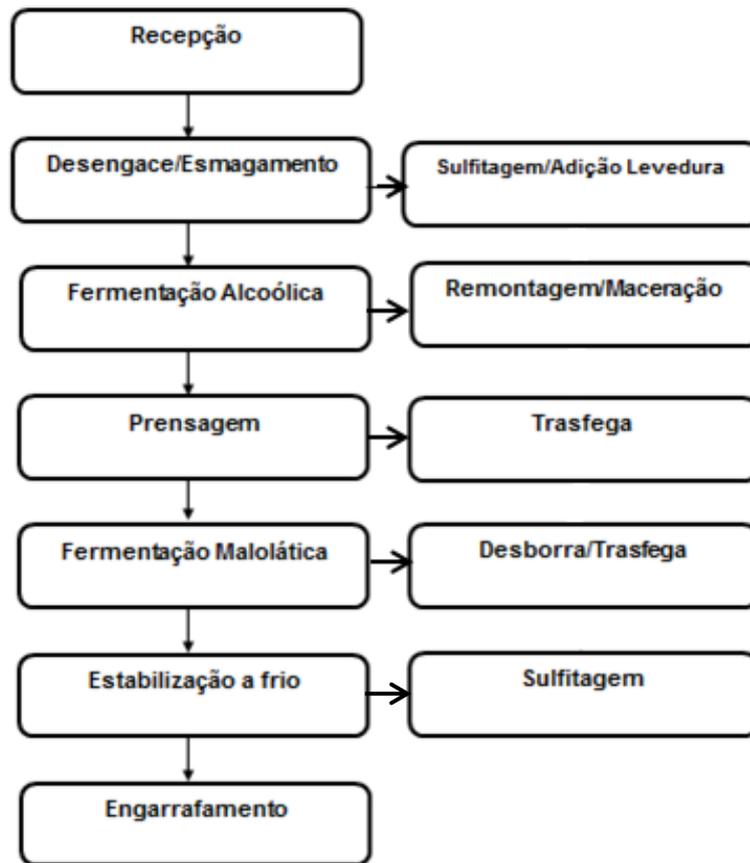


Figura 6. Processo de Elaboração Vinho Tinto.

Após o desengace é realizada a sulfitagem no mosto, que consiste na adição de dióxido de enxofre, sendo empregado na elaboração do vinho para sua conservação, atuando como antiséptico e antioxidante (SANTOS, 2004). O sucesso da sulfitagem em vinificação e na conservação dos vinhos é antes de tudo uma questão de dosagem. Se adicionado em altas dosagens pode ocorrer, no entanto, algumas consequências desfavoráveis, como retardar ou impedir a fermentação malolática. As doses ideais a serem empregadas no vinho são de 5 g L^{-1} para uvas maduras e sãs e 15 g L^{-1} para uvas com podridão (SANTOS, 2004).

A fermentação alcoólica é uma das principais etapas do processo de vinificação e que acontece simultaneamente com a maceração (SÉRIE AGRONEGÓCIO, 2004). Nesse processo, é realizada a transformação dos açúcares provenientes da uva em álcool pela ação das leveduras. A fermentação é iniciada logo após a adição de levedura seca ativa (*Saccharomyces cerevisiae*), a qual deve ser hidratada em água morna a 35°C para sua ativação, sendo incorporadas uniformemente ao vinho através de remontagens. O acompanhamento da

fermentação é realizado através de medições diárias de temperatura, densidade e remontagens. Durante a fermentação ocorre uma redução nos valores da densidade pela diminuição dos açúcares que são transformados em álcool. A leitura da densidade deve ser realizada diariamente antes das remontagens.

O processo de remontagem ou aeração consiste na homogeneização da parte sólida do mosto com a parte líquida, a fim de extrair mais compostos, como a cor da parte sólida do vinho, além de evitar o desenvolvimento de microorganismos indesejáveis no vinho. As remontagens devem ser efetuadas de forma suave pelo menos duas vezes por dia (SÉRIE AGRONEGÓCIO, 2004). Seguido as remontagens é realizada a descuba.

A descuba consiste na separação das partes sólidas e líquida do mosto. Esta operação é realizada logo após o término do tempo de maceração desejado. Em seguida corre a prensagem. A prensagem é um método utilizado para se extrair a totalidade do vinho que está contida nos bagaços saídos da descuba. Os vinhos obtidos na descuba e da prensa devem ser colocados em recipientes de aço inoxidável ou vidro, para completar a fermentação alcoólica (SÉRIE AGRONEGÓCIO, 2004).

Completada a fermentação alcoólica, inicia-se a fermentação malolática. Esta fermentação consiste na transformação do ácido málico em láctico e, conseqüente, redução da acidez total, elevação do pH e a estabilidade microbiológica do vinho. Os agentes microbiológicos responsáveis por essas transformações são as bactérias lácticas, que utilizam o ácido málico, o ácido cítrico e os açúcares residuais da fermentação alcoólica como substrato. Para que ela ocorra em condições ideais é necessário manter o vinho à temperatura amena, entre 16-18 °C, realizar a trasfega (separação da borra) tardiamente, adicionar quantidade moderada de SO₂. A redução no teor de ácido málico reduz a probabilidade de contaminação microbiana (HASHIZUME, 1983; BOULTON et. al., 1996).

Ao término a fermentação malolática ocorre à trasfega do vinho, onde se realiza a transferência do vinho de um recipiente para outro, separando-se as partes sólidas insolúveis que tendem a sedimentarem no fundo dos tanques ao final da fermentação. Este processo contribui também, em alguns casos, para a aeração do vinho reequilibrando seu potencial de óxido-redução (GUERRA; BARNABÉ, 2005).

Após a trasfega do vinho é realizada a estabilização. Nesta etapa, o vinho é resfriado a uma temperatura próxima do ponto de congelamento permitindo que

ocorra a formação de cristais, que acabam precipitando pelo aumento de peso molecular (GOVANINNI; MANFROI, 2009).

Ao final do processo, os vinhos são engarrafados, sendo adicionada uma pequena dose de dióxido de enxofre ao vinho para limitar a oxidação e a deterioração microbiana. A sulfitagem dos vinhos tintos deve atingir valores de SO_2 livre em torno de 30 mg L^{-1} e, nos vinhos brancos, de 40 mg L^{-1} (GUERRA; BARNABÉ, 2005).

2.4. Composição dos Vinhos

O vinho é, por definição, a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva sã, fresca e madura (BRASIL, 2004). Os vinhos são constituídos de água, alcoóis, açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e seus produtos de constituição, polifenóis, pigmentos, sais e vitaminas. Cada grupo de constituintes do vinho é composto por dezenas, às vezes centenas de compostos químicos. Desse modo, a obtenção de um vinho complexo e de alta qualidade pressupõe um profundo conhecimento dos compostos químicos naturais da uva, dos processos envolvidos na elaboração do vinho e dos equipamentos industriais postos à disposição do enólogo (PEYNAUD, 1997).

Segundo a legislação brasileira, vinho fino apresenta teor alcoólico de 8,6% a 14% em volume, elaborado mediante processos tecnológicos adequados que assegurem a otimização de suas características sensoriais e exclusivamente de variedades *Vitis vinífera* L. do grupo Nobre, a serem definidas em regulamento (BRASIL, 2004).

As regiões de clima tropical estão se destacando no cultivo de uvas rústicas e na produção de vinhos, visto que tais cultivares possibilitam programação da colheita para qualquer época do ano, eliminando períodos de entressafra e promovendo alta rentabilidade da cultura. Além disso, a produção dessas cultivares não exige estruturas diversificadas de grande apelo tecnológico, tradicional das grandes vinícolas gaúchas. Esses fatores são importantes para caracterizar o pioneirismo da região do Vale do Submédio São Francisco na produção de uvas para a elaboração de vinhos como alternativa para o agronegócio da região (CAMARGO, 2004).

A qualidade do vinho dependerá das características da uva e das condições edafoclimáticas de cada região produtora, que conferem um terroir típico (SOARES; LEÃO, 2009). Terroir significa a influência do clima, do solo e do homem na qualidade e tipicidade dos vinhos específicos de cada região (PEYNAUD, 1997; REYNIER, 2007). A uva destinada à elaboração de vinhos é colhida seguindo diferentes critérios, que dependem do país ou da região de produção, além de levar em consideração o tipo de vinho a ser elaborado e as condições naturais predominantes em determinada safra (GUERRA; BARNABÉ, 2005). Para que a uva seja colhida no momento ideal deve ser realizado o acompanhamento da maturação, que consiste nas análises de teores de açúcares e acidez da uva a fim de determinar o melhor momento para a colheita, bem como nos compostos fenólicos, que serão responsáveis pela coloração e corpo/estrutura dos vinhos tintos.

A uva deve apresentar concentrações baixas de ácido málico (no máximo 2 g L⁻¹), e ácido tartárico em concentrações suficientes para se equilibrar com o teor alcoólico e os taninos, buscando equilíbrio e frescor aos vinhos. São estes os principais fatores determinantes para a escolha do ponto ideal da colheita, refletindo na qualidade da uva que, conseqüentemente, é determinante para a qualidade do vinho (VOGT, 1986; ROBINSON, 1999; GUERRA; ZANUS, 2003).

Vale salientar que sob temperaturas elevadas, as reações químicas e bioquímicas tornam-se fortemente aceleradas, e isso traz conseqüências graves tanto ao processo de vinificação quanto a qualidade final do vinho. Altas temperaturas induzem a síntese de antocianinas em uvas tintas, mas também podem degradar esses compostos, diminuindo a coloração e o potencial enológico dos vinhos. Estes fatores explicam os motivos pelos quais os vinhos produzidos na região do semiárido têm apresentado uma rápida evolução da sua coloração, vez que os brancos passam de amarelo-palha para amarelo-dourado, enquanto os tintos evoluem de tinto-rubi para vermelho-tijolo. Esta degradação prematura deve-se, supostamente, a degradação dos compostos fenólicos das uvas antes da colheita (SOARES; LEÃO, 2009).

Os compostos fenólicos são os principais metabólitos para a qualidade de vinhos, como os taninos e as antocianinas. Os taninos se complexam com as mucoproteínas existentes na saliva promovendo a sensação tátil bucal da adstringência (sensação provocadas por excesso de taninos no vinho), caso a uva na colheita não tenha apresentado maturação fenólica suficiente (AMERINE;

ROESSLER, 1983). As antocianinas, responsáveis pela coloração de vinhos tintos, estão presentes nas cascas das uvas, sendo extraídas durante o processo de vinificação, sendo por sua vez influenciadas pelo pH e acidez volátil (FREITAS, 2006, RIZZON et al., 1999).

O pH do vinho irá depender do tipo e da concentração dos ácidos orgânicos e da concentração de cátions, especialmente, do potássio e cálcio. Os fatores relacionados à acidez do vinho tem participação importante nas características sensoriais e na estabilidade físico-química e biológica do vinho. A acidez do vinho é diretamente relacionada à composição do mosto, especialmente, sua acidez, concentração de potássio e cálcio e predominância do ácido tartárico em relação ao málico (GABAS et al., 1994). A maior estabilidade ocorre em vinhos com pH entre 3,2 – 3,6, baixo teor de potássio e cálcio, presença de taninos complexos, combinados a nanoproteínas, e condições de baixa oxigenação em meio de leve redução (RIBÉREAU-GAYOU et al., 2003).

A composição mineral dos vinhos é dependente de diversos fatores nos quais se destacam as condições de solo e clima, variedade, composição do mosto, técnicas de vinificação e contato do produto com materiais que contenham esses compostos durante as fases de elaboração e de conservação (WINKLER, 1965; RIZZON; SALVADOR, 1987). Analisando diferentes amostras de vinhos, entre elas 29 tintos secos, 5 tintos suaves e 18 amostras de brancos secos, provenientes dos municípios de Caldas, Andradas e Santa Rita de Caldas (região vitivinícola do Sul de Minas Gerais), Silva (1999) observou que os teores de magnésio (Mg), fósforo (P) e potássio (K) foram mais elevados no vinho tinto seco quando comparados com os vinhos tintos suaves e brancos secos. Os vinhos tintos suaves apresentaram teores mais elevados de cálcio (Ca) do que os vinhos tintos secos e brancos secos.

Nas condições edafoclimáticas do Vale do Submédio São Francisco os elementos minerais têm exercido papel fundamental na qualidade e longevidade dos vinhos tropicais. Os elevados teores de cátions, bem como altos valores de pH do solo têm contribuído para a rápida evolução química dos produtos elaborados (PEREIRA et al., 2008). A elaboração de vinhos no Vale do Submédio São Francisco é uma atividade recente, mas em plena expansão, devido ao panorama atual da viticultura brasileira e as potencialidades naturais existentes nesta região (GUERRA et al., 2006). Assim, o estabelecimento de estudos que visem avaliar os efeitos das condições edafoclimáticas na qualidade da uva constitui uma importante ferramenta

para obtenção de vinhos com características diferenciadas, possibilitando uma participação cada vez mais de destaque da região do Vale do Submédio São Francisco na produção de vinho para o mercado interno e externo.

2.5. Fatores que Influenciam a Qualidade da Uva e do Vinho

Diversos fatores são responsáveis pela qualidade das uvas, sejam estas destinadas para o consumo in natura ou para a elaboração de vinhos e sucos. O clima, por meio da temperatura, precipitação, radiação solar e umidade relativa interferem na fase de crescimento e produção da videira (SENTELHAS, 1998; ROCHA, 2004). Estes elementos são os principais responsáveis pela produtividade da cultura, bem como qualidade das uvas na colheita, além do manejo adotado pelo viticultor. Para a adaptação de novas variedades de videiras em regiões onde o seu cultivo é pouco ou completamente desconhecido, um dos mais importantes aspectos a ser avaliado é o estudo do desenvolvimento fenológico dessas plantas (RIZZON; MIELE, 2002; REYNIER, 2007).

Segundo Tonietto (2001) e Van Leeuwen et al. (2004), para a obtenção de uvas de qualidade, com elevado potencial enológico, é essencial que se conheça também as características de solo da região, possibilitando a obtenção de vinhos de qualidade. Dentre as características edáficas, a textura, densidade do solo e a compactação influenciam diretamente a produtividade das videiras e a qualidade das uvas e dos vinhos. Além disso, a disponibilidade de água e nutrientes via fertirrigação são fundamentais para o crescimento das plantas, influenciando a produtividade e a qualidade das uvas, principalmente, se for proporcionado um estresse moderado através de déficit hídrico controlado (KOUNDOURAS et al., 2006).

2.5.1. Fatores Edáficos

O Brasil apresenta uma grande diversidade de solos, cada um com características químicas, físicas e biológicas específicas. As características do solo quando associadas aos fatores climáticos e relevo, determinam o tipo de cultura adequada para cada ambiente (CAPECHE, 2008).

O solo é uma das principais fontes de macro e micronutrientes para as plantas, sendo um meio heterogêneo formado pela fase sólida, líquida e gasosa, que além de atuar como reservatório de água e nutrientes corresponde ao local de desenvolvimento do sistema radicular das plantas, em que ocorre absorção de nutrientes. A fase sólida do solo constitui um reservatório de nutrientes essenciais ao desenvolvimento da videira. Associada à fase sólida mineral do solo tem-se a fase sólida orgânica (oriunda da decomposição de resíduos orgânicos), a qual apresenta importantes funções para o desenvolvimento das plantas. A fase líquida do solo constitui a solução do solo, onde a raiz absorve os elementos essenciais ao desenvolvimento da cultura por meio do transporte de nutrientes (interceptação radicular, fluxo de massa e difusão) (EPSTEIN; BLOOM, 2006). A fase gasosa do solo apresenta os mesmos componentes do ar atmosférico diferenciando-se quanto as suas concentrações, em virtude da respiração das raízes e microrganismos (BONATO et al., 1998).

Diferentes solos têm sido utilizados para o cultivo da videira no Brasil. De maneira geral, o desenvolvimento da videira é melhor em solos profundos e com boa drenagem, uma vez que solos compactados e com baixa capacidade de drenagem são limitantes para o desenvolvimento do sistema radicular da videira, comprometendo a absorção de nutrientes (TERRA, 2003).

A região do semiárido tropical brasileiro apresenta uma variabilidade de paisagens e de ambientes, sendo uma das características mais marcantes para região. Nestas condições encontram-se grandes diversidades no material de origem, relevo e umidade do solo, resultando na presença de diversas classes de solo (JACOMINE, 1996). Entre as principais classes de solos que ocorrem no semiárido brasileiro, inclusive para a cultura da videira no Vale do Submédio São Francisco estão os Latossolos, Argissolos, Neossolos Quartzarênicos, Cambissolos, Vertissolos e Luvisolos (SOARES; LEÃO, 2009).

2.5.2. Irrigação

A introdução de videiras em novas regiões de cultivo, como o semiárido brasileiro, conduziu a um aumento crescente na necessidade de irrigação para manter ou aumentar a produtividade da cultura e a qualidade dos frutos. A compreensão das relações da necessidade de água pelas plantas e a

disponibilidade de água no solo é essencial para a utilização de irrigação como uma ferramenta de manejo visando elevada produtividade e boa qualidade da uva para a elaboração de vinhos (WAMPLE, 2002).

Um dos principais problemas nos vinhedos irrigados para a obtenção de vinhos de qualidade é o aumento do vigor vegetativo, causando um desequilíbrio entre a área foliar e produção de frutos (KELLER et al., 2008). O elevado vigor dos ramos devido a uma irrigação excessiva aumenta a competição por fotoassimilados entre frutos e ramos, altera o microclima na região dos cachos (comprometendo a síntese de compostos fenólicos), reduz a fertilidade das gemas e dificulta os tratamentos fitossanitários (JACKSON; LOMBARD, 1993). O manejo de irrigação tem sido um dos principais recursos para controlar o vigor vegetativo da planta nos últimos anos, uma vez que a composição da uva é fortemente influenciada pelo estado hídrico da videira (DRY; LOVEYS, 1998). Partindo deste princípio, vêm sendo difundidas estratégias de irrigação deficitárias na busca de se estabelecer o equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e produtivo, sem prejuízos para os aspectos qualitativos das uvas (McCARTHY, 1997).

A irrigação com déficit hídrico controlado (IDC) consiste na imposição de estresse hídrico às plantas por meio da redução da quantidade de água da irrigação em determinado período do ciclo de produção. No caso específico da videira, a diminuição da água é realizada após o pegamento dos frutos, com a finalidade de controlar o crescimento dos ramos e reduzir o tamanho das bagas, principalmente, nas variedades tintas (McCARTHY, 1997). Uvas produzidas sob IDC apresentam elevação na acidez e diminuição do pH, além de uma maior concentração de compostos fenólicos devido ao aumento da razão película/polpa (DRY; LOVEYS, 2000; WAMPLE et al., 2002).

A irrigação com deficit (ID) aproxima-se do IDC por meio do manejo constante, porém tem-se aplicação parcial da quantidade de água transpirada durante toda a estação de crescimento da planta (SOUZA et al., 2005). O manejo de irrigação de deficit regular usa o estresse hídrico para controlar o crescimento vegetativo e reprodutivo. Em estudo realizado com videira na região da Costa Norte da Califórnia, Mathewa et al. (1987) observaram que a irrigação com déficit (ID) causou uma maior redução no tamanho das bagas em comparação ao controle sem deficit hídrico.

Em estudo avaliando a influência de diferentes estratégias de manejo de irrigação no comportamento ecofisiológico e na produção de uvas de videira Syrah em Petrolina – PE, Bassoi et al. (2011) observaram que a prática do manejo de irrigação com déficit hídrico, a partir da fase fenológica de cacho fechado, alterou o comportamento ecofisiológico da videira e reduziu a massa individual de cachos. As características químicas da uva e os parâmetros de acidez total titulável, teor de sólidos solúveis totais e pH do mosto não foram influenciados pelo déficit hídrico.

Em estudo avaliando o crescimento da videira e a composição química da uva Syrah em função de diferentes estratégias de irrigação e diferentes porta-enxerto, Bassoi et al. (2007) observaram que no tratamento com irrigação parcial das raízes houve maior crescimento e rendimento das plantas, associado a um menor consumo de água pela videira. Também foi observado que no tratamento com irrigação parcial as uvas apresentaram maior concentração de fenóis, não ocorrendo diferença nos teores de antocianinas.

Também, avaliando o efeito de diferentes estratégias de irrigação sobre a produtividade e qualidade da uva e sobre qualidade do vinho da variedade Syrah, Rousseau et al. (2010) observaram que quanto mais tardio for a interrupção da irrigação mais elevado é o teor de potássio e ácido málico. Foram observadas concentrações mais adequadas de açúcares e antocianinas por bago. A determinação da quantidade de água e o momento de irrigação constituem uma maneira eficaz de aplicação de fertilizantes para a videira refletindo na composição dos frutos (BRAVDO; HEPNER, 1987).

Avaliando as características de vinhos elaborados a partir de uvas colhidas de plantas cultivadas sob diferentes estratégias de irrigação (déficit de irrigação, irrigação parcial e irrigação plena) na região do Vale do Submédio São Francisco, Nascimento (2011) observou que no tratamento com irrigação plena, onde as plantas tiveram maior disponibilidade de água, os vinhos apresentaram maior valor de pH (3,4), quando comparados com os demais tratamentos de irrigação com déficit hídrico (DI) e irrigação parcial (RDI), estando acima do valor recomendável para o vinho. Este valor mais elevado de pH foi atribuído à absorção elevada de potássio (K) pela videira. Os tratamentos com déficit de irrigação e irrigação parcial não apresentaram diferenças significativas para os valores de pH do vinho. O manejo da irrigação constitui uma excelente ferramenta para controlar a qualidade da uva de

acordo com a variedade cultivada e obter vinhos com qualidade desejada (DELOIRE et al., 2005).

Além de afetar a qualidade da uva e dos vinhos, o uso da irrigação com restrição hídrica representa uma economia de água utilizada na agricultura, proporcionando a maximização da rentabilidade ao vinicultor. Além disso, atualmente existe uma preocupação mundial quanto ao uso mais racional dos recursos hídricos, havendo uma pressão sobre os irrigantes para que haja um controle mais efetivo da irrigação (LOVEYS et al., 2000).

2.6. Mecanismo de Transporte de Nutrientes

Para que a planta se desenvolva satisfatoriamente é necessário que a concentração de cada nutriente seja adequada na solução do solo (REICHARDT; TIMM, 2004). A solução do solo é o compartimento onde as raízes absorvem os elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. A absorção de nutrientes pelas raízes da planta envolve três mecanismos distintos de transporte: Interceptação radicular, Fluxo de Massa e Difusão (BONATO et al., 1998). A interceptação radicular é caracterizada pela absorção de nutrientes disponíveis no solo à medida que o sistema radicular da planta vai se desenvolvendo. A interceptação radicular além de contribuir diretamente com a absorção de nutrientes facilita os outros dois mecanismos de transporte, difusão e fluxo de massa (BONATO et al., 1998).

No mecanismo de fluxo de massa, o transporte dos nutrientes ocorre pela diferença do potencial hídrico. O nutriente é deslocado de um local de maior potencial de água para um local de menor potencial de água próximo das raízes, sendo influenciado pela taxa de transpiração da planta. Na difusão, o nutriente entra em contato com a raiz ao passar de uma região de maior concentração para uma região de menor concentração (próximo às raízes). O mecanismo de transporte de nutrientes predominante vai depender do nutriente e sua interação com o solo. O mecanismo de transporte predominante para o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) é o fluxo de massa, enquanto para o potássio (K) é a difusão (BARBER, 1974). Avaliando os teores médios de fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca) na solução de amostras de doze solos do Rio Grande do Sul e a contribuição relativa da interceptação radicular, fluxo de massa e difusão no suprimento desses nutrientes para plantas de milho em

casa de vegetação, Vargas et al. (1983) observaram que o mecanismo de transporte de nutriente predominante para K e P foi a difusão, enquanto que para Ca foi o fluxo de massa.

A falta de água compromete os mecanismos de transporte, diminuindo a absorção de nutrientes pelas plantas (NOVAIS; SMYTH, 1999). Em estudo avaliando o efeito do teor de umidade do solo sobre o fluxo difusivo (difusão) de P na dose correspondente a 50% da capacidade máxima de adsorção de P em solos com diferentes teores de argila (130, 560 e 760 g kg⁻¹ de argila), Costa (1998) observou que quando o solo apresentava umidade de 20% (% porosidade) a difusão de fósforo (P) foi muito inferior quando comparado ao solo com umidade de 80%, sendo este efeito mais acentuado para o solo muito argiloso (760 g kg⁻¹ de argila).

Avaliando o efeito do conteúdo de água em amostra de um Latossolo Vermelho textura média sobre a translocação de fósforo (P) para a parte aérea de plantas de soja, Ruiz (1986) observou que numa condição de menor conteúdo de umidade no solo houve um decréscimo na translocação de fósforo (P) para a parte aérea e menor área foliar das plantas de soja. Avaliando também o efeito do teor de umidade do solo sobre o fluxo difusivo de potássio (K) em Latossolo Vermelho (130 g kg⁻¹ de argila), Costa (1998) observou que a baixa umidade do solo compromete significativamente a difusão de potássio (K) no solo resultando em menor absorção deste nutriente pelas plantas.

A dinâmica de micronutrientes entre a solução e as partículas do solo é amplamente influenciada pelas condições do meio, como por exemplo, pH, teor de matéria orgânica (MO) e presença de óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al). A disponibilidade do mangânes (Mn) aumenta à medida que diminui o pH do solo. Quando a queda do pH do solo é abaixo 5,5, toxicidade de mangânes (Mn) pode ser evidente, enquanto o pH acima de 6,5 deficiências são mais prováveis (DUCIC; POLLE, 2005)

O processo de retenção do cobre (Cu) e zinco (Zn) está envolvido no mecanismo de adsorção e precipitação. Kuo & Baker (1980) afirmam que a presença de cobre (Cu) no solo diminui a adsorção de zinco (Zn). Os íons de Cu estão ligados às superfícies dos minerais em quantidades muito maiores que a de Zn conferindo menor mobilidade no solo (LAIR et al., 2007). Em estudo comparando a adsorção de Cu e Zn a óxidos de ferro sintéticos, Li et al. (2008) verificaram que a máxima adsorção de Cu e Zn ocorreu na ferrihidrita devido a sua estrutura amorfa. A

maior capacidade de adsorção ocorreu na hematita, enquanto que a goethita apresentou capacidade intermediária. Destacando que a quantidade de Cu adsorvido foi maior que a de Zn nos três óxidos de ferro em estudo.

2.7. Metais Pesados

Os metais pesados são elementos constituintes do solo onde normalmente ocorrem em baixas concentrações, não apresentando riscos para o homem, animais e plantas (COSTA et al., 2006). Os metais pesados são elementos que apresentam densidade acima de 5 g cm^{-3} sendo potencialmente tóxicos na forma de íons. Embora o termo metal pesado tenha conotação de toxicidade, alguns destes elementos atendem aos critérios de essencialidade às plantas, aos animais e ao homem e são ditos biogênicos, isto é, sua presença é essencial para permitir o funcionamento normal de algumas rotas metabólicas (AGUIAR et al., 2002). Alguns desses metais como cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) são essenciais para o crescimento das plantas, enquanto outros não o são, como chumbo (Pb), mercúrio (Hg), arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), ou seja, não tem nenhuma atividade biológica e, mesmo em baixas concentrações, podem provocar efeito deletério nas plantas (LASAT, 2002). Esses elementos se acumulam a níveis problemáticos no solo usualmente como resultados de atividades humanas (ex. mineração) (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Os metais pesados também podem se acumular no solo pelo uso contínuo e prolongado de fertilizantes minerais e corretivos de acidez, resíduos industriais, água de irrigação contaminada e pela deposição atmosférica (COSTA et al., 2006). Os elementos considerados mais tóxicos para as plantas e animais são: mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cádmio (Cd), cobre (Cu) cromo (Cr), níquel (Ni) e cobalto (Co) (MEURER, 2006) .

Em solos neutros e alcalinos, os metais pesados tornam-se menos solúveis e disponíveis por formarem precipitados com hidróxidos e carbonatos. O mesmo ocorre na presença de elevados teores de argila e matéria orgânica do solo, por estarem mais fortemente retidos ao complexo de troca (SIMÃO; SIGUEIRA, 2001). Em solos com pH ácido, a elevada concentração de H^+ resulta em competição por sítios de ligações com metais pesados favorecendo sua disponibilidade, potencializando seu efeito tóxico para as plantas e animais (LASAT, 2002).

Quanto à disponibilidade no solo, os metais pesados podem ser classificados como prontamente disponíveis para serem absorvidos pelas plantas (Ni, Cd, As, Se e Cu), moderadamente disponíveis (Co, Mn e Fe) e não disponíveis (Pb, Cr e U) (SCHNOOR, 2002).

O conhecimento sobre a dinâmica dos metais pesados no solo é extremamente importante, pois possibilita o estabelecimento de ações preventivas e mitigadoras mais eficazes de forma a controlar a disponibilidade destes elementos no solo e sua consequência para o ambiente. A maioria dos metais presentes no solo não sofre degradação microbiana ou química, permanecendo por um grande período de tempo no solo (GUO et al., 2006).

O conhecimento das formas iônicas do metal pesado presentes na solução e sua interação com a superfície coloidal do solo é um bom indicador da mobilidade e toxicidade do elemento. A forma predominante de um metal pesado presente no solo é controlada pela atividade iônica da solução, pH e potencial redox (ALLEONI et al., 2005).

Segundo Ribéreau-Gayon (1998), todos os metais pesados estão presentes naturalmente nos mostos e vinhos em teores não tóxicos. No entanto, ao longo do processo tecnológico, podem ocorrer contaminações de origem diversas: práticas culturais, atmosfera, equipamentos utilizados na vinificação, estabilização e conservação (CATARINO, 2006). Os teores de metais pesados nos vinhos dependem das condições de solo e clima, variedade, composição do mosto, técnica de vinificação e contato do produto com materiais que contenham esses elementos durante as fases de elaboração e conservação (WINKLER, 1965; RIZZON; SALVADOR, 1987).

O Fe e Cu estão relacionados com a instabilidade físico-química dos vinhos, merecendo especial atenção no âmbito da química enológica (CATARINO et al., 2007). Quando ocorre excesso de Fe nos vinhos, geralmente valores acima de 7 mg L^{-1} , favorecem o surgimento da casse férrica, a qual interfere na coloração e prejudica o limpidez dos vinhos. A casse férrica surge após o arejamento do vinho, convertendo o fosfato ferroso em férrico, provocando a mudança de cor ou turvação (RANKINE, 1972; DAUDT; GARCIA, 1987). O Cu quando em concentração elevada ($0,7 \text{ mg L}^{-1}$) na presença de proteínas e em ambiente redutor pode originar uma turvação ou formação de precipitado fenômenos acelerado pela luz e temperatura elevado, sendo este fenômeno denominado de casse cúprica. Assim, os elementos

Fe e Cu participam de modo importante nas reações de oxirredução dos vinhos (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006; RIZZON;SALVADOR, 1987).

2.8. Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais é uma técnica da estatística multivariada que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais. Os componentes principais apresentam propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados (VARELA, 2008). A análise de componentes principais é associada à ideia de redução de massa de dados, com menor perda possível da informação. Procura-se redistribuir a variação observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados.

Para a determinação dos componentes principais é necessário calcular a matriz de variância-covariância, ou a matriz de correlação, encontrar os autovalores e os autovetores e, por fim, escrever as combinações lineares, que serão as novas variáveis, denominadas de componentes principais, sendo que cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, independentes entre si e estimadas com o propósito de reter, em ordem de estimação e em termos da variação total, contida nos dados iniciais (REGAZZI, 2001).

A meta da análise de componentes principais é abordar aspectos como a geração, a seleção e a interpretação dos componentes investigados. Ainda pretende-se determinar as variáveis de maior influência na formação de cada componente, que serão utilizadas para estudos futuros, tais como de controle de qualidade, estudos ambientais, estudos populacionais, entre outros (VICINI, 2005). Segundo Regazzi (2000), apesar das técnicas de análise multivariada terem sido desenvolvidas para resolver problemas específicos, principalmente, de Biologia e Psicologia, podem ser também utilizadas para resolver outros tipos de problemas em diversas áreas do conhecimento. A análise de componentes principais é a técnica mais conhecida, contudo, é importante ter uma visão conjunta de todas ou quase todas as técnicas da estatística multivariada para resolver a maioria dos problemas

práticos.

A ideia central da análise baseia-se na redução do conjunto de dados a ser analisado, principalmente quando os dados são constituídos de um grande número de variáveis interrelacionadas. Conforme Regazzi (2001), “procura-se redistribuir a variação nas variáveis (eixos originais) de forma a obter o conjunto ortogonal de eixos não correlacionados”. Essa redução é feita transformando-se o conjunto de variáveis originais em um novo conjunto de variáveis que mantém, ao máximo, a variabilidade do conjunto, isto é, com a menor perda possível de informação. Além disso, esta técnica permite o agrupamento de indivíduos similares mediante exames visuais, em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional de fácil interpretação geométrica.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por alumino silicatos. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, p. 1145-1154, 2002.
- ALLEONI, L. R. F.; IGLESIAS, C. S. M.; MELLO, S. C.; CAMARGO, O. A.; CASAGRANDE, J. C.; LAVORENTI, N. A. Atributos do solo relacionados à adsorção de cádmio e cobre em solos tropicais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 729 – 737, 2005.
- ALVES JÚNIOR, J. **Necessidade hídrica e resposta da cultura de lima ácida ‘Tahiti’ a diferentes níveis de irrigação**. 2006, 101f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.
- AMERINE, M. A.; ROESSLER, E. B. **Wines – Their sensory evaluation**. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1983, 432p.
- AMORIM, D. A.; REGINA, M. A.; FAVERO, A. C.; MOTA, R. V.; PEREIRA, G. E. Elaboração de vinho tinto fino. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 65-76, 2006.
- BARBER, S. A. Influence of the plant root onion movement in soil. In: CARSON, E.W. (Ed). **The plant root and its environment**. Charlottes Ville, University of Virginia, 1974. p. 525-564.
- BASSOI, L. H.; DANTAS, B. F.; FILHO, J. M. P. L.; LIMA, M. A. C.; LEÃO, P. C. S.; SILVA, D. J.; MAIA, J. L. T.; SOUZA, C. R.; SILVA, J. A. M.; RAMOS, M. M. Preliminary results of a long term experiment about RDI and PRD irrigation strategies in wine grape in São Francisco Valley, Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 754, p. 275-282,

2007.

BASSOI, L. H.; GONÇALVES, S. O.; SANTOS, A. R. L.; SILVA, J. A.; LIMA, A. C. M. Influência de manejos de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e de produção da videira cv. Syrah / Paulsen 1103. **Irriga**, v. 16, n. 4, p. 395 - 402, 2011.

BONATO, C. M.; RUBIN FILHO, C. J.; MELGES, E.; SANTOS, V. D. **Nutrição Mineral de Plantas. UEM- Maringá**, 1998. Disponível em: <<http://www.dbi.uem.br/aposti1.pdf>> Acesso em: 03 Dez. 2011.

BOULTON, R. B.; SINGLETON, V. L.; BISSON, V. F.; KUNKEE, R. E. **Principles and practices of winemaking**. Chapman and Hall, New York, 1996, 604p.

BRASIL. **Lei** n. 10970 de 16 de novembro de 2004. Altera dispositivos da Lei n. 7678 de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados de uva e do vinho, e dá outras providências. DOU: Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2004.

BRAVDO, B.A.; HEPNER, Y. Irrigation management and fertigation to optimize grape composition and vine performance. **Acta Horticulturae**, 206, p. 49-67, 1987.

CAMARGO, U. A. Técnicas de produção vitícola com ciclos sucessivos em condições tropicais. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE PESQUISA, 1, 2004, Petrolina e Recife. **Anais...** Petrolina e Recife. 2004, p. 11. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/anais/wip2004/85.pdf>>. Acesso em: 08 Maio de 2011.

CAMARGO, U. A.; TONETTO, S.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 144-149, 2011.

CAPECHE, C. L. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. Rio de Janeiro, 2008. 6p. (Comunicado Técnico nº51).

CATARINO, S. C. G. **Metais contaminantes nos vinhos: Ocorrência por influência das bentonites**. 2006. 160f. Tese (Doutorado em Engenharia Agro-Industrial) - Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

CATARINO, S. C. G.; CURVELO-GARCIA, A. S.; SOUZA, R. F. X. B. Revisão: Elementos Contaminantes nos Vinhos. **Ciência Tecnologia Vitivinícola**. v. 22, n. 2, p. 45-61, 2007.

CATARINO, S. C. G.; CURVELO-GARCIA, A. S.; SOUZA, R. F. X. B. Revisão: Elementos Contaminantes nos Vinhos. **Ciência Tecnologia Vitivinícola**, v. 23, n. 1, p. 3-19, 2008.

CASTELLARIN, S. D.; PFEIFFER, A.; SIVILOTTI, P.; DEGAN, M.; PETERLUNGER, E.; DI GASPERO, G. Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in

ripening fruits of grapevine under seasonal water deficit. **Plant, Cell & Environment**, v. 30, p. 1381-1399, 2007.

COSTA, C. N.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente In: MEURER, E.J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**, 3ª Edição, Porto Alegre, Evangraf, 2006, p. 285.

COSTA, J. P. V. **Fluxo de fósforo e de potássio em Latossolo**. 1998. 67f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

DAUDT, C. E.; GARCIA, N. G.; RIZZON, L. A. Minerais em videiras, mostos e vinhos. II - minerais em mostos, sua utilização durante a fermentação e presença em vinhos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 189-204, 1987.

DELOIRE, A.; OJEDA, H.; ZEBIC, O.; BERNARD, J.; HUNTER, J.; CARBONNEAU, A. Influence de l'état hydrique de la vigne sur le style de vin. **Programa de Agricultura Viticultura**. n. 122, p. 455-462, 2005.

DINIZ, B. C. R.; ARAÚJO, A. J. B.; OLIVEIRA, V. S.; OLIVEIRA, J. B.; COSTA, T. R.; NASCIMENTO, R. L.; QUINTINO, C.; ALVES, L. A.; PEREIRA, G. E. Evolução das características físico-químicas de vinhos Syrah no Submédio do Vale do São Francisco. In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010, v. 5, p. 245-251.

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. **Australian Journal of Grape and Wine Research**. v. 4, p. 140-148, 1998.

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R.; MCCARTHY, M. G.; STOLL, M. Strategic irrigation management in Australian vineyards. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 35, n. 3, p. 129-139, 2001.

DUCIC, T.; POLLE, A. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 7, p. 103-112, 2005.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. 2ª ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

ETCHEBARNE, F.; OJEDA, H.; DELOIRE, A. Grape berry mineral composition in relation to vine water status and leaf area/fruit ratio. In: ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A. (Ed.), **Grapevine Molecular Physiology & Biotechnology**. Springer, 2009, p. 53 – 72.

FILHO, W. G. V. **Ciência e tecnologia de bebidas alcoólicas**. São Paulo – SP. Editora Blucher, v. 1, 2010. 216p.

FREITAS, D. M. **Variação dos compostos fenólicos e de cor dos vinhos de uvas (*Vitis vinifera* L.) tintas em diferentes ambientes**. 2006. 56f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

GABAS, N.; RATSIMBA, B.; GERBAUD, V. **Les sels tartriques dans les vins: solubilité et sursaturation. In: La microbiologie des vins mousseux: la stabilisation des vins – mécanismes et évaluation.** Toulouse: Lallemand. 1994. p. 95-98.

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa.** Porto Alegre: Ed. Renascença, 2008. 368p.

GIOVANNINI, E.; MANFROI, V. **Viticultura e Enologia - Elaboração de grandes vinhos nos terroirs brasileiros.** Editora IFRS. 2009. 360p.

GUERRA, C. C.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. V.; LIRA, M. M. **Vinhos tropicais: novo paradigma enológico e mercadológico.** Belo Horizonte, 2006. p. 100-104. (Informe Agropecuário n° 234)

GUERRA, C. C.; BARNABÉ, D. Vinho. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Ed.). **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado.** 1° ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 550p.

GUERRA, C. C.; ZANUS, M. C. **Uvas viníferas para processamento em região de clima temperado, 2003.** Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/colheita.htm>>. Acesso em 11 Março de 2010.

GUO, G. L.; ZHOU, Q. X.; KOVAL, P. V.; BELOGOLOVA, G. A. Speciation distribution of Cd, Pb, Cu and Zn in contaminated Phaeozem in north-east China using single and sequential extraction procedures. **Australian Journal of Soil Research**, v. 44, p.135-142, 2006.

HASHIZUME, T. Fundamentos de tecnologia do vinho. In: AQUARONE, E.; LIMA, U. A.; BORZANI, W. (Eds.) **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação.** São Paulo: Edgard Blücher, 1983. p.14-43.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2012. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acessado em 17 Janeiro de 2012.

IBRAVIM – **Instituto Brasileiro de Vinhos**, 2010: Disponível em: <<http://www.ibravin.org.br/brasilvitivinicola.php>>. Acessado em 25 de Dezembro de 2011.

ILAND, P.G.; COOMBE, B.G. Malate, tartrate, potassium and sodium in flesh and skin of Shiraz grapes during ripening: concentration and compartmentation. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 39, p. 71–76, 1988.

JACOMINE, P. K. Solos sob Caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Eds). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa, 1996. p. 95-133.

JACKSON, D. I.; LOMBARD, P. B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 44, p. 409-430, 1993.

JACKSON, R. S. **Wine Science: principles, practice, perception**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2000. 645p.

KELLER, M. Deficit irrigation and vine mineral status. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 56, p. 267-283, 2005.

KELLER, M.; SMITHYMAN, R. P.; MILLS, L. J. Interactive effects of deficit irrigation and crop load on Cabernet Sauvignon in an arid climate. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 59, p. 221-234, 2008.

KUO, S.; BAKER, A. S. Sorption of copper, zinc and cadmium by some acid soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 965-974, 1980.

KOUNDOURAS, S.; MARINOS, V.; GKOU LIOTI, G.; KOTSERIDIS, Y.; VAN LEEUWEN, C. Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of non irrigated cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 5077-5086, 2006.

LAIR, G. J.; GERZABEK, M. H.; HARBERHAUER, G. Sorption of heavy metals on organic and inorganic soil constituents. **Environmental Chemistry Letters**, Heidelberg, n.1, p. 23-27, 2007.

LASAT, M.M. Phytoextraction of toxic metal: a review of biological mechanisms. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.31, p.109-120, 2002.

LI, Y.; LIU, J.; WANG, X.; WANG, T.; DU, X. Cu^{2+} and Zn^{2+} adsorption to synthetic iron oxides an natural iron ore ponder. Bioinformatics and Biomedical Engineering, ICBBE. **The 2nd International Conference**, p. 2900-2903, 2008.

LOVEYS, B. R.; DRY, P. R.; STOLL, M.; MCCARTHY, M. G. Using plant physiology to improve the water efficiency of horticultural crops. **Acta Horticulturae**, v. 537, p.187-197, 2000.

MATTHEWA, M. A.; ANDERSON, M. M; SCHULTZ, H. R. Phenologic and growth responses to early and late season water deficit in Cabernet flanc. **Vitis**, v. 26, p. 147-160, 1987.

MCCARTHY, M.G. The effect of transient water deficit on berry development of Shyrax *Vitis Vinifera* L. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 3, p. 102-108, 1997.

MENDES, M. S. A.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; LIMA, J. A. G.; MEDEIROS, A. D. L. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 791-796, 2010.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Evangraf, Porto Alegre-RS, 2006. 285p.

MIRLEAN, N.; ROISENBERG, A.; CHIES, J.O. Copper-based fungicide contamination and metal distribution in Brazilian grape products. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 75, p. 968-974, 2005.

MOURA, M. S. B.; BRANDÃO, E. O.; SOARES, J. M.; DONOSO, C. D. S.; SOUSA, L. S. B. **Exigência térmica e caracterização fenológica da videira Syrah no Vale do Rio São Francisco**. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007. p. 5.

NASCIMENTO, R. L.; ARAÚJO, A. J. B.; SILVA, G. G.; OLIVEIRA, J.; OLIVEIRA, V. S.; BASSOI, L. H.; BIASOTO, A. C. T.; PEREIRA, G. E. Efeitos de diferentes estratégias de irrigação sobre as características físico-químicas de vinhos tropicais Syrah. In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, n. 6, p.369-377, 2011.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa- MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

PEREIRA, G. E.; BASSOI, L. H. Production of Syrah wines in tropical conditions of northeast Brazil. In: **International Syrah Symposium**. France, 2008. 45 -49p.

PEREIRA, G. E.; ARAÚJO, A. J. B.; SANTOS, J.; VANDERLINDE, R.; LIMA, L. L. A. Chemical and aromatic characteristics of Brazilian tropical wines. **Acta orticulturae**, n. 910, p. 135-140, 2011.

PEYNAUD, E. **Connaissance et travail du vin**. Editora Dunod, Paris, 1997. 341p.

PIRES, J. L. F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 41-50, 2002.

PROTAS, J. F. S. Programa de desenvolvimento estratégico da vitivinicultura do Rio Grande do Sul – Visão 2025. Bento Gonçalves: **IBRAVIN**, 2008. 38p.

RANKINE, B. C. Influence of yeast strain and malolatic fermentation on composition and quality of table wines. **American Journal Enology and Viticulture**, v. 23, p. 152 - 158, 1972.

REGAZZI, A. J. **INF 766 - Análise multivariada**. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Departamento de Informática. 2001. 166p.

REGAZZI, A. J. **INF 766 - Análise multivariada (notas de aula)**. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas- Departamento de Informática. v. 2, 2000.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera. Conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478p.

- REYNIER, A. **Manuel de viticulture**, 10 ed.,Lavoisier- Paris, 2007. 532p.
- RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEON, A.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B. **Handbook of enology**. França: John Wiley e Sons, 2ª ed., v. 2, 2006. 441p.
- RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONECHE, B.; LONVAUD, A.; GLORIES, Y.; MAUGEAN, A. **Tratado de enologia**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1º ed., 2003. 784p.
- RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Traité d'oenologie. 2. Chimie du vin stabilisation et traitements**. Paris : Dunod, 1998. 519 p.
- RIZZON, L. A.; MIELE, A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. **Ciência Rural de Santa Maria**, v. 32, n. 3, p. 511-515, 2002.
- RIZZON, L. A.; MIELE A.; MENEGUZZO, J. Efeito da relação das fases líquida e sólida da uva na composição química e na característica sensorial do vinho Cabernet. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 424-428, 1999.
- RIZZON, L. A.; SALVADOR, M. B. G. **Teores de cátions dos vinhos da microrregião homogênea vinicultora de Caxias do Sul**. Bento Gonçalves. Embrapa – CNPUV, 1987. 4p. (Comunicado Técnico nº4).
- RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, 1998.
- ROBINSON, J. **Curso de vinhos**. Lisboa: Ed. Cotovia, 1999. 320p.
- ROCHA, H. A. **Polifenóis de interesse biológico em vinhos tintos finos produzidos no Vale do São Francisco**. 2004. 81f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) - Universidade Federal de Pernambuco - Departamento de Nutrição, Recife, 2004.
- ROUSSEAU J.; BORGIO, C. P. Programação de diferentes estratégias de irrigação: influência sobre a qualidade das uvas e dos vinhos. **Revue Internet de Viticulture et Oenologie**, 2010. Disponível em:
<<http://www.infowine.com/default.asp?scheda=9437> > Acessado em 08 de Maio de 2012.
- RURAL BRAGRÍCOLA**, 2011. Disponível em:
<<http://agricultura.ruralbr.com.br/noticia/2011/12/fruticultura-cresce-20-no-vale-do-sao-francisco-3615898.html>>. Acessado em 16 de Janeiro de 2012.
- RUIZ, H. A. **Efeito do conteúdo de água sobre o transporte de fósforo em dois Latossolos**. 1986. 86p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

SANTOS, J. I. **Vinhos, o essencial**. São Paulo: SENAC, 2004. 1p.

SCHNOOR J. L. **Phytoremediation of Soil and Groundwater**. Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center, 2002. 43p.

SENTELHAS, P. C. **Aspectos climáticos para a viticultura tropical**. Belo Horizonte, 1998. p. 9 -14. (Informe Agropecuário n° 194)

SÉRIE AGRONEGÓCIO. **Processamento de uva, vinho tinto, grapa e vinagre**. Brasília, DF, 1° ed. 2004. 24-25 p.

SIMÃO, J. B. P., SIQUEIRA, J. O. **Solos contaminados por metais pesados: Características, implicações e remediações. Recuperação de áreas degradadas**. Belo Horizonte, 2000. p. 18-26. (Informe Agropecuário n° 22).

SILVA, D. J.; ARAÚJO, C. A. S. Agricultura irrigada: a importância da adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. 1p. CD-ROM.

SILVA, P. C. G. S.; COELHO, R. C. **Cultivo da Videira**. Embrapa, 2010. Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira_2ed/Caracterizaca_social_da_%20videira.html>. Acessado em 10 de Fevereiro de 2012.

SILVA, T. G.; REHINA, M. A.; DOSIER, J. P.; RIZZON, L. A.; CHALFEIN, N. N. J. Diagnose vinícola do Sul de Minas Gerais II. Teores de minerais dos vinhos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 3, p. 638 - 642,1999.

SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. **A vitivinicultura no Semiárido Brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009. 756p.

SOUZA, C. R.; MAROCO, J. P.; SANTOS, T. P.; RODRIGUES, M. L.; LOPES, C. M.; PEREIRA, J. S.; CHAVES, M. M. Grape berry metabolism in field-grown grapevines exposed to different irrigation strategies. **Vitis**, v. 44, n. 3, p. 103-109, 2005.

SOTERO, R. **Vinho Brasileiro**, 2011. Disponível em:
http://www.sitedovinhobrasileiro.com.br/folha.php?pag=mostra_regiao.php&num=VS F>. Acessado em 09 de Fevereiro de 2012.

TERRA, M. M. Nutrição, calagem e Adubação. In: POMMER, C. V. (Ed). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 405-475.

TECCHIO, M. A.; PAIOLI-PIRES, E. J.; TERRA, M. M.; FILHO, H. G.; CORRÊA, J. C.; VIEIRA, C. R. Y. I. Correlação entre a produtividade e os resultados de análise foliar e de solo em vinhedos de Niagara Rosada. **Ciência Agrotecnica**, v. 30, n. 6, p. 1056 -1064, 2006.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.124, n.1-2, p. 81-97, 2004.

TONIETTO, J. ; TEIXEIRA, A. H. C. **Zonage climatique dès périodes viticoles de production dans l'année em zonage tropicale: application de la méthodologie du Système CCM Géoviticole**. In: Joint International Conference on Viticultural Zoning, Cape Town, Siuth África, p.193-201, 2004.

TONIETTO, J. Valorização do Ecosistema. Importância da Regionalização Vitivinícola na Produção de Vinhos de Qualidade. In: VIII Viticultura and Enology Latin American Congress. Montevideo, Uruguay. **Anais...** 2001. p.11.

VAN LEEUWEN, C.; FRIANT, P.; CHONÉ, X.; TRÉGOAT, O.; KOUNDOURAS, S.; DUBOURDIEU, D. The influence of climate, soil and cultivar on terroir. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, p. 207-217, 2004.

VARELA, C. A. A. **Análise Multivariada Aplicada as Ciências Agrárias: Analise de Componentes Principais**. (Apostila de disciplina) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós-graduação em Agronomia. 2008. 12p.

VARGAS, R. M. B.; MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Mecanismos de suprimento de fósforo, potássio, cálcio e magnésio as raízes de milho em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 143-148, 1983.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. 2005. 215p. Monografia de Especialização. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2005.

VOGT, E. **El vino: obtencion, elaboracion y analisis**. 2° ed. Zaragoza, Acribia. 1986. 340p.

WAMPLE, R. L. **Regulated deficit irrigation as a water management strategy in *Vitis vinifera* production**. In: Deficit irrigation practices. Rome: FAO, 2002. p. 89 – 102.

WINEXPERTS. Disponível

em:<<http://winexperts.terra.com.br/arquivos/varietais04.html>>. Acessado em 19 de Setembro de 2009.

WINEPROS. Disponível em: <http://www.winepros.org/wine101/grape_profiles>. Acessado em 19 Setembro de 2009.

WINKLER, A. J. **Viticultura**. México, Compañia Editorial Continental S.A. 1965. 792 p.

CAPÍTULO I

METAIS PESADOS E MICRONUTRIENTES NO SOLO E NA VIDEIRA [Vitis vinífera] EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO ⁽¹⁾

Vanessa de Souza Oliveira ⁽²⁾, Augusto Miguel Nascimento Lima ⁽³⁾, Alessandra Monteiro Salviano Mendes ⁽⁴⁾, Luís Henrique Bassoi ⁽⁴⁾, Giuliano Elias Pereira ⁽⁵⁾, Russaika Lírio Nascimento ⁽²⁾, Bruno Ricardo Silva Costa ⁽²⁾

RESUMO

Os solos naturalmente possuem metais pesados em concentrações variáveis, podendo ocorrer incremento destes elementos em função de práticas agrícolas adotadas. Nesse compartimento ambiental, os metais são transportados, principalmente, nas formas dissolvidas na solução do solo ou associados às partículas sólidas, sendo a água sua principal via de transporte. A disponibilidade dos metais pesados é dependente da quantidade e das formas químicas em que ocorrem no solo. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o teor de metais pesados e micronutrientes no solo, na planta e nos frutos de videira submetida a diferentes estratégias de irrigação na região do Vale do Submédio São Francisco. O experimento foi instalado no Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina-PE. Os tratamentos foram constituídos de três estratégias de irrigação, sendo elas: IP (irrigação plena); IDC (irrigação com déficit controlado) e ID (irrigação com déficit). Nestes tratamentos, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-40; 40-60 e 60-80 cm. Também foram coletadas folhas opostas ao cacho no momento da maturação dos cachos, e bagas no

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF.

⁽²⁾ Mestrando (a) em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Av. Antônio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, Juazeiro - BA, CEP: 48902-300.

⁽³⁾ Professor, Colegiado de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Av. Antônio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, Juazeiro – BA, CEP: 48902-300.

⁽⁴⁾ Pesquisador (a) Embrapa Semiárido, BR 428, km 152, cx postal 23, Petrolina-PE, CEP: 56.302-970.

⁽⁵⁾ Pesquisador Embrapa Uva e Vinho/Semiárido, BR 428, km 152, cx postal 23, Petrolina-PE, CEP: 56.302-970.

momento da colheita, utilizando-se três cachos por tratamento. Assim, foram determinados no solo, folha e baga os teores de Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd e Pb. Os teores de micronutrientes e metais pesados no solo apresentaram um padrão estocástico em relação às distintas estratégias de irrigação. As diferentes estratégias de irrigação não influenciaram os teores de micronutrientes e metais pesados na folha de videira, estando abaixo dos valores considerados tóxicos para a planta. Por outro lado, a maior disponibilidade de água no tratamento com irrigação plena (IP) favoreceu maior teor de Cu na uva. As diferentes estratégias de irrigação não influenciaram os teores de metais pesados na uva.

Palavras-chave: Nutrientes, disponibilidade de água, uva.

ABSTRACT

The soils naturally have heavy metals in variable concentrations, an increase in these elements can occur due to the agricultural practices adopted. In this environmental compartment, the metals are transported mainly in dissolved forms in the soil solution or associated with solid particles, the water being its main transport route. The availability of heavy metals depends on the amount and the chemical forms in which they occur in the soil. In this context, the present work aimed to evaluate the content of heavy metals and micronutrients in soil, plants and fruits of grapevines under different irrigation strategies in the Valley of São Francisco. The experiment was conducted at the Bebedouro Experimental Field, Petrolina-PE. The treatments consisted of three irrigation strategies: FI (full irrigation); CDI (controlled deficit irrigation) and DI (deficit irrigation). In these treatments, soil samples were collected at depths of 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 and 60-80 cm. Also, leaves were collected opposed to the clusters at the moment of its maturation and berries during the harvest, using three bunches per treatment. Thus, we determined the soil, leaf and berry contents of Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd and Pb. Micronutrients and heavy metals contents in the soil presented a stochastic pattern regarding the different irrigation strategies. The different irrigation strategies did not influence the levels of micronutrients and heavy metals in vine leaf, being below the values considered toxic to the plant. On the other hand, the increased availability of water in the full irrigation

treatment (FI) favored higher Cu content in the grapes. The different irrigation strategies did not influence the levels of heavy metals in the grapes.

Keywords: Nutrients, water availability, grape.

INTRODUÇÃO

Os metais pesados são elementos que apresentam densidade acima de 5 g cm⁻³ sendo potencialmente tóxicos na forma de íons. Embora o termo metal pesado tenha conotação de toxicidade, alguns destes elementos estão ligados à nutrição mineral de plantas (Fe, Cu, Mn e Zn), que são também chamados de micronutrientes, isto é, sua presença é essencial para permitir o funcionamento normal de algumas rotas metabólicas (AGUIAR et al., 2002). É importante ressaltar, que dependendo dos teores e das condições físico-químicas ambientais, tais elementos podem passar de micronutrientes à condição de elementos tóxicos, agindo como agentes contaminantes do solo, da água e do ar (LARCHER, 2004). Por outro lado, metais como chumbo (Pb), mercúrio (Hg), arsênio (As), cádmio (Cd) e cromo (Cr) não tem nenhuma atividade biológica e, mesmo em baixas concentrações, podem provocar efeito deletério nas plantas (LASAT, 2002).

Os solos naturalmente possuem metais pesados em concentrações variadas, dependente do material de origem e dos processos envolvidos na sua formação (FADIGAS, 2002). As principais fontes potenciais de metais pesados no solo incluem as contaminações naturais ou litogênicas, que são provenientes dos processos geoquímicos, sendo representadas pelas concentrações dos metais pesados advindos das rochas (HORCKMANS et al., 2005); e contaminação antropogênica, que pode envolver deposições industriais direta no solo e uso de insumos agrícolas como fertilizantes e pesticidas (XUE et al., 2003), ou contaminação difusa via deposição de aerossóis na superfície do solo.

Diversos fatores afetam a dinâmica dos metais pesados no solo e sua consequente absorção pelas plantas. A frequência e intensidade das chuvas, temperatura e evaporação estão entre os fatores climáticos que mais afetam a dinâmica dos metais pesados no ambiente (LIMA, 2002). No solo, o pH, potencial redox, textura, composição mineral, CTC, matéria orgânica, concentração de outros

metais pesados e conteúdo de água estão entre os fatores que mais afetam a dinâmica dos metais pesados influenciando sua solubilidade, mobilidade e disponibilidade às plantas (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001).

A água é a principal via de transporte de metais pesados. Nesse compartimento ambiental, estes são transportados, principalmente nas formas dissolvidas na solução do solo ou associados às partículas sólidas (LAYBAUER; BIDONE, 1998). O processo de absorção desses elementos pelas plantas vai ocorrer por meio do seu contato com as raízes, sendo que o movimento do solo para as plantas vai ocorrer dependente de dois mecanismos de transporte: fluxo de massa e difusão. Para que ocorra esse transporte é necessário que os elementos estejam na forma solúvel ou associados a ligantes móveis no solo (CUNHA et al., 1996), sendo que estes mecanismos de transportes irão atuar dependente da quantidade da água disponível no solo.

Os solos submetidos a cultivos irrigados, normalmente sofrem alterações de ordem química, física e biológica num tempo relativamente curto e em uma intensidade que varia em função da qualidade e quantidade de água aplicada, do manejo, do uso de fertilizantes e das características químicas e físicas dos solos (SILVA; ARAÚJO, 2005). A região do Vale do Submédio São Francisco caracteriza-se por apresentar baixas precipitações pluviométricas e altas taxas de evaporação, onde o uso de irrigação é indispensável para o desenvolvimento satisfatório das plantas. A irrigação também é um meio eficaz para a regulação da disponibilidade de água para as videiras, além de gerenciar o desenvolvimento da uva, a produção de frutos e maturação (ETCHEBARNE et al., 2009). Assim, o manejo da irrigação envolve a tomada de decisão sobre quando irrigar e quanto de água aplicar (ALVES, 2006). Se não houver uma correta definição entre essas duas variáveis, o irrigante estará fazendo um uso ineficiente da água, seja pela aplicação em excesso ou aquém das necessidades da planta, comprometendo a absorção de nutrientes pelas plantas e a produtividade (COSTA, 2006). O excesso hídrico além de diminuir a concentração de oxigênio (PIRES et al., 2002), contribui para as perdas de nutrientes pela lixiviação, especialmente em solos arenosos. Por outro lado, a falta de água diminui significativamente a absorção de nutrientes pelas plantas em virtude de comprometer a difusão e fluxo de massa dos nutrientes no solo (NOVAIS; SMITH, 1999).

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica que indica as associações entre variáveis reduzindo, assim, a dimensão do número de dados e agrupando aquelas com maior similaridade (SANTOS et al., 2008). Este tipo de análise é usado para transformar os dados para duas dimensões e, assim, fazer uma estimativa da similaridade dos dados (GOLOBOËANIN et al., 2004). Desta forma, a ACP pode ser usada para identificar e quantificar a variação do solo associada a diferentes processos (CARVALHO JUNIOR et al., 2008).

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o teor dos micronutrientes e metais pesados no solo, na planta e nos frutos de videiras submetidas a diferentes estratégias de irrigação na região do Vale do Submédio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente a Embrapa Semiárido, localizada em Petrolina-PE com latitude 09° 09'S, longitude 40° 22' O e altitude de 366m. Segundo o Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovíticola, a região apresenta clima do tipo IS₁ IH₆ IF₁, com seca moderada, muito quente e de noites quentes (TONIETTO, 1999). Valores médios anuais das variáveis climatológicas: temperatura do ar = 26,5 °C, precipitação pluvial = 541,1 mm, umidade relativa do ar = 65,9%, evaporação do tanque classe "A" = 2.500 mm ano⁻¹ e velocidade do vento = 2,3 m s⁻¹. A precipitação é irregularmente distribuída no espaço e no tempo, concentrando-se nos meses de dezembro a abril; a insolação anual é superior a 3.000 h (AZEVEDO et al., 2003). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (SILVA, 2005), originados da alteração da cobertura pedimentar sobre Xistos do Pré-Cambriano (micaxistos).

A cultivar de uva escolhida foi a Syrah sobre o porta-enxerto 'Paulsen 1103'. O plantio das videiras foi realizado em 30 de abril de 2009 no espaçamento 3,0 x 1,0 (3 m entre fileiras e 1 m entre plantas). Durante o plantio foi realizada adubação de formação com aplicação de calcário (200 g por metro linear), esterco caprino (40 m³ ha⁻¹) e superfosfato simples granulado (18% P₂O₅) (50 g planta⁻¹). Na adubação de produção foi aplicado apenas esterco caprino na dose de 0,02m³ planta⁻¹. O sistema de condução das plantas é espaldeira ascendente com duplo cordão esporonado. O

período de formação do parreiral (crescimento vegetativo) ocorreu até 13 de abril de 2010, quando se realizou a poda para o início do primeiro ciclo de produção, sendo que esse estudo foi realizado no terceiro ciclo de produção, de 10 de Maio de 2011 a 08 de Setembro de 2011. O sistema de irrigação utilizado é o gotejamento com emissores espaçados em 0,5 m na linha de plantas. Os defensivos químicos utilizados no controle de pragas e doenças na área durante o experimento foram o Equation® e Forum® no controle do míldio na dose de 100g 100L⁻¹ (duas aplicações); Rumo® no controle da broca dos ramos na dose de 8g 100L⁻¹ (uma aplicação). Para o controle da Ferrugem foi aplicado Rubigam® na dose de 35g 100L⁻¹ (uma aplicação); e para Oídio aplicaram-se o Amistar® e Cabrio top® na dose de 60g 100L⁻¹(uma aplicação).

A área experimental foi composta por 30 fileiras com 24 plantas por fileira, totalizando 576 plantas, sendo destas avaliadas apenas as 12 plantas centrais de cada fileira, totalizando 288 plantas úteis. Os tratamentos consistiram de três estratégias de irrigação, sendo elas: (ID) irrigação com déficit, onde a aplicação de água foi interrompida desde o pegamento dos frutos (49 dias após a poda - dapp), até a colheita (121 dapp); (IDC) irrigação com déficit controlado, onde a aplicação de água foi interrompida desde o pegamento dos frutos (49 dapp), mas realizou-se irrigação eventualmente para manter a umidade de 70-80% da capacidade de armazenamento de água na camada até 60 cm de profundidade; e (IP) irrigação plena, sem a restrição de água às videiras durante todo o ciclo de produção. Os tratamentos foram dispostos no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições.

A umidade do solo (θ , m³ m⁻³) foi monitorada pela técnica de moderação de nêutrons, com medidas realizadas nas profundidades de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 cm, onde a determinação da umidade do solo pela sonda de nêutrons foi obtida mediante a curva de calibração obtida previamente para esse solo e para essa sonda (Silva, 2005).

Durante o período de maturação da uva foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade, retirando-se seis amostras simples de cada profundidade para obtenção de amostra composta por parcela. As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Dentre as análises físicas do solo, foi determinada a densidade do solo,

densidade das partículas e textura, segundo metodologia descrita por Claessen (1997). Para caracterização química foram determinados os valores de pH (H_2O), condutividade elétrica no extrator de saturação (CE_{es}), acidez potencial (H+Al), teor de matéria orgânica do solo e calculados a CTC e saturação por bases (V) (Tabela 1), conforme metodologia proposta por Silva (2009). Além disso, foram determinados também os teores de ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), cromo (Cr), níquel (Ni), cádmio (Cd) e chumbo (Pb), após extração com Mehlich-1 (HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ + H_2SO_4 $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$) na relação 1:5 (solo:solução), sendo a leitura realizada no espectrofotômetro de absorção atômica (EAA), conforme metodologia proposta por Claessen (1997).

Tabela 1. Características físicas e químicas do Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico sob cultivo de videira com diferentes estratégias de irrigação

Profundidade	DS	DP	Areia	Silte	Argila	pH(água)	CE	H+AL
-----cm-----	--kg dm ⁻³ --		-----g kg ⁻¹ -----			1:2,5	dS m ⁻¹	cmol _c dm ⁻³
0-10	1,32	2,53	765,38	123,94	106,73	6,79	0,38	1,29
10-20	1,37	2,53	756,70	112,40	130,89	6,57	0,32	1,62
20-40	1,35	2,51	716,93	113,66	169,40	6,41	0,21	1,59
40-60	1,32	2,52	746,86	140,78	112,35	6,27	0,28	1,74
60-80	1,32	2,53	742,59	130,64	119,50	5,87	0,24	1,71
Profundidade	SB	CTC	MO	P	K	Ca	Mg	Na
	cmol _c dm ⁻³		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----		
0-10	7,80	9,03	27,41	113,25	0,52	4,80	2,65	0,09
10-20	6,50	8,04	12,90	96,64	0,53	3,74	2,47	0,08
20-40	5,70	7,50	7,32	91,85	0,34	3,32	2,22	0,06
40-60	5,30	6,99	5,69	54,90	0,29	3,03	1,98	0,06
60-80	5,20	7,11	4,23	28,16	0,29	2,84	2,03	0,05

DS - densidade do solo; DP - densidade das partículas; CE_{es} - Condutividade elétrica no extrato de saturação; SB - Soma de bases; CTC - Capacidade de troca de cátions; MO - Matéria orgânica; IP - irrigação plena; IDC - irrigação com déficit controlado; ID - irrigação com déficit.

No início da maturação das uvas foram coletadas amostras de tecido vegetal, correspondente às folhas inteiras opostas ao cacho, em número de duas folhas por planta. Foram sempre coletadas folhas sem injúrias e sem apresentar nenhum tipo

de contaminação. Para as amostras de uva (bagas), as coletas foram realizadas no momento da colheita, amostrando-se três cachos por bloco para cada tratamento (aleatoriamente), coletando-se cachos inteiros e sadios. O material vegetal (folha e baga), após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C, por 72 h, foram pesados e passados em moinho tipo Wiley. Em seguida, o material vegetal (folhas e bagas) foi mineralizado pela mistura nítrica-perclórica (3:1) para posterior análise química. A leitura dos micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn) e metais pesados (Ni, Cd, Cr e Pb) presentes nos extratos de folhas e bagas foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica (EAA), segundo a metodologia proposta por Silva (2009). A produtividade da cultura (kg ha^{-1}) em todos os tratamentos foi estimada a partir dos dados obtidos de produção de frutos por parcela (kg m^{-2} de parcela).

Os efeitos das diferentes estratégias de irrigação sobre os teores de Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd e Pb no solo, folhas e bagas foram submetidos à análise de variância, sendo comparados utilizando o teste de comparação de média de Tukey (5% de probabilidade de erro). Vale ressaltar que para as análises dos resultados dos teores de micronutrientes e metais pesados no solo não levaram em consideração a variação em profundidade nos tratamentos, mas entre os tratamentos em cada camada de solo avaliada. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT 7.6 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Umidade do Solo

A umidade do solo (θ) apresentou um comportamento bastante diferente entre os tratamentos de manejo de irrigação avaliados até a camada de 90 cm de profundidade (Figura 1). A partir da interrupção da irrigação (49 dapp), ocorreu decréscimo gradativo na θ nos tratamentos com irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID), onde após aplicação de água no tratamento IDC (71 e 92 dapp), observou-se a elevação de θ até 45 cm de profundidade. Nas camadas mais profundas do solo (105 e 120 cm), houve comportamento similar quanto à variação de θ em todos os tratamentos.

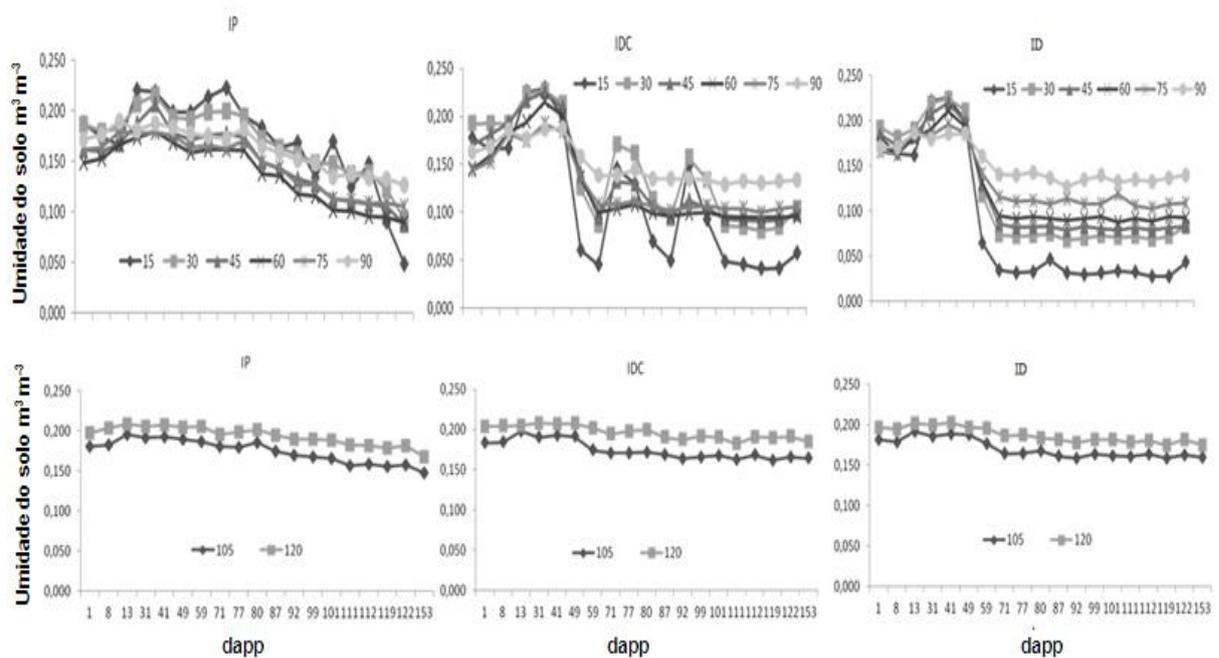


Figura 1. Umidade do solo (θ) a 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 cm de profundidade em função das estratégias de irrigação, sendo IP - irrigação plena, IDC - irrigação com déficit controlado e ID - irrigação com déficit. dapp – dia após a poda.

Solo

Na Figura 2 estão apresentados os teores de micronutrientes em função das diferentes estratégias de irrigação. Verificou-se que não ocorreu diferença nos teores de ferro (Fe) apenas na profundidade de 0-10 cm entre as estratégias de irrigação avaliadas (Figura 2A). Na profundidade de 10-20 cm do solo sob a irrigação com déficit controlada (IDC) o teor de Fe foi mais elevado quando comparado às demais estratégias de irrigação (IP e ID). Sob condições de maior disponibilidade de água (tratamento com irrigação plena - IP) tem-se o favorecimento da redução do Fe^{3+} para o Fe^{2+} , contribuindo para sua movimentação no perfil do solo além das camadas avaliadas, principalmente em solos arenosos como no presente trabalho (Tabela 1). Sob condições de maior disponibilidade de água passam a atuar os mecanismos de dissolução e remobilização do ferro, os quais incluem as reações de redução e complexação (SCHWERTMANN, 1991), favorecendo sua maior concentração e lixiviação em solos com baixa quantidade de argila. Trabalho realizado por Hernández & Meurer (1998) em dez solos do Uruguai, sujeitos a

variações temporais nas condições de oxidação-redução, foi observado que o solo com baixos teores de argilas (arenitos do Cretáceo) que apresentou menor teor de ferro, sendo encontrado correlação entre teor de ferro extraído e teor de argila dos solos. Em estudo avaliando oito amostras de solos das províncias de Antuérpia e de West-Flandres na Bélgica, com valores de metais pesados conhecidos e submetidos aos tratamentos: solo seco, solo na capacidade de campo e solo saturado, Tack et al. (2006) observaram que os eventos de umedecimento e secagem do solo alteraram os estados de hidratação, oxidação e cristalinidade dos óxidos de ferro e manganês do solo, favorecendo a liberação de metais pesados quando em ambientes mais úmidos.

Os solos sob os tratamentos IP e IDC apresentaram maior teor de Fe na profundidade de 20-40 cm em relação ao solo sob o tratamento ID. Para as camadas 40-60 e 60-80 cm, os solos sob os tratamentos ID e IDC apresentaram maiores teores de Fe em relação ao tratamento IP. Observa-se que em ambiente aeróbico o elemento Fe apresenta alta estabilidade termodinâmica e reduzida solubilidade persistindo no solo por longo período (SCHWERTMANN; TAYLOR, 1989), fato este que pode ter ocorrido na condição de menor disponibilidade de água nas camadas mais subsuperficiais. Também, em camadas mais profundas do solo o teor de oxigênio torna-se mais rarefeito, fazendo com que os organismos do solo utilizem outros elementos como aceptor final de elétron resultando na sua redução.

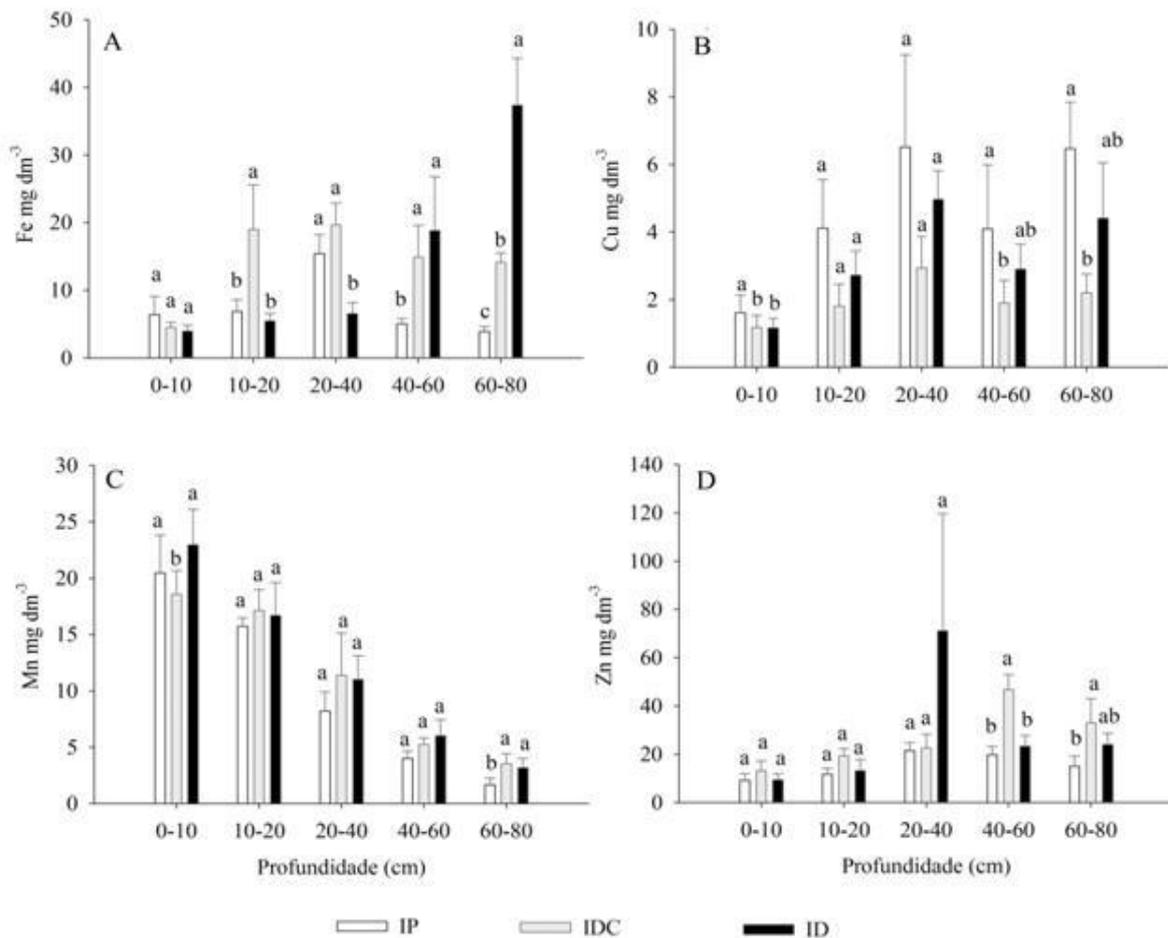


Figura 2. Teores de micronutrientes no solo sob cultivo de videira em função das diferentes estratégias de irrigação, sendo irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). Colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O tratamento IP apresentou maior teor de Cu na camada de 0-10 cm de solo em relação aos demais tratamentos (IDC e ID) (Figura 2B). Nas camadas de 10-20 e 20-40 cm do solo não ocorreu diferença no teor de Cu entre os tratamentos avaliados. De acordo com Who (1998) o Cu é um dos elementos menos solúveis em água devido a sua forte adsorção aos colóides orgânicos e inorgânicos do solo. O tratamento IP apresentou maior teor de Cu em relação ao tratamento IDC nas camadas de 40-60 e 60-80 cm, não diferindo do tratamento ID. A elevação do teor

de argila com o aumento da profundidade do solo (Tabela 1) favoreceu maiores teores de Cu no tratamento IP, o que pode ser observada pelo seu valor de correlação positiva ($r = 0,4058^{**}$, dado não apresentado). Pombo & Klamt (1986) avaliando a adsorção de cobre em dois solos do Estado do Rio Grande do Sul, também encontraram correlação significativa entre a adsorção de Cu e o teor de argila do solo. Estudos mostram que o aumento na concentração de Cu em solos de vinhedos está associado ao uso de diferentes fungicidas, especialmente aqueles a base de Cu, como a calda bordalesa (COSTA et al., 2009; CASALI et al., 2008). Porém na área de cultivo estudada não foram aplicados fungicidas a base de Cu, não proporcionando o acúmulo no solo, justificando os baixos teores encontrados no solo ($<10 \text{ mg kg}^{-1}$). Segundo Alloway (1995), os valores de Cu entre 60 e 125 mg kg^{-1} são considerados críticos em solos cultivados com videira.

Para Mn apenas nas camadas de 0-10 e 60-80 cm ocorreu diferença significativa, sendo o menor teor encontrado para o tratamento IDC na camada de 0-10 cm e para o tratamento IP na camada de 60-80 cm (Figura 2C). Avaliando a mobilidade de seis metais pesados (Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} e Cr^{3+}) durante a percolação de uma solução contaminante multiespécies em um solo residual compactado do Município de Visconde do Rio Branco - MG, Nascentes (2006) observou que a mobilidade do Mn^{2+} praticamente não dependeu da condutividade hidráulica do solo. Em estudo avaliando as formas de Mn em solos de referência do Estado de Pernambuco, Oliveira & Nascimento (2006) observaram que o Mn ligado à matéria orgânica foi a principal responsável pela retenção e disponibilidade de Mn no solo. Assim, o maior teor de MOS encontrado nas camadas de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 1) possibilitou maiores teores de Mn ($r = 0,8783^{**}$, dado não apresentado). Diversos trabalhos também observaram forte correlação entre os teores de Mn e a MOS (BAYER et al., 2002; MOTTA et al., 2002). O Mn^{2+} é adsorvido aos grupos funcionais da MOS na forma de complexo de esfera externa e interna (LAKATOS et al., 1977). No complexo de esfera externa o Mn é adsorvido apenas por atração eletrostática, enquanto no complexo de esfera interna o Mn é adsorvido por ligação covalente. Os valores encontrados de Mn variaram de 1,3 a 25,5 mg dm^{-3} , estando estes abaixo dos valores considerados tóxicos as plantas (1500 – 2000 mg kg^{-1}) (ROSS, 1994).

Não houve diferença nos teores de Zn disponível entre os tratamentos avaliados nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm do solo (Figura 2D). Para as

camadas de 40-60 e 60-80 cm, o tratamento IDC apresentou maior teor de Zn que o tratamento IP. O fluxo difusivo é a forma de transporte de Zn^{2+} predominante no solo em virtude da sua baixa concentração na solução do solo (SHARMA; DEB, 1984; MARSCHNER, 1993). O Zn não é afetado diretamente pelas condições de oxirredução na maioria dos solos. Em algumas situações de oxirredução o Zn^{2+} é afetado indiretamente pelo aumento do pH do solo próximo à neutralidade principalmente quando arenoso como no presente trabalho (Tabela 1) (ABREU et al., 2007). No Brasil, em geral, considera-se que a faixa ideal de pH para a maioria das culturas está entre 5,7 e 6,0 (NOVAIS et al., 2007). O solo em questão apresenta valores de pH acima dessa faixa (Tabela 1), mostrando a influência deste fator na baixa disponibilidade de Zn no solo. Lindsay (1979) afirma que considerando as reações de hidrólise de compostos de Zn no solo, observa-se que, para cada aumento de uma unidade de pH a solubilidade do Zn no solo decresce aproximadamente 100 vezes. Segundo Moraghan et al. (1991), na faixa de pH de 5,5 a 7,0, a concentração de equilíbrio do Zn diminui de 30 a 45 vezes com o aumento de cada unidade de pH do solo. Os teores de Zn encontrados nos diversos tratamentos do presente trabalho estão abaixo de 70 mg kg^{-1} , considerado tóxico para as plantas (ROSS, 1994).

Para os teores de Cr observou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos para todas as camadas de solo avaliadas (Figura 3A). A menor disponibilidade de água nos tratamentos IDC e ID contribuíram para os maiores teores deste elemento nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo. O Cr concentra-se nas camadas superficiais do solo na forma de Cr^{3+} , sendo o Cr^{6+} instável e rapidamente convertido a Cr^{3+} pela ação da matéria orgânica (BERGMANN, 1992). Na camada de 20-40 cm, o tratamento IDC foi o que favoreceu maior concentração de Cr no solo. Na camada de 40-60 cm do solo, o tratamento ID apresentou maior teor de Cr quando comparado aos demais tratamentos, enquanto que na camada de 60-80 cm os tratamentos IP e ID apresentaram maior teor de Cr em relação ao tratamento IDC. Embora o elemento cromo exista em diversos estados de oxidação, somente Cr^{3+} e Cr^{6+} são suficientemente estáveis para ocorrer no ambiente. O Cr^{6+} apresenta mais mobilidade que Cr^{3+} , pois seus ânions são facilmente transportados através do solo (SHRIVASTAVA et al., 2002). Na maioria dos solos o cromo é encontrado em concentrações que variam de 2 a 60 mg kg^{-1} dependendo do tipo de solo (AZEVEDO et al., 2003), estando os teores encontrados neste trabalho abaixo

do citado pela literatura. Além disso, o teor de cromo determinado no presente trabalho encontra-se abaixo do teor considerado tóxico para as plantas, 75-100 mg kg⁻¹ (ROSS, 1994).

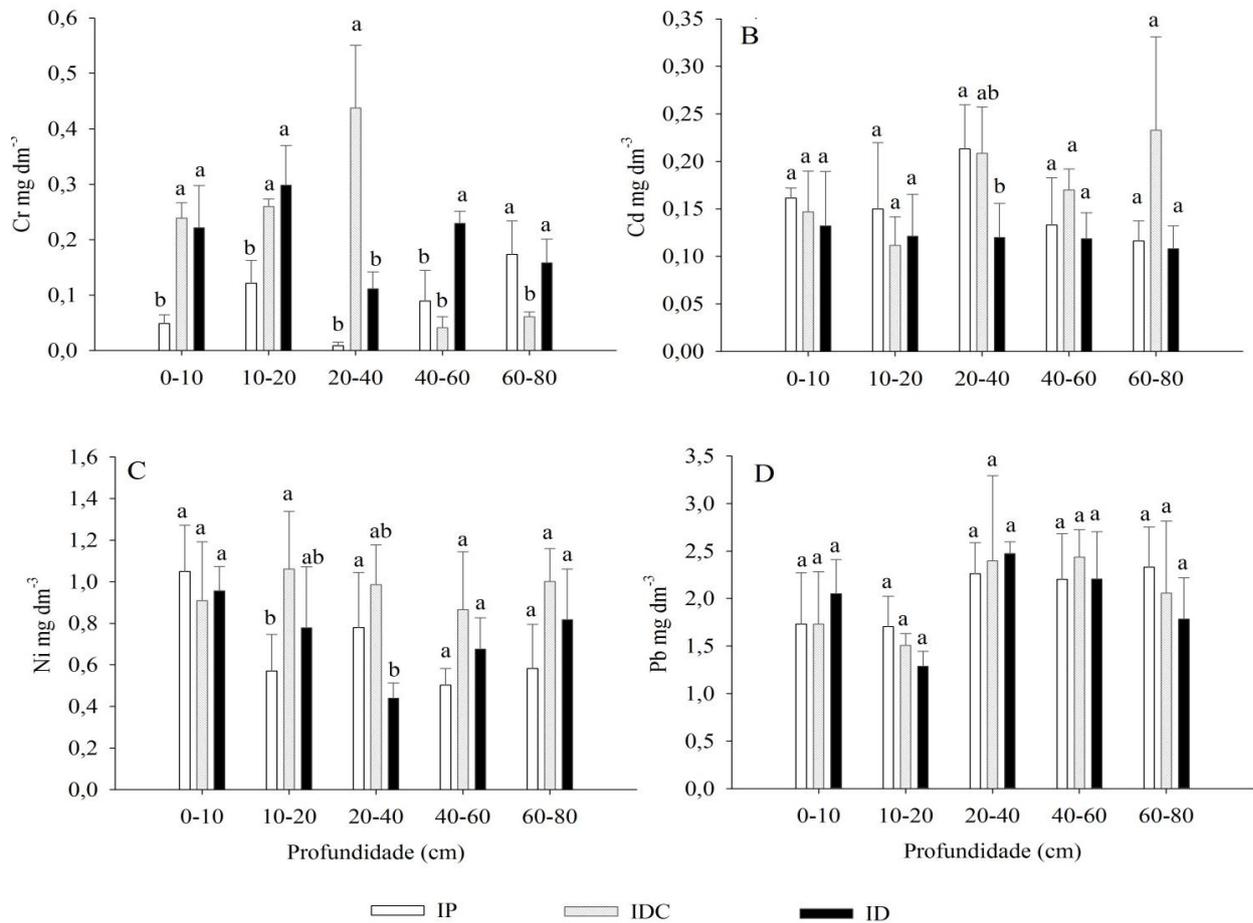


Figura 3. Teores de metais pesados no solo sob cultivo de videira em função das diferentes estratégias de irrigação, sendo irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). Colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O teor de Cd foi maior no tratamento IP em relação ao tratamento ID apenas na camada de 20-40 cm do solo (Figura 3B). Para as demais camadas de solo avaliadas, não foi observado diferença nos teores de Cd entre os diversos tratamentos. A baixa concentração deste elemento no solo estudado assim como o Cd encontrando em diversas áreas é proveniente de fontes naturais, não se

evidenciando a presença de fontes poluidoras (ADRIANO, 1986; ALLOWAY, 1990; KABATA-PENDIAS, 2001; PEREIRA; KAWAMOTO, 2009). Apesar do uso de fertilizantes, principalmente fosfatados, além de defensivos agrícolas serem consideradas fontes poluidoras na agricultura, acredita-se que o tempo de uso da área é pequeno não havendo aplicação intensiva de defensivos a base de Cd, o que favoreceu as baixa concentração desse metal no solo. Além disso, conforme supracitado o fato do solo em estudo ser muito arenoso também contribuiu para baixos teores de Cd. Os valores encontrados de Cd no presente trabalho estão abaixo dos valores considerados tóxicos para as plantas ($3-8 \text{ mg kg}^{-1}$) (ROSS, 1994).

Não foram observadas diferenças nos teores de Ni nas camadas de 0-10, 40-60 e 60-80 cm (Figura 3C). Para a camada de 10-20 cm, o tratamento IDC apresentou maior teor de Ni no solo quando comparado ao tratamento IP. Já para a camada de 20-40 cm, o tratamento IP apresentou maior teor de Ni no solo em relação ao tratamento ID, não diferindo do tratamento IDC. O Ni é o metal pesado mais móvel no solo (ANTONIADIS; TSADILAS, 2007), porém, o fator mais importante que determina a distribuição do Ni entre a fase sólida e solúvel do solo é o pH, sendo sua disponibilidade inversamente relacionada com esse índice (UREN, 1992). Não houve diferença nos teores de Pb entre os tratamentos avaliados em todas as camadas de solo estudadas (Figura 3D), demonstrando que as diferentes estratégias de irrigação não influenciaram a concentração de Pb no solo. O teores de Ni e Pb encontrados estão abaixo dos teores considerados tóxicos para as plantas, sendo Ni ($5-35 \text{ mg kg}^{-1}$) e Pb ($3-40 \text{ mg kg}^{-1}$) (ROSS, 1994; FADIGAS et al., 2006).

Folha

As diferentes estratégias de irrigação não influenciaram a concentração de micronutrientes e metais pesados nas folhas de videira (Figura 4A e B). Os teores de Mn e Ni foram superiores aos demais micronutrientes e metais pesados avaliados. Segundo Marengo et al. (2005), o teor de Mn na folha normalmente apresenta interação positiva com o teor de Ni.

Os teores médios foliares de Cu ($44,58 \text{ g kg}^{-1}$), Zn ($114,25 \text{ mg kg}^{-1}$) e Mn ($387,50 \text{ mg kg}^{-1}$) encontram-se acima do nível crítico (>20 , >50 e $>300 \text{ mg kg}^{-1}$,

respectivamente) (FARIA et al., 2004). Por outro lado, estes valores estão de acordo com os encontrados por Giovannini (2008). Apesar desses elementos se apresentarem na faixa em excesso de concentração foliar nenhum sintoma visual de toxidez foi observado no campo. Valores elevados de Cu, Zn e Mn têm sido atribuídos à gênese dos solos da região, que em condições ideais de oxirredução favorece a solubilização deste elemento (FARIA et al., 2004). Normalmente, as análises foliares da cultura da videira no Vale do Submédio São Francisco têm apresentado teores muito elevados de Mn, sem, contudo, afetar a produtividade, concordando com os resultados encontrados no presente trabalho.

Por outro lado, os teores foliares de Fe (85,60-95,28 mg kg⁻¹) observados estão dentro da faixa considerada adequada para a videira (60-180 mg kg⁻¹) (FARIA et al., 2004). Os teores de Cd (0,0-0,21 mg kg⁻¹), Cr (0,47-3,53 mg kg⁻¹) e Pb (0,0-0,30 mg kg⁻¹) observados no tecido foliar das plantas de videira são considerados adequados que segundo Adriano (1986), devem estar na faixa de 0,1-0,5 mg kg⁻¹ e 0,05-0,5 mg kg⁻¹ para Pb e Cr, respectivamente. Avaliando a concentração de Pb e Cd em diferentes partes da videira em Brestnik Village, Bulgária, Angelova et al. (1999) encontraram valores de 19 mg kg⁻¹ de Pb e 0,5 mg kg⁻¹ de Cd em amostras de folha na fase de maturação das uvas. Estes mesmos autores afirmam que há uma tendência para um aumento nas concentrações de Pb e Cd com a idade da vegetação até a maturação das uvas.

Os teores de Ni (8,68 a 10,16 mg kg⁻¹) observados nas folhas de videira são maiores que a faixa considerada adequada (0,1 a 5 mg kg⁻¹), segundo Adriano (1986). Este autor afirma que o teor de Ni na matéria seca de plantas varia dependendo da espécie, parte da planta, estágio fenológico, conteúdo no solo, acidez do solo, entre outros fatores.

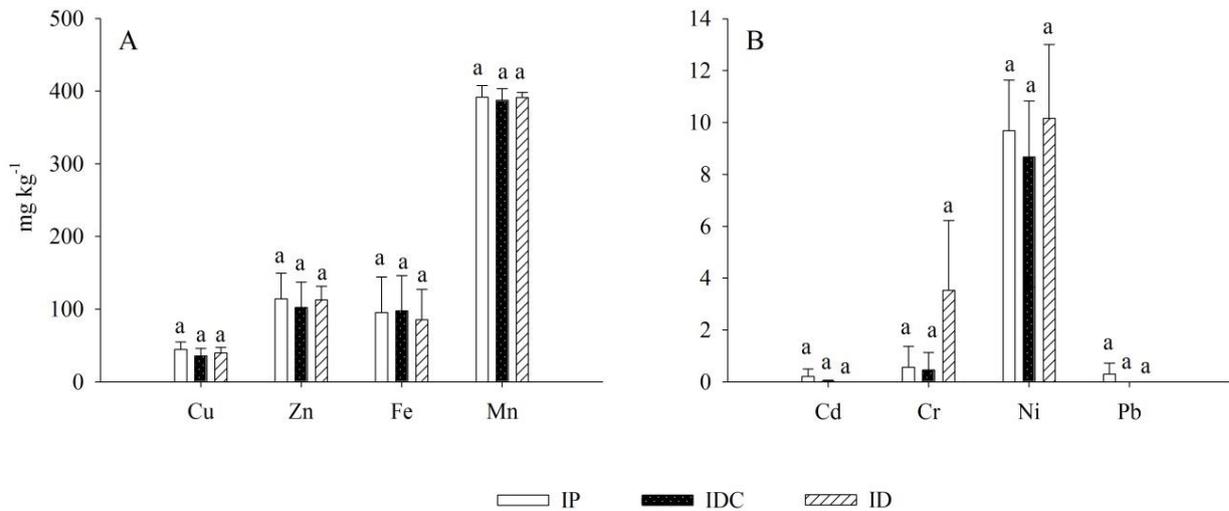


Figura 4. Teores de micronutrientes e metais pesados em folha de videira em função das diferentes estratégias de irrigação, sendo irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). Colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Uva

As diferentes estratégias de irrigação influenciaram a produtividade da videira, sendo o tratamento IP o que obteve maior produtividade (6.600 kg ha^{-1}) em relação os demais tratamentos (5.130 kg ha^{-1} para IDC e 4.000 kg ha^{-1} para ID). Vários trabalhos relatam também variação na produtividade da videira sob cultivo com diferentes estratégias de irrigação, encontrando, na maioria das situações, maiores produtividades no tratamento com irrigação plena (ARNOLD; WILLIAMS, 2001; ESTEBAN et al., 2001; NADAL; LAMPREAVE, 2007).

Os componentes inorgânicos das uvas influenciam de forma significativa, a produção e qualidade de vinhos e são fundamentais para a nutrição humana (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). A qualidade do mosto e, conseqüentemente, do vinho depende, em parte, dos elementos metálicos presentes (PUIG-DEU et al., 1994). Elementos como o Fe, Cu, Al, Zn e Ni que quando em excesso contribuem para a formação de precipitados e podem causar efeito na cor, aroma ou sabor do vinho (GALANI-NIKOLAKAKI et al., 2002). Além disso, sabe-se que o excesso de

Fe e Cu determina a turbidez no vinho, pode atrasar a fermentação durante a vinificação e são causas importantes de instabilidade, como no caso da formação de colóides instáveis resultantes de uma reação entre dois cátions instáveis, proteínas e ácidos fosfóricos (casse férrica e cubrica) (SOFO et al., 2012).

Os teores de micronutrientes na uva apresentaram diferença significativa apenas para o Cu entre os tratamentos avaliados, sendo o tratamento IP que obteve maior concentração em relação aos tratamentos IDC e ID (Figura 5A). Para que os nutrientes possam ser absorvidos pelas plantas tem-se a necessidade de haver o transporte no solo pelos processos de difusão e fluxo de massa (SILVA, 2005). Segundo Kirkby et al. (2007) o elemento Fe se move no solo através fluxo de massa, já o Zn o fluxo difusivo ou difusão é a forma de maior importância para o seu transporte, dada sua baixa concentração na solução do solo (MARSCHNER, 1993). De acordo com Silva & Mendonça (2007) dentre os metais pesados, o Cu é um dos menos móveis no solo devido a sua forte adsorção nos colóides orgânicos e inorgânicos do solo, sendo a difusão um dos principais meio de transporte deste elemento. A maior disponibilidade de água no tratamento com irrigação plena favoreceu o transporte e, conseqüentemente, absorção de Cu pela cultura de videira.

Em estudo avaliando o efeito do déficit hídrico na exportação de nutrientes em diferentes variedades de uvas na região de Parma, EUA, Shellie & Brown (2012) observaram que as concentrações de Zn, Fe e Mn na uva não foram influenciados pelo regime de irrigação, mas se diferenciaram entre as nove cultivares. Avaliando também a composição da uva influenciada pela disponibilidade de água em vinhedos de cinco anos de idade na Itália, Sofo et al. (2012) observaram que os teores de Cu, Fe e Zn na uva foram maiores no tratamento irrigado (0,23 mg kg⁻¹ de Cu, 0,24 mg kg⁻¹ de Fe e 0,47 mg kg⁻¹ de Zn) em relação ao tratamento sem irrigação (0,11 mg kg⁻¹ de Cu, 0,064 mg kg⁻¹ de Fe e 0,23 mg kg⁻¹ de Zn). Para o presente trabalho, o tratamento IP apresentou 4,0 mg kg⁻¹ de Cu a mais em relação ao tratamento ID.

Não houve diferença nos teores Cr, Cd, Ni e Pb entre os tratamentos avaliados (Figura 5B). Ferrari (2010) avaliando os teores de metais pesados em uvas destinadas para elaboração de suco na região do Rio Grande do Sul não observou diferença nos teores de Cr, Cd e Pb nas uvas avaliadas. Cabe ressaltar que durante a produção do vinho pode ocorrer uma eliminação parcial de metais

pelos processos de precipitação sob a forma de sais orgânicos e por absorção e adsorção por leveduras e bactérias utilizadas durante a fermentação das uvas (CATARINO et al., 2008). Assim, a ocorrência de metais em concentrações muito elevadas no vinho indica, de maneira geral, a ocorrência de contaminações após a fermentação (JACKSON, 2000).

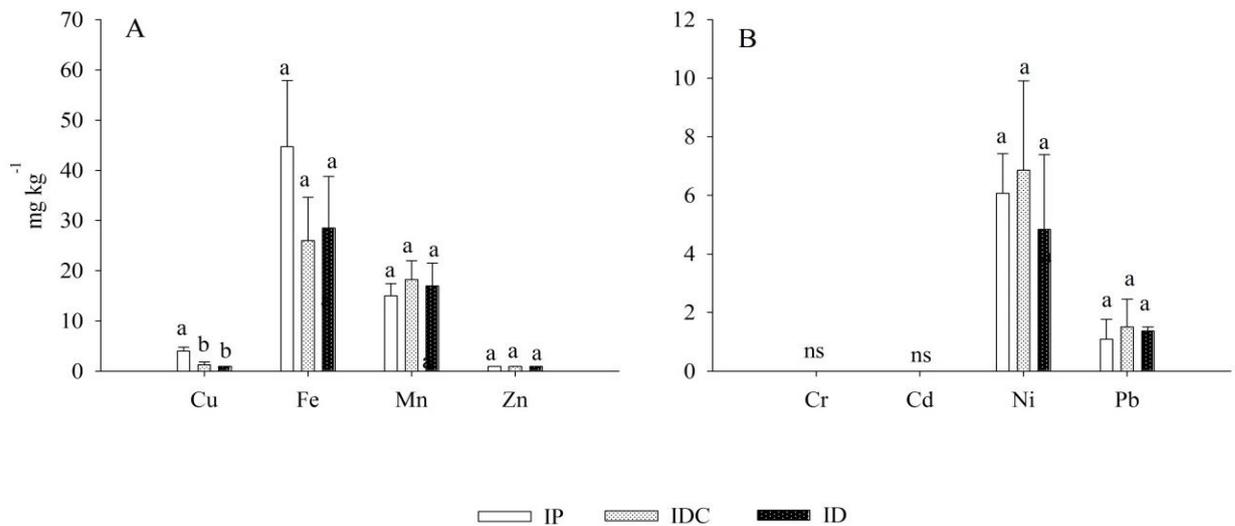


Figura 5. Teores de micronutrientes e metais pesados na uva sob diferentes estratégias de irrigação, sendo irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID). Colunas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES

1. Os teores de micronutrientes e metais pesados no solo apresentaram um padrão estocástico em relação às diversas estratégias de irrigação;
2. As diferentes estratégias de irrigação não influenciaram os teores de micronutrientes e metais pesados na folha de videira, estando abaixo dos valores considerados tóxicos para a planta;

3. A maior disponibilidade de água no tratamento com irrigação plena (IP) favoreceu maior teor de Cu na uva da videira. As diferentes estratégias de irrigação não influenciaram os teores de metais pesados na uva.

AGRADECIMENTOS

A Embrapa Semiárido e a UNIVASF pelo apoio financeiro necessário para realização do trabalho e a Capes pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds). Fertilidade do Solo. Viçosa, MG. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 645 – 736, 2007.

ADRIANO, D.C. **Trace elements in the terrestrial environment**. New York: Springer-Verlag, 1986. 533 p.

AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, p. 1145-1154, 2002.

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soil**. New York: John Wiley, 1990. 339p.

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. London, Blackie Academic & Professional. 1995. 368p.

ALVES JÚNIOR, J. **Necessidade hídrica e resposta da cultura de lima ácida ‘Tahiti’ a diferentes níveis de irrigação**. 2006. 101f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

ANGELOVA, V.R.; IVANOV, A.S.; BRAIKOV, D.M. Heavy metals (Pb, Cu, Zn and Cd) in the system soil – grapevine – grape. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 79, p. 713–721, 1999.

ANTONIADIS, V.; TSADILAS, C.D. Sorption of cadmium, nickel, and zinc in mono- and multimetal systems. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 22, p. 2375–2380, 2007.

ARNOLD, R.; WILLIAMS, L. Effect of irrigation on wine quality. In: Central Coast Viticulture and Enology. **Issues Conference**, 2001. p. 23-25.

AZEVEDO, S.A.; CHASIN, A. A. M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**, Ed. Atheneu: São Paulo, 2003. 554 p.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in Northeast Brazil. **Agricultural Water Management** , v. 58, p. 241-254, 2003.

BAYER, C.; DICK, D. P.; RIBEIRO, G. M.; SCHEUERMANN, K. K. Carbon stocks in organic matter fractions as affected by land use and soil management, with emphasis on no-tillage effect. **Ciência Rural**, v. 32, p. 401 - 406, 2002.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: developments, visual and analytical diagnosis**. New York: Gustav Fischer Verlag Jena, 1992. 741p.

CARVALHO JUNIOR, W. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; CHAGAS, C. S.; FERNANDES FILHO, E. I. Análise multivariada de Argissolos da faixa Atlântica Brasileira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2081-2090, 2008.

CATARINO, S.; CURVELO-GARCIA , A. S.; SOUSA, R. B. Revisão: Elementos contaminantes nos vinhos. **Ciência Técnica Vitivinícola**, v. 23, n.1, p. 3-19, 2008.

CASALI, C. A.; MOTERLE, D. F.; RHEINHEIMER, D. S.; BRUNETTO, G.;CORCINI, A. L. M.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B. Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p.1479-1487, 2008.

CLAESSEN, M. E. C. Manual de Métodos de Análise de Solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2º ed. **Revista Atual**. Rio de Janeiro, p. 212, 1997.

COSTA, C. N.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. **Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente** In: MEURER, E. J. (Ed). Fundamentos de química do solo, 3ª Edição, Porto Alegre: Evangraf, 2006. 285p.

COSTA, W. P. L. B.; FABRICIO NETA, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; CUNHA, K. P. V.; SILVA, D. J. **Alterações nos Teores Totais de Cu e Zn em Solos Cultivados com Videira**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Fortaleza, 2009. 3p. CD-ROM

CUNHA, R. C. A.; CAMARGO, O. A.; KINJO, T. Eluição de duas fontes de zinco aplicadas em horizonte superficial de um Podzólico e de um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p. 371-378, 1996.

ESTEBAN, M. A.; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE, J. R. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 4, p. 409-420, 2001.

ETCHEBARNE, F.; OJEDA, H.; DELOIRE, A. **Grape berry mineral composition in relation to vine water status and leaf area/fruit ratio**. In: ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K.A. (Ed.). Grapevine Molecular Physiology & Biotechnology. Springer, 2009. p.53–72.

FADIGAS, F. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N.; ANJOS, L. H. C.; FREIXO, A. A. Proposição de valores de referência para a Concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 699–705, 2006.

FADIGAS, F. S. **Estimativas das concentrações naturais (pseudo-total) de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em solos brasileiros e proposição de valores de referência utilizando técnicas da estatística multivariada**. 2002. 116f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M. **Distúrbio fisiológico em vidieira no Submédio São Francisco. Petrolina, Embrapa Semiárido**, 2004. 4p. (Comunicado técnico nº117).

FERRARI, V. **A sustentabilidade da vitivinicultura através de seus próprios resíduos**. 2010. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade de Caxias do sul, 2010.

GALANI-NIKOLAKAKI, S.; KALLITHRAKAS-KONTOS, N.; KATSANOS, A. A. Trace element analysis of cretan wines and wine products. **The Science of the total environment**, v. 285, p. 155-163, 2002.

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. Porto Alegre: Ed. Renascença, 2008. 368p.

GOLOBOËANIN, D. D.; SKRBIC, B.; MILJEVIC, N. Principal component analysis for soil contamination with PAHs. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 72, n. 2, p. 219-223, 2004.

HERNÁNDEZ, J.; MEURER, E. J. Adsorção de fósforo e sua relação com formas de ferro em dez solos do Uruguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 223-230, 1998.

HORCKMANS, L.; SWENNEN, R.; DECKERS, J.; MAQUIL, R. **Local background concentrations of trace elements in soils: A case study in the Grand Duchy of Luxembourg**. *Catena*, Amsterdam, v. 59, n. 3, 2005. 279–304 p.

JACKSON R.S. Wine science – Principles, practice, perception. **Academic Press**, San Diego, California, EUA, v. 2, 2000. 649 p.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3 ed. Boca Raton, CRC Press, 2001. 413 p.

KIRKBY E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Tradução: Suzana Oellers Ferreira. Informações Agronômicas, 2007. 9 p. (Encarte Técnico nº 118)

LAKATOS, B. T.; MEISEL, T. J. **EPR spectra of humic acids and their metal complexes**. *Geoderma*, v.19, p. 319-338, 1977.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LASAT, M.M. Phytoextraction of toxic metal: a review of biological mechanisms. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 31, p. 109-120, 2002.

LAYBAUER, L.; BIDONE, E. D. Partição de metais pesados em águas superficiais impactadas por mineração - Minas do Camaquã - RS. **Geochimica Brasiliensis** v. 12, p. 055-062, 1998.

LIMA, J. S. **Apostila do Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo**. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002. 1p.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibrium in soils**. New York, John Wiley & Sons. 1979. 449p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**, Editora UFV. Viçosa- MG, 2005. 451p.

MARSCHNER, H. **Zinc uptake from soils**. In: ROBSON, A. D. (Ed.). International Symposium on Zinc in Sols and Plants, 1993, Perth. Proceedings. Perth, 1993. 59-71 p.

MOTTA, A. C.; REEVES, D. W.; TOUCHTON, J. T. Tillage intensity effects on chemical indicators of soil quality in two coastal plain soils. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, p. 913-932, 2002.

MORAGHAN, J. T.; MASCAGNI JUNIOR, H. J. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R.M. (Eds.). Micronutrients in agriculture. 2° ed. Wiseonsin, **Soil Science Society of America**, 1991. p. 371-425.

NADAL, M.; LAMPREAVE, M. **Experiencias de riego en la D.O. Montsant. Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid**, Editorial Agrícola Española S. A., Madrid, 2007. 231-256 p.

NASCENTES, R. **Estudo da mobilidade de metais em solos residual compactados**. 2006. 153f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. 1° Ed., Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2007.1017p.

NOVAS, R. F; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa- MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 99-110, 2006.

PEREIRA, S. F. P.; KAWAMOTO, M. S. **Estudo químico da concentração total de Fe, Mn, Zn e Cu presentes em sedimentos de margem da região da Volta Grande do Rio Xingu**, 2009.

Disponível em: < http://www.ufpa.br/rcientifica/trab_premiados/artigos/msk.pdf >.

Acesso em 20 de Novembro de 2012.

PIRES, J. L. F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 41-50, 2002.

POMBO, L. C. A.; KLAMT, E. Adsorção de zinco e cobre de dois solos do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 191-194, 1986.

PUIG-DEU, M.; LAMUELA-DAVENTÓS, R. M.; BUXADERAS, S.; TORRE-BORONAT, C. Determination of copper and iron must: Comparison of wet and dry ashinj. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 45, n. 1, p. 25-28, 1994.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEON, A.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B. **Handbook of enology**. 2ª ed., França: John Wiley e Sons, LTDA, v. 2, 2006. 441p.

ROSS, S. M. **Toxic metals in soil-plant systems**. Chichester: John Willey & Sons, 1994. 469p.

SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L. P.; OLIVEIRA, E. Estudo da mobilização de metais e elementos traços em ambientes aquáticos do semiárido brasileiro aplicando análises de componentes principais. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1107-1111, 2008.

SCHWERTMANN, U. Solubility and dissolution of iron oxides. **Plant Soil**, n. 130, p. 1-25, 1991.

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R. M. Iron oxides. In: DIXON, J. B; WEED, S. B. (Ed.). Minerals in soil environments. **Soil Science Society of America**, Madison, 1989. p. 379-438

SHARMA, K. N.; DEB, D. L. Effect of soil moisture tension and soil compaction on self-diffusion coefficient of zinc in soils of varying texture. **Journal of Nuclear Agricultural and Biology**, v. 13, p. 18-120, 1984.

SHELLIE, K.; BROWN, B. Influence of deficit irrigation on nutrient indices in wine grape (*Vitis vinifera* L.). **Agricultural Sciences**, v. 3, n. 2, p. 268-273, 2012.

SHRIVASTAVA, R.; UPRETI, R. K.; SETH, P. K.; CHATURVEDI, U. C. **Fems Immunology Mededical Microbioly**, v. 34, p. 1, 2002.

SILVA, F. C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2º ed. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: Word congress on computers in agriculture, 7, Reno-NV-USA: **American society of agricultural and biological engineers**, 2009.

SILVA, D. J.; ARAÚJO, C. A. S. Agricultura irrigada: a importância da adubação. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005, p. 30. CD-ROM

SILVA, J. A. M. **Irrigação lateralmente alternada e com deficit hídrico na videira cv. Petite Syrah**. 2006, 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 275-374.

SOFO, A.; NUZZO, V.; TATARANI, G.; MANFRA, M.; NISCO, M.; SCOPA, A. Berry morphology and composition in irrigated and non-irrigated grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 169, p. 1023–1031, 2012.

TACK, F. M. G.; RANST, E.; LIEVENS, C.; VANDENBERGHE, R. E. Soil solution Cd, Cu and Zn concentrations as affected by short-time drying or wetting: The role of hydrous oxides of Fe and Mn. **Geoderma**, v.137, p. 83–89, 2006.

TONIETTO, J. **Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France : méthodologie de caractérisation**. 1999, 233f. Thèse (Doctorat)-École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier – ENSA - M,1999.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental Health Criteria 200 - Copper**. Geneva, 1998, 382p.

UREN, N.C. Forms, reactions, and availability of nickel in soils. **Advances in Agronomy**, v. 48, p.141-203, 1992.

XUE, H.; NHAT, P. H.; GACHTER, R.; HOODA, P. S. The transport of Cu and Zn from agricultural soils to surface water in a small catchment. **Advances in Environmental Research**, v. 8, p. 69 – 76, 2003.

CAPÍTULO II

INFLUÊNCIA DE ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE VINHOS SYRAH NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Vanessa de Souza Oliveira ⁽²⁾, Giuliano Elias Pereira ⁽³⁾, Augusto Miguel N. Lima ⁽⁴⁾,
Alessandra Monteiro Salviano Mendes ⁽⁵⁾, Luís Henrique Bassoi ⁽⁵⁾, Russaika Lírio
Nascimento ⁽²⁾

RESUMO

O uso da irrigação com restrição hídrica tem sido um dos principais recursos para controlar o vigor vegetativo de videiras nos últimos anos, uma vez que a composição da uva é fortemente influenciada pelo estado hídrico. Os minerais presentes no vinho são originados a partir da absorção pelas raízes e concentração na baga de uva, os quais têm participação na estabilidade e características físico-químicas dos vinhos. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de diferentes estratégias de irrigação sobre as características físico-químicas de vinhos Syrah no Vale do Submédio São Francisco. Os tratamentos consistiram de: IP (irrigação plena); IDC (irrigação com déficit controlado) e ID (irrigação com déficit). Definida a maturação ideal as uvas foram colhidas com valores considerados adequados para a elaboração de vinhos jovens. Após a elaboração, estabilização e engarrafamento, foram realizadas análises físico-químicas que consistiram na determinação da densidade, álcool, pH, acidez total e volátil, dióxido de enxofre livre e total, índice de polifenóis totais, intensidade de cor e antocianinas totais. Também foram determinados os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), K (potássio), Na (sódio), manganês (Mn), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), e dos

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF. Recebido para publicação em

⁽²⁾ Mestrando (a) em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Av. Antônio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, Juazeiro - BA, CEP: 48902-300.

⁽³⁾ Pesquisador (a) Embrapa Semiárido, BR 428, km 152, cx postal 23, Petrolina - PE, CEP: 56.302-970.

⁽⁴⁾ Professor, Colegiado de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Av. Antônio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, Juazeiro – BA, CEP: 48902-300.

⁽⁵⁾ Pesquisador Embrapa Uva e Vinho/Semi-Árido, BR 428, km 152, cx postal 23, Petrolina - PE, CEP: 56.302-970.

metais pesados cádmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni) e chumbo (Pb). Os resultados mostraram que as diferentes estratégias de irrigação influenciaram as características físico-químicas dos vinhos, exceto para SO₂ Total, SO₂ Livre e antocianinas. Os elementos Mg, P, Na, Cu e Mn também tiveram seus teores influenciados pelos tratamentos de irrigação. Os teores de metais pesados (Cd e Cr) e micronutrientes (Fe e Zn) não foram influenciados pelas diferentes estratégias de irrigação. A ACP mostrou-se capaz de segmentar os tratamentos obtidos de uvas de videiras submetidas a diferentes estratégias de irrigação, onde os vinhos demonstraram perfis físico-químicos e minerais diferenciados, com diferentes tipicidades.

Palavras-chave: Minerais, *Vitis vinifera* L., uva, disponibilidade de água, vinhos tropicais.

ABSTRACT

The use of irrigation with water restriction has been one of the main ways to control the vegetative vigor of grapevines in recent years, since the composition of the grape is strongly influenced by water status. The minerals present in wine are originated from the root absorption and concentration in the grape berry, which participate in stability and physicochemical characteristics of the wine. In this context, the present work aimed to evaluate the effects of different irrigation strategies on the physicochemical characteristics of Syrah wines in the Valley of São Francisco. Treatments consisted of: FI (full irrigation); CDI (controlled deficit irrigation) and DI (deficit irrigation). Having defined the optimum ripeness the grapes were harvested with values considered suitable for the development of young wines. After the preparation, stabilization and bottling, physicochemical analyzes were performed to obtain density, alcohol, pH, total and volatile acidity, free sulfur dioxide and total polyphenol index, color intensity and anthocyanins. Were also determined the levels of calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphorus (P), potassium (K), sodium, (Na) manganese (Mn), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn) and the heavy metals cadmium (Cd), chromium (Cr), nickel (Ni) and lead (Pb). The results showed that different irrigation strategies influenced the physicochemical characteristics of the wines, except for Total SO₂, Free SO₂ and anthocyanins. The elements Mg, P, Na, Mn and Cu also had their levels affected by the irrigation treatments. The levels of heavy

metals (Cd and Cr) and micronutrients (Fe and Zn) were not influenced by the different irrigation strategies. The PCA was able to separate treatments obtained from grapes of vines under different irrigation strategies, where the wines showed physicochemical profiles and differentiated minerals with different typicalities.

Keywords: Minerals, *Vitis vinifera* L., grape, water availability, tropical wines.

INTRODUÇÃO

O setor vitivinícola da região do Vale do Submédio São Francisco tem sido destaque internacional, com a produção de vinhos, espumantes e destilados de uva. A produção de vinhos está estimada em 7 milhões de litros/ano, em uma área de 700 hectares, sendo destes 60% espumantes, 35% tintos e 5% brancos (PEREIRA et al., 2007; IBRAVIN, 2009).

O uso da irrigação na viticultura é uma prática comum em regiões de clima seco e quente, como o Nordeste do Brasil, sendo um meio eficaz para a regulação da disponibilidade de água e nutrientes para as videiras, a fim de propiciar o desenvolvimento e qualidade de uvas para elaboração de vinhos (ETCHEBARNE et al., 2009). Nas condições semiáridas do Vale do Submédio São Francisco, a utilização da irrigação torna-se essencial devido à quantidade e irregularidade das chuvas ao longo do ano (BASSOI et al., 2010). Segundo Soares & Costa (2009) no cultivo da videira destinada à elaboração de vinhos, o manejo de água não deve ser realizado no sentido de maximizar a produtividade da uva, mas no sentido de se obter um equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e o reprodutivo da planta, buscando produtividade e qualidade.

A qualidade de um vinho está diretamente relacionada com a composição da uva e do processo de vinificação (RIZZON, 2006). Estes irão conferir ao vinho qualidade química que, de acordo com o que foi previsto para a colheita e elaboração, apresentará diferentes concentrações dos diferentes constituintes, visando o equilíbrio entre as substâncias químicas existentes, como açúcares, alcoóis, fenólicos, pH e acidez. A determinação das propriedades físico-químicas dos vinhos possibilita a visualização da composição e suas características, tanto em relação à legislação vigente, quanto pela busca por produtos com equilíbrio e harmonia.

Uvas destinadas à elaboração de vinhos geralmente são cultivadas sob algum tipo de estresse, seja com relação à nutrição da videira, ou devido a um déficit hídrico proposital, na busca de se obter vinhos de melhor qualidade (CASTELLARIN et al., 2007). A umidade do solo reduzida, resultante do déficit de irrigação, diminui a absorção de nutrientes, reduzindo o vigor da videira pela menor disponibilidade de nutrientes para as superfícies da raiz (KELLER, 2005). O monitoramento do déficit de água durante o cultivo das plantas e, principalmente, durante a maturação das uvas, é importante para a síntese e concentração dos compostos benéficos, como açúcares, redução da acidez, compostos aromáticos e fenólicos, estes sendo responsáveis pelas características sensoriais do vinho (cor, aromas e estrutura), estabilidade da cor e capacidade de envelhecimento (DOSHI et al., 2006; GUERRERO et al., 2009). A quantidade de água a ser aplicada na videira está relacionada aos objetivos da produção, se uvas de mesa ou de vinho, bem como em função dos tipos de vinhos a serem elaborados e do foco da empresa, visando vinhos jovens, com estrutura leve, ou vinhos de guarda, com estrutura tânica intensa (REYNIER, 2007).

A composição de elementos minerais da uva é variada, sendo que estes elementos são absorvidos através do sistema radicular da videira, verificando-se um constante enriquecimento durante a formação e maturação da baga, afetando a composição final do vinho (CATARINO et al., 2007). A composição mineral do vinho contribui para a estabilidade e características analíticas sensoriais, com influência na cor e limpidez. Os cátions e ânions estão naturalmente presentes no mosto e no vinho em teores não tóxicos. No entanto, ao longo do processo tecnológico, podem ocorrer contaminações de origem diversas, dentre elas: práticas culturais, atmosfera, equipamentos utilizados na vinificação, estabilização e conservação (CATARINO, 2006). Metais pesados são elementos minerais também presentes no vinho, e mesmo em concentrações muito baixas afetam sua qualidade (RIBÉREAU-GAYON, 1998). Dentre eles encontram-se o cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cromo (Cr), cádmio (Cd), níquel (Ni) e o chumbo (Pb). A determinação dos metais existentes no vinho está relacionada à qualidade do produto, onde a presença destes íons pode causar alterações sensoriais e instabilidade dos vinhos, devido às interações químicas, além de estar ligada às funções essenciais ou tóxicas nos seres humanos.

Muitos são os trabalhos que apresentam ferramentas estatísticas

multivariadas na avaliação de fatores estudados nos vinhos, a fim de caracterizar seus componentes físico-químicos, permitir visualização gráfica e identificação dos parâmetros mais importantes na discriminação de amostras. Dentre as mais usadas destaca-se a Análise de Componentes Principais (ACP). A ACP é uma das ferramentas estatísticas mais simples e consiste em analisar um conjunto de variáveis e encontrar combinações destas para produzir componentes que não estejam correlacionados entre si na ordem de sua importância, mas que expliquem a variação dos dados (MANLY, 2008; PEREIRA et al., 2007).

A realização de estudos que visem avaliar os efeitos da disponibilidade de água em videiras sobre os teores de minerais e suas relações com as características físico-químicas no Vale do Submédio São Francisco são escassos. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a composição físico-química de vinhos obtidos a partir de uvas de videira cv. Syrah submetidas a diferentes estratégias de irrigação no Vale do Submédio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vinhedo instalado no Campo Experimental de Bebedouro da Embrapa Semiárido, localizado em Petrolina-PE, em latitude 09° 09'S, longitude 40° 22' O e altitude de 366 m. Segundo o Sistema de Classificação Climática Multicritérios Geovitélica, a região apresenta clima do tipo IS₁ IH₆ IF₁, com seca moderada, muito quente e de noites quentes (TONIETTO, 1999). Os valores médios anuais das variáveis climatológicas foram: temperatura do ar de 26,5 °C, precipitação pluvial de 541,1 mm, umidade relativa do ar de 65,9%, evaporação do tanque classe "A" de 2.500 mm ano⁻¹ e velocidade do vento de 2,3 m s⁻¹. A precipitação é irregularmente distribuída no espaço e no tempo, concentrando-se nos meses de dezembro a abril; a insolação anual é superior a 3.000 h (AZEVEDO et al., 2003). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (SILVA, 2005), apresentando as seguintes características físicas e químicas, Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico sob cultivo de videira com diferentes estratégias de irrigação

Profundidade	DS	DP	Areia	Silte	Argila	pH _(água)	CE	H+Al
cm	--kg dm ⁻³ --		-----g kg ⁻¹ -----			1:2,5	dS m ⁻¹	cmol _c dm ⁻³
0-10	1,32	2,53	765,38	123,94	106,73	6,79	0,38	1,29
10-20	1,37	2,53	756,70	112,40	130,89	6,57	0,32	1,62
20-40	1,35	2,51	716,93	113,66	169,40	6,41	0,21	1,59
40-60	1,32	2,52	746,86	140,78	112,35	6,27	0,28	1,74
60-80	1,32	2,53	742,59	130,64	119,50	5,87	0,24	1,71
Profundidade	SB	CTC	MO	P	K	Ca	Mg	Na
cm	cmol _c dm ⁻³		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----			
0-10	7,80	9,03	27,41	113,25	0,52	4,80	2,65	0,09
10-20	6,50	8,04	12,90	96,64	0,53	3,74	2,47	0,08
20-40	5,70	7,50	7,32	91,85	0,34	3,32	2,22	0,06
40-60	5,30	6,99	5,69	54,90	0,29	3,03	1,98	0,06
60-80	5,20	7,11	4,23	28,16	0,29	2,84	2,03	0,05

DS - densidade do solo; DP - densidade das partículas; CEes - Condutividade elétrica no extrato de saturação; SB - Soma de bases; CTC - Capacidade de troca de cátions; MO - Matéria orgânica; IP - irrigação plena; IDC - irrigação com déficit controlado; ID - irrigação com déficit.

A cultivar de uva estudada foi a Syrah, enxertada sobre o porta-enxerto 'Paulsen 1103'. O plantio das videiras foi realizado em 30 de abril de 2009 no espaçamento 3,0 x 1,0 (3 m entre fileiras e 1 m entre plantas). Durante o plantio foi realizada adubação de formação com aplicação de calcário (200 g por metro linear), esterco de caprinos (40 m³ ha⁻¹) e superfosfato simples granulado (18% P₂O₅) (50 g planta⁻¹). Na adubação de produção foi aplicado apenas esterco caprino na dose de 0,02m³ planta⁻¹. O sistema de condução das plantas é espaldeira ascendente com duplo cordão esporonado. O período de formação do parreiral (crescimento vegetativo) ocorreu até 13 de abril de 2010, quando se realizou a poda para o início do primeiro ciclo de produção, sendo que esse estudo foi realizado no terceiro ciclo de produção, de 10 de Maio de 2011 a 08 de Setembro de 2011. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento com emissores espaçados de 0,5 na linha de plantas. Os defensivos químicos utilizados no controle de pragas e doenças na área durante o experimento foram o Equation® e Forum® no controle do míldio, na dose

de 100g 100L⁻¹ (duas aplicações), respectivamente; Rumo® no controle da broca dos ramos na dose de 8g 100L⁻¹ (uma aplicação). Para o controle da Ferrugem, foi aplicado de Rubigam® na dose de 35g 100L⁻¹ (uma aplicação); e para Oídio aplicou-se o Amistar® e Cabrio top® na dose de 60g 100L⁻¹(uma aplicação).

Cada parcela foi composta por 48 plantas, sendo 2 fileiras com 24 plantas. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com três tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de três estratégias de irrigação, sendo elas: IP (irrigação plena, sem a restrição de água às videiras durante todo o ciclo de produção); IDC (irrigação com déficit controlado, onde a aplicação de água foi interrompida desde o pegamento dos frutos, mas realizou-se irrigação eventualmente para manter a umidade de 70-80% da capacidade de armazenamento de água na camada até 60 cm de profundidade), e ID (irrigação com déficit, onde a aplicação de água foi interrompida desde o pegamento dos frutos até a colheita).

Durante a maturação das uvas, foram amostrados, aleatoriamente, três cachos por bloco para cada tratamento, coletando-se sempre cachos inteiros e saudáveis, para avaliação e determinação da data da colheita. Foram colhidos e determinados a massa individual e o peso de cachos. Depois de colhidas, as uvas foram encaminhadas para o Laboratório de Enologia da Embrapa Semiárido e mantidas em câmara fria a 10 °C por 24 h, evitando-se oxidações e degradações prematuras pela alta temperatura para posteriormente serem processadas.

A vinificação foi realizada em triplicata pelo método tradicional (PEYNAUD, 1997). Foram processados 27 kg de uvas para cada tratamento de irrigação (IP, IDC e ID). Inicialmente, as uvas foram desengaçadas e levemente esmagadas, com aplicação de metabissulfito de potássio (50 mg L⁻¹) para evitar a oxidação prematura. O mosto então foi transferido para cubas de vidro, adicionando-se 20 g 100 L⁻¹ de mosto de levedura *Saccharomyces cerevisiae* em sala climatizada a 25°C para a realização da fermentação alcoólica. Diariamente, foi determinada a densidade e a temperatura do mosto durante a vinificação, bem como realização de remontagens para a aeração do mosto, com o intuito de promover a multiplicação celular das leveduras. Depois de verificado a densidade abaixo de 993, o que coincidiu com o término da fermentação alcoólica, com cinco dias, foi realizada a descuba e a trasfega, separando-se a parte sólida da parte líquida do vinho. Os vinhos foram então levados para outra sala climatizada a 18°C, para a realização da fermentação

malolática. Após o fim da fermentação malolática, cerca de 30 dias, os vinhos foram estabilizados em câmara fria a 0° C por 30 dias. Decorrido o tempo de estabilização, foi realizada a correção de SO₂ dos vinhos para 40 mg L⁻¹ de SO₂ livre, engarrafados e armazenados em sala com temperatura controlada a 18°C, sendo analisados 30 dias depois de engarrafados. Para a caracterização físico-química, mineral e metais pesados dos vinhos foram utilizadas três garrafas de vinho de cada tratamento, sendo as análises realizadas em três repetições.

As análises físico-químicas consistiram na determinação do pH, acidez total titulável, teor alcoólico, densidade, extrato seco, acidez volátil, dióxido de enxofre livre e total, índice de polifenóis totais e antocianinas totais nos vinhos.

O pH foi determinado utilizando-se o potenciômetro previamente calibrado. A acidez total titulável foi determinada por titulometria com NaOH 0,1mol L⁻¹. A densidade do vinho foi determinada em balança hidrostática, enquanto o extrato seco foi obtido a partir da diferença entre o valor da densidade do vinho e o valor do destilado do vinho.

A determinação da acidez volátil foi realizada utilizando-se o Destilador Eletrônico Enoquímico seguido da titulação com NaOH 0,1 mol L⁻¹ e iodo 0,02 mol L⁻¹, conforme metodologia proposta pela OIV (1990).

O dióxido de enxofre livre e o total foram determinados segundo metodologia proposta por Rizzon (2010). O índice de polifénóis totais (IPT) foi determinado por espectrofotometria UV visível e a análise das antocianinas totais foi realizada utilizando o método da OIV (1990).

Determinou-se os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), K (potássio), Na (sódio), manganês (Mn), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), e dos metais pesados cádmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni) e chumbo (Pb).

O K e Na foram determinados por fotometria de emissão de chama. Os teores de Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA). Os teores dos metais Cd, Cr, Ni e Pb foram determinados por espectrometria de plasma indutivamente acoplado ICP-OES. Todas as análises foram realizadas segundo procedimentos propostos por RIZZON & SALVADOR (2010).

Os resultados das características físico-químicas foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5%

de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico ASSISTAT 7.6.

Para facilitar e complementar a visualização dos resultados foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP) aos dados, com o auxílio do programa estatístico STATISTICA 7.0 (STATSOFT, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos de irrigação apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) para o peso médio de cacho (Tabela 2). O tratamento com irrigação plena (IP) apresentou maior massa individual de cachos por planta de 150 g, em relação ao tratamento ID de 110 g e ao tratamento IDC de 120 g. Em condições de estresse hídrico, bagas normalmente são menores devido à menor disponibilidade de água para a alongação celular (ESTEBAN et al., 2002), refletindo em um menor peso de cachos. BASSOI et al. (2011) mostraram que o déficit hídrico geralmente resulta em bagas menores e modifica a composição do fruto, confirmando os resultados encontrados neste estudo.

Tabela 2. Peso médio de cacho (g) por planta de videiras cv. Syrah submetidas a diferentes estratégias de irrigação, sendo irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID)

Tratamento	IP	IDC	ID
Peso médio de cacho por planta (g)	150a	120b	110b

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Características Físico-Químicas dos Vinhos

Os resultados obtidos dos vinhos em função das estratégias de irrigação mostraram que os parâmetros físico-químicos antocianinas totais, SO₂ total e SO₂ livre não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Características físico-químicas de vinhos obtidos a partir de uvas de videira cv. Syrah submetidas a diferentes estratégias de irrigação, sendo irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

Parâmetros	Tratamentos		
	IP	IDC	ID
Densidade	0,9917 ± 0,00a	0,9908 ± 0,00ab	0,9900 ± 0,00b
Álcool (°GL)	13,90 ± 0,40b	15,39 ± 0,34a	15,76 ± 0,22a
pH	3,90 ± 0,00a	3,83 ± 0,06ab	3,80 ± 0,00b
Acidez Total (g L ⁻¹)	4,80 ± 0,52b	5,25 ± 0,26ab	5,85 ± 0,00a
Acidez Volátil (g L ⁻¹)	0,71 ± 0,07ab	0,66 ± 0,00b	0,80 ± 0,03a
SO ₂ Total (mg L ⁻¹)	36,69 ± 5,91a	45,22 ± 5,91a	44,37 ± 7,39a
SO ₂ Livre (mg L ⁻¹)	25,60 ± 1,28a	23,89 ± 2,96a	23,89 ± 1,48a
IPT (I 280)	49,03 ± 2,36b	55,56 ± 2,80a	60,00 ± 0,72a
Intensidade de Cor	4,64 ± 0,65b	6,13 ± 0,20a	7,18 ± 0,42a
Antocianinas (mg L ⁻¹)	513,58 ± 30,66a	560,53 ± 53,07a	532,98 ± 13,30a

Linhas seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. IPT - índice de polifenóis totais; SO₂ livre e total - dióxido de enxofre livre e total.

De modo contrário, foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) para os parâmetros densidade, álcool, pH, IPT, intensidade de cor, acidez total e volátil. Para densidade e pH os maiores valores ocorreram no tratamento com irrigação plena (IP) em relação ao tratamento com irrigação com déficit (ID), enquanto que os parâmetros álcool, IPT e intensidade de cor, os maiores valores foram observados nos tratamentos com irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID).

O valores de pH nos vinhos do tratamento IP foram maiores em relação ao tratamento ID, apresentando média de 3,9 e 3,8, respectivamente. Estes valores são considerados elevados, uma vez que para vinhos tintos, é desejável que o valor de pH esteja entre 3,3 e 3,6, conforme trabalhos realizados por RIZZON et al., (1997), em condições de clima temperado. Em regiões tropicais, o valor de pH superior, conforme observado em trabalhos realizados por AMORIM et al., (2005), que afirmaram que os valores mais elevados de pH podem ocorrer pela maior absorção de minerais (cátions), favorecida pela maior quantidade de água aplicada.

Geralmente, os vinhos que apresentam valores de pH iguais ou superiores a 3,9 mostram-se mais susceptíveis à oxidação, a perdas de aromas frescos e evolução da coloração (RIZZON; MIELE, 2002).

O maior teor alcoólico foi obtido no tratamento ID de 15,76 °GL e no tratamento IDC de 15,39 °GL (Tabela 3), sendo que este valor está acima dos estabelecidos pela legislação, cujo intervalo permitido varia de 8,6 a 14 °GL para vinhos de mesa (BRASIL, 2004). As condições climáticas da região favorecem a extensão do período de maturação e o acúmulo de açúcar nas uvas, pelos elevados índices de insolação e temperaturas. Por outro lado, o aumento na concentração de açúcares na uva é atribuído a uma possível desidratação, bem como uma redução do peso dos cachos e diâmetro das bagas em decorrência dos tratamentos de déficit hídrico (ID e IDC), pela maior relação película/polpa, favorecida pela menor disponibilidade de água para elongação celular (CONDE et al., 2007; ESTEBAN et al., 2002). Pela Tabela 2, pode-se verificar que os tratamentos com menor peso de cachos (ID e IDC) foram aqueles que proporcionaram maiores valores de álcool nos vinhos (Tabela 3), enquanto que o tratamento IP proporcionou os maiores valores de peso de cachos e menores valores de teor alcoólico.

Os valores de acidez total encontrados neste trabalho estão dentro dos valores estabelecidos pela legislação, que permite variação de 4,12 a 9,75 g L⁻¹ de ácido tartárico (BRASIL, 2004). Os maiores valores de acidez total foram encontrados nos tratamentos ID, enquanto que os menores valores para o IP (Tabela 3). Os maiores valores podem ser justificados pela maior aplicação de água no tratamento, o que diminui o estresse por parte da planta, diminuindo provavelmente também o catabolismo sofrido pelo ácido málico, o que pode ser comprovado também em trabalhos anteriores.

A acidez volátil corresponde ao conjunto dos ácidos graxos da série acética encontrados nos vinhos. Seus valores representam um indicativo do estado sanitário e da gravidade de algumas alterações microbiológicas que ocorrem nos vinhos. Valores baixos são ideais sob o ponto de vista qualitativo (RIZZON & SALVADOR, 1987). O valor de acidez volátil neste trabalho encontra-se dentro os valores estabelecidos pela legislação brasileira de no máximo 20 meq L⁻¹ ou 1,2 g L⁻¹ (BRASIL, 1999) para todos os tratamentos avaliados.

As concentrações médias de dióxido de enxofre livre e total variaram de 23,89 mg L⁻¹ a 25,60 mg L⁻¹ e 36,69 mg L⁻¹ a 45,22 mg L⁻¹, respectivamente. Estes valores são considerados um bom indicador de equilíbrio na elaboração dos vinhos. Sendo as doses empregadas variam de acordo, principalmente com o grau de maturação da uva e da sanidade.

O teor de polifenóis totais é um parâmetro de qualidade em vinhos, principalmente por ser responsáveis pelas características visuais, estrutura, bem como as propriedades sensoriais e antioxidantes, destacando o papel das antocianinas e dos taninos (MONAGAS et al., 2005). Os maiores teores de IPT foram obtidos nos tratamentos ID e IDC. Comportamento semelhante ocorreu para os valores de índice de cor (Tabela 3).

As diferentes estratégias de irrigação possibilitam características distintas dos vinhos entre os tratamentos avaliados, permitindo a elaboração de vinhos diferenciados, através de técnicas de vinificação utilizadas como, por exemplo, o assemblage.

Aplicação do estresse hídrico (ID) resulta em maior área superficial específica de casca (menor peso), em função do maior número de bagas de menor tamanho (Tabela 2). Tal fato tem importância para a extração de polifenóis retidos na casca por ocasião da maceração (SANTOS et al., 2009). Isto explica os maiores teores encontrados nos tratamentos com déficit hídrico para este trabalho. Resultados semelhantes foram encontrados por PEREIRA et al. (2009) que observaram variações no IPT, sendo os maiores valores determinados em vinhos tropicais 'Syrah', no Vale do Submédio São Francisco, obtidos de uvas do tratamento irrigação parcial com deficit, seguido dos vinhos do tratamento irrigação com deficit regulado e por último, com menores valores, os vinhos do tratamento de irrigação plena.

Para o parâmetro antocianinas não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. De acordo com Reynier (2007) & Deloire et al. (2004) afirmam que a presença de antocianinas no mosto de uva é afetada pela irrigação. Freeman et al. (1983) também relataram um aumento nos teores de antocianina e fenóis totais, devido à redução da lâmina de irrigação para diferentes cultivares avaliadas, entre elas 'Cabernet Franc' e 'Syrah'.

Composição Mineral

Na tabela 4 estão listados os teores médios de cada mineral analisado nos vinhos em função das diferentes estratégias de irrigação.

Os teores de Ca normalmente encontrados nos vinhos situam-se entre 60 mg L⁻¹ e 110 mg L⁻¹ (RIZZON ; SALVADOR, 2010). Os teores analisados neste trabalho

encontram-se um pouco abaixo desta faixa para todos os tratamentos avaliados, apresentando níveis semelhantes entre os tratamentos, com no mínimo 48,46 mg L⁻¹ e no máximo 52,74 mg L⁻¹ (Tabela 4). O conhecimento da concentração de cálcio nos vinhos é importante, já que seu teor está relacionado com a precipitação do tartarato de cálcio, que acontece lentamente e, geralmente, após o seu engarrafamento, podendo também colaborar com o aumento do pH dos vinhos, diminuindo a estabilidade e conservação dos produtos.

Tabela 4. Composição mineral do vinho c.v Syrah submetida a diferentes estratégias de irrigação, sendo irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID)

Elementos (mg L ⁻¹)	Tratamentos		
	IP	IDC	ID
Ca	48,46a	52,74a	48,46a
Mg	95,18b	100,47a	95,14b
P	97,67a	85,67b	70,68c
K	1796,75a	1789,43a	1804,07a
Na	8,23c	26,06a	15,64b
Cu	0,32a	0,13b	0,26ab
Fe	0,88a	0,85a	0,72a
Mn	1,79b	2,12a	1,84b
Zn	0,61a	0,60a	0,59a
Cd	0,04a	0,05a	0,05a
Cr	0,02a	0,01a	0,01a
Ni	-	-	-
Pb	-	-	-

Os teores de Mg nos vinhos do tratamento IDC foram mais elevados em relação aos tratamentos IP e ID, com 100,47 mg L⁻¹, 95,18 mg L⁻¹ e 95,14 mg L⁻¹, respectivamente, estando de acordo com os valores estabelecidos na literatura, que pode variar de 80 mg L⁻¹ a 120 mg L⁻¹ (GARCIA, 1988). Pereira et al., (2007), avaliando vinhos do Nordeste Brasileiro, encontram teores de magnésio na faixa entre 56,5 mg L⁻¹ a 130,9 mg L⁻¹. Por outro lado, estes valores estão acima dos citados por Rizzon & Salvador (2010), que encontraram teores entre 50 mg L⁻¹ e 90 mg L⁻¹. Assim como o Ca, a concentração do magnésio (Mg) nos vinhos pode estar relacionada com os teores no solo (Tabela 1), além dos agentes filtrantes, pela

concentração de álcool no vinho e outros constituintes, como no caso dos tartaratos e sulfatos (GARCIA, 1988).

Os teores de fósforo (P) para os vinhos do tratamento IP foram superiores ao tratamento ID, com valores médios de 97,67 mg L⁻¹ e 70,68 mg L⁻¹, respectivamente. Os minerais presentes nos vinhos são extraídos principalmente da película da uva durante o processo de maceração (RIZZON et al. 2008). Em condições de aumento da umidade do solo, em níveis não excessivos, faz com que o fósforo se torne mais disponível para as plantas, sendo o que pode ter contribuído neste estudo para uma maior extração deste elemento pelas uvas, nas condições de maior disponibilidade de água no tratamento com irrigação plena (IP).

O P é encontrado normalmente em teores que variam de 50 mg L⁻¹ a 120 mg L⁻¹ (GARCIA, 1988), estando os teores encontrados neste estudo dentro desta faixa estabelecida para todos os tratamentos avaliados. Sua presença nos vinhos favorece uma característica mais acentuada do aroma e do sabor e quando em teores elevados, ocorre a formação de precipitados de fosfato férrico, conhecido como casse férrica, causando turvações (GAYON et al., 2003).

Os teores de K foram semelhantes em todos os vinhos avaliados dos três tratamentos, sendo que os valores estiveram entre 1789,43 mg L⁻¹ (IDC) e 1804,07 mg L⁻¹ (ID), concordando com os resultados encontrados por PEREIRA et al. (2007), com valores entre 1835,9 mg L⁻¹ e 3671,8 mg L⁻¹, em diferentes vinhos tintos do Nordeste brasileiro. De modo contrário, os teores encontrados estão acima do estabelecidos pela literatura, de 400 mg L⁻¹ a 1.500 mg L⁻¹, em condições de clima temperado e solo do Sul do Brasil (RIZZON; SALVADOR, 2010). Estas variações podem ser explicadas pelas características edafoclimáticas da região.

Os elevados teores do K no vinho podem ocasionar a formação e precipitação do bitartarato de potássio. Por isso, a quantificação deste elemento no vinho é importante, a fim de evitar precipitações, através das técnicas como a estabilização pelo tratamento a frio ou pelo uso de resinas trocadoras de íons (DAUDT; GARCIA, 1987). Apesar dos teores elevados desse elemento nesse estudo, não foram observadas formações de precipitados nos vinhos. Além disso, os altos valores de potássio podem estar relacionados aos elevados valores de pH, o que pode causar problemas de instabilidade microbiológica e rápida evolução e degradação dos vinhos (PEYNAUD, 1997).

A concentração de Na está relacionada com a utilização de produtos enológicos na vinificação e com a origem geográfica, ou seja, onde foi produzida a uva e elaborado o vinho (RIZZON et al. 2008). A legislação brasileira coloca como teores máximos de Na 200 mg L^{-1} , enquanto que Rizzon & Salvador (2010) afirmam que os teores indicados na literatura estão compreendidos entre 5 mg L^{-1} e 50 mg L^{-1} , para o Sul do Brasil, que são limites compatíveis com os resultados verificados neste trabalho. Os valores determinados no trabalho foram de $26,06 \text{ mg L}^{-1}$ para o tratamento IDC, de $8,23 \text{ mg L}^{-1}$ para o IP e $15,64 \text{ mg L}^{-1}$ para o ID.

Os teores de Cu para os vinhos do tratamento IP foram superiores ao tratamento IDC, com valores médios de $0,32 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,13 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. O Cu do mosto pode ter origem nos tratamentos fitossanitários efetuados na videira ou através de contato do mosto e do vinho com materiais que o contenham (RIZZON et al., 2008). Desta forma, independente dos tratamentos de irrigação avaliados, os teores de Cu encontrados neste estudo estão relacionados aos fungicidas a base de cobre utilizados no controle de míldio da videira em campo (Forum®).

A concentração máxima de Cu permitida nos vinhos é de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ (RIZZON et al. 2008). Todas as amostras avaliadas dos tratamentos estão dentro do limite estabelecido pela literatura e de acordo com o encontrado por Pereira et al. (2007), de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ a $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ em vinhos do Nordeste brasileiro.

O Fe é um cátion encontrado em todos os vinhos, sendo importante o conhecimento da sua concentração, uma vez que o mesmo participa dos processos de turvação e oxidação nos vinhos quando se encontra em concentrações elevadas. Os teores nos vinhos foram semelhantes entre os tratamentos avaliados, com médias de $0,72 \text{ mg L}^{-1}$ a $0,88 \text{ mg L}^{-1}$. Normalmente os teores de Fe nos vinhos variam de 3 mg L^{-1} a 7 mg L^{-1} (RIZZON et al. 2008), estando acima dos teores encontrados para este trabalho, que pode ser explicado pela composição dos solos nos estudos.

Os teores de Mn para os vinhos do tratamento IDC foram superiores ao tratamento IP e ID, com médias de $2,12 \text{ mg L}^{-1}$, $1,79 \text{ mg L}^{-1}$ e $1,84 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Normalmente os teores de Mn variam de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ a $3,5 \text{ mg L}^{-1}$ (RIZZON; SALVADOR, 2010), estando os teores encontrados neste trabalho dentro destes limites. A concentração de Mn é uma característica da região produtora, geralmente vinhedos cultivados em solos ácidos há maior disponibilidade desse

elemento para a videira e, conseqüentemente, no mosto e nos vinhos (ALVARENGA et al., 2004).

O Zn é encontrado nos vinhos em níveis muito baixos, sendo que um aumento eventual pode ser em conseqüência do contato com certos materiais galvanizados ou de certas ligas com este metal (FLANZY, 2000). Os teores de Zn permaneceram entre 0,59 a 0,61 mg L⁻¹ para os tratamentos avaliados. Esses resultados estão no limite estabelecido por Rizzon & Salvador (2010) de 0,4 mg L⁻¹ a 2,0 mg L⁻¹.

A presença de metais pesados no vinho está diretamente relacionada com o desenvolvimento da atividade industrial e com a poluição gerada. De acordo com Ribéreau-Gayon et al. (1998), todos os cátions minerais estão presentes naturalmente nos mostos e vinhos em teores não tóxicos (presença endógena). Os teores de Cd permaneceram entre 0,04 mg L⁻¹ e 0,05 mg L⁻¹ para todos os tratamentos avaliados, estando coerentes aos teores médios citados por Barbaste et al. (2003); Lima et al. (2004), que mostraram que os vinhos normalmente apresentam teores inferiores a 5 mg L⁻¹, enquanto que Catarino (2000) encontrou valores entre 0,28 mg L⁻¹ e 1,24 mg L⁻¹, em vinhos portugueses.

De acordo com a literatura, os teores de Cr normalmente apresentam-se em concentrações inferiores a 0,06 mg L⁻¹ nos vinhos (GREENOUGH et al., 1997; LENDINEZ et al., 1998). Os vinhos provenientes dos tratamentos estudados apresentaram média de 0,01 mg L⁻¹ (Tabela 4).

Análise de Componentes Principais

A estatística multivariada, através da Análise de Componentes Principais (ACP), foi aplicada sobre os dados, para que sejam avaliadas se os valores encontrados poderiam discriminar os grupos, bem como quais variáveis seriam mais importantes para representar cada grupo. Desta forma, de acordo com a Figura 1, a ACP aplicada sobre todos os resultados obtidos, entre os resultados das análises clássicas e dos minerais dos vinhos, discriminou muito bem os três tratamentos de irrigação. A CP1 e CP2 explicaram 67,32% da variabilidade total. Nesta Figura, as amostras encontram-se representadas por vértices, onde cada vértice representa uma replicata realizada, sendo que a proximidade entre elas representa uma boa repetibilidade entre as avaliações. Já as variáveis físico-químicas e minerais

avaliadas apresentam-se representadas como vetores, cujas resultantes decompostas em cada eixo explicam a segmentação das amostras com relação aos eixos. Quanto maior a resultante de um dado vetor em um dado eixo mais importante é o atributo para segmentar as amostras naquele eixo. Assim, a ACP é importante para ilustrar graficamente a semelhança ou diferença entre os grupos de indivíduos ou tratamentos, explicar as variações entre os indivíduos, e identificar as fontes ou causas das variações. No caso do estudo, as variáveis são a composição físico-química e os minerais presentes nos vinhos, elaborados a partir de três estratégias de irrigação. A CP1 explicou 47,98%, enquanto que a CP2 explicou 19,34% da variabilidade.

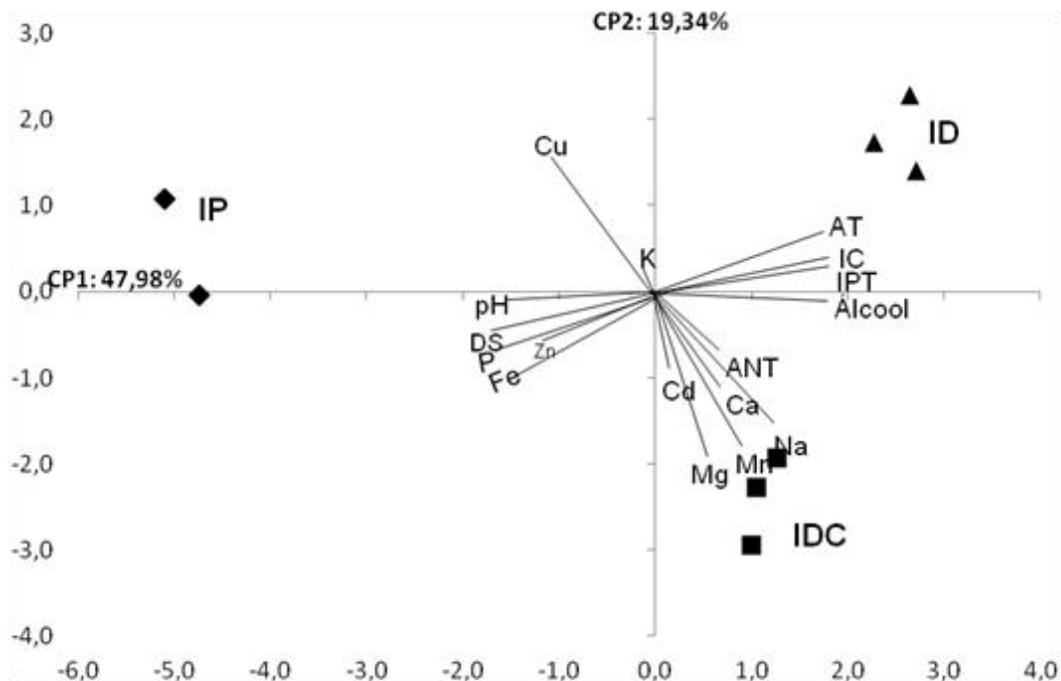


Figura 1. ACP obtida a partir dos resultados da composição físico-química e dos minerais dos vinhos elaborados dos três tratamentos, com diferentes estratégias de irrigação, sendo: IP (irrigação plena), IDC (irrigação com déficit controlado), ID (irrigação com déficit); onde: densidade (DS), teor alcoólico, pH, acidez total (AT), Intensidade de cor (IC), Antocianinas (ANT), Índice de polifenóis totais (IPT), Cobre (Cu), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Sódio (Na), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Cádmi (Cd) e Cromo (Cr). O gráfico CP1 x CP2 explicou 67,32% da variabilidade total.

A ACP separou os vinhos em três grupos distintos de acordo com sua composição físico-química e mineral. O primeiro grupo foi formado pelos vinhos elaborados com uvas do tratamento IP (irrigação plena), localizado na parte negativa da CP1, que foram caracterizados pelos minerais Cu e K, para o teor de Cu os maiores valores foram encontrados para este tratamento e para o tratamento ID, já o K não apresentou diferença entre os tratamentos avaliados (Tabela 4). O segundo grupo foi formado pelos vinhos do tratamento ID (irrigação com déficit), localizado na parte positiva do eixo x (CP1), que se caracterizaram pela acidez total, índice de cor, IPT e teor alcoólico, as maiores médias para estes parâmetros foram encontrados neste tratamento e no tratamento IDC (Tabela 3). O terceiro grupo formou-se pelo vinho IDC (irrigação com déficit controlado), caracterizado pelos minerais Mn, Mg, Na, Ca e Cd, e pelas antocianinas totais. Todos esses resultados mostrados na ACP podem ser confirmados nas Tabelas 3 e 4.

Na figura 2 está apresentado o gráfico da ACP apenas para as variáveis físico-químicas dos vinhos estudados. Os eixos x e y (CP 1 e CP 2) explicaram 90,53% da variabilidade total, relacionado com as características físico-químicas dos tratamentos estudados. O eixo 1 foi o que maior representou essa variação, apresentando, 75,47%, enquanto que o eixo 2 explicou 15,06%. Para o grupo IP, localizado na parte negativa da CP1, as variáveis que representam estes vinhos foram o pH e a densidade relativa (Tabela 3). As variáveis que caracterizaram os vinhos do tratamento IDC, localizados na parte positiva dos eixos x e y, foram as antocianinas, o teor de álcool e o IPT, enquanto que para os vinhos do tratamento ID, localizados nas partes positiva do eixo x e negativa de y, os parâmetros identificados foram índice de cor e acidez total, que explicaram o modelo estatístico. Estes dados podem ser comprovados na Tabela 3, onde estão apresentadas as médias para a composição físico-química dos vinhos.

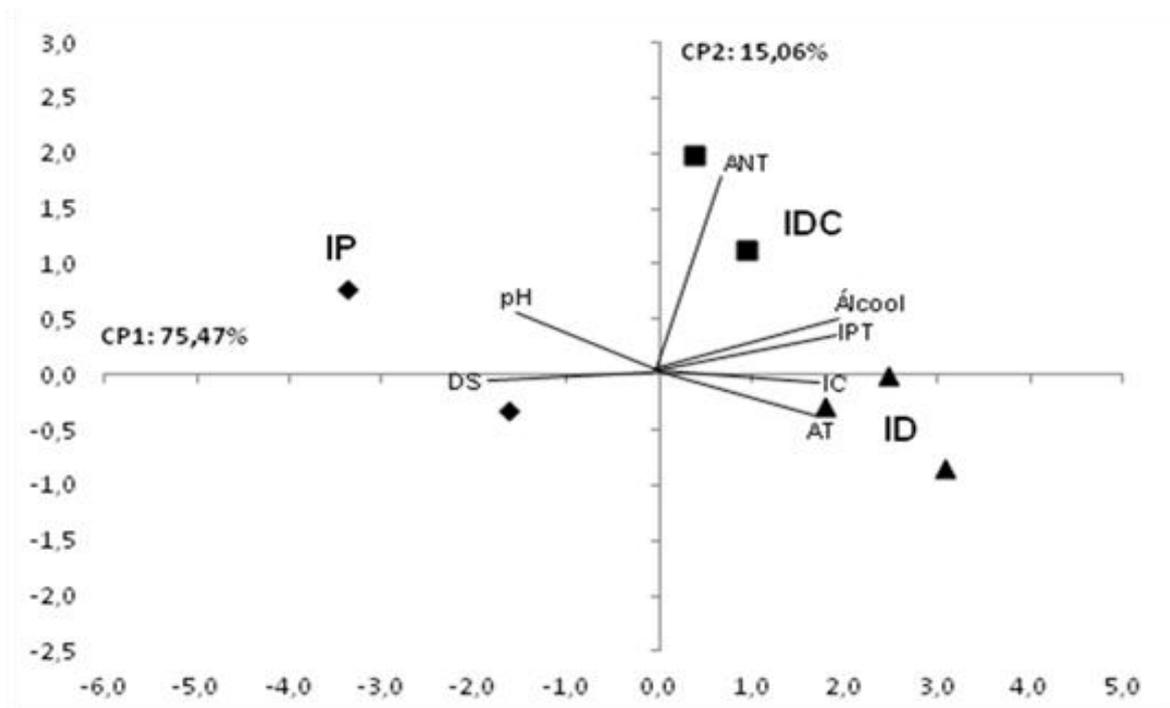


Figura 2. ACP obtida a partir dos resultados da composição físico-química dos vinhos elaborados dos três tratamentos, com diferentes estratégias de irrigação, sendo: IP (irrigação plena), IDC (irrigação com déficit controlado) e ID (irrigação com déficit); onde: densidade (DS), teor alcoólico, pH, acidez total (AT), Intensidade de cor (IC), Antocianinas (ANT), Índice de polifenóis totais (IPT). O gráfico CP1 x CP2 explicou 90,53% da variabilidade total.

Os eixos x e y (CP 1 e CP 2) obtidos com as análises de componentes principais (ACP) da caracterização mineral de vinhos cv. Syrah elaborados a partir de uvas de videiras submetidas a três diferentes estratégias de irrigação no Vale do Submédio São Francisco (IP, IDC e ID) (Figura 3) explicaram 66,92% da variabilidade total. O eixo 1 explicou 40,32%, enquanto que o eixo 2 (y) explicou 26,60%.

Os elementos minerais que caracterizaram os vinhos do grupo IP, localizados na parte negativa do eixo x, e que mais contribuíram para representar esse tratamento, foram o Fe, Cr, Zn, Cu e P. Em relação aos vinhos do tratamento IDC, localizados nas partes positivas dos eixos x e y, os minerais que os caracterizaram foram Mn, Mg, Na e Cd. Para os vinhos do tratamento ID, localizados nas partes positivas do eixo x e negativa do eixo y, foi caracterizado inversamente em relação

aos minerais Fe, Cr, Zn, Cu e P. Todos esses resultados mostrados na ACP podem ser confirmados na Tabela 4. Para os elementos Fe, Cr e Zn, representando os vinhos do grupo IP, o Cd, dos vinhos do grupo IDC, e do Ca, dos vinhos do tratamento ID, apesar de não terem apresentados diferenças significativas pelo teste Tukey (Tabela 4), foram significativos nas análises multivariadas por ACP.

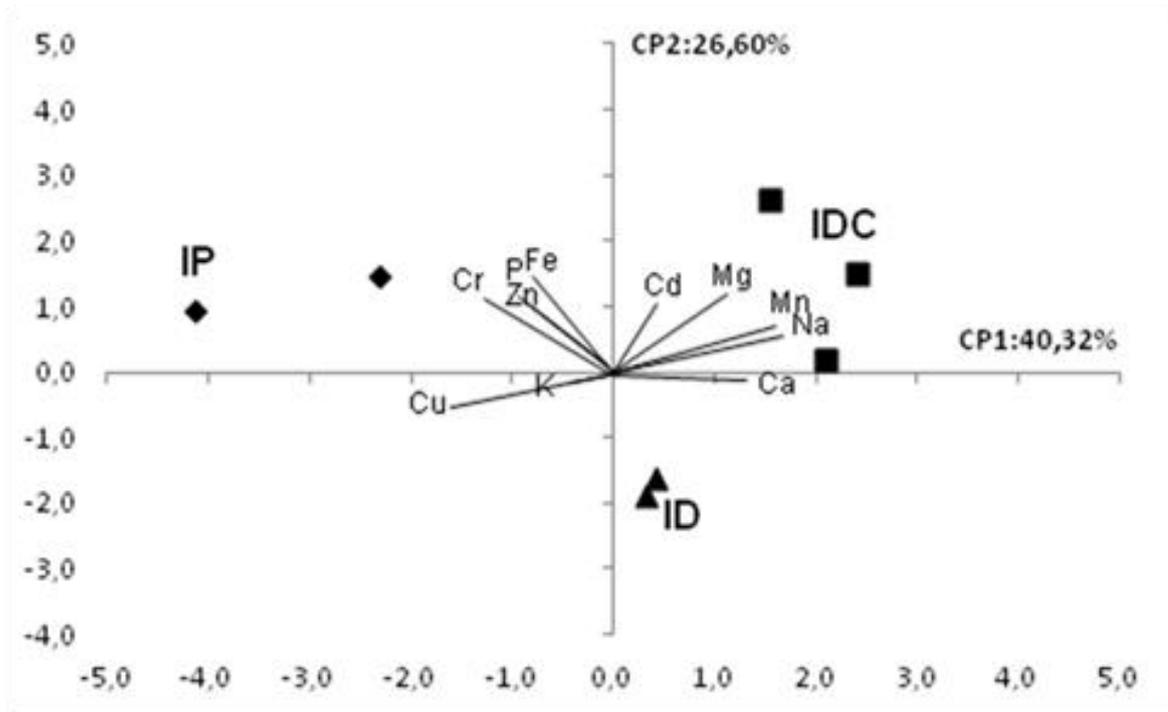


Figura 3. ACP obtida a partir dos resultados da composição mineral dos vinhos elaborados dos três tratamentos, com diferentes estratégias de irrigação, sendo: IP (irrigação plena), IDC (irrigação com déficit controlado) e ID (irrigação com déficit); onde: Cobre (Cu), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Sódio (Na), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Cádmio (Cd) e Cromo (Cr). O gráfico CP1 x CP2 explicou 66,92% da variabilidade total.

Comparando-se os três gráficos ACPs obtidos a partir de todos os dados, somente das análises físico-químicas e somente dos minerais, pode-se verificar que as análises físico-químicas foram mais sensíveis às variações das estratégias de irrigação, quando comparadas com as análises dos minerais. Isto porque a porcentagem das variáveis explicadas na CP1 foi de 75,47%, enquanto que para todas as variáveis foi de 47,98%, e 40,32% para as variáveis minerais. Desta forma,

as análises clássicas foram mais discriminantes que os minerais neste estudo.

O presente estudo também permitiu mostrar que os vinhos obtidos a partir das diferentes estratégias de irrigação apresentaram diferentes características e potencial enológico. Isto sugere que, cruzando-se as características analíticas, com as quantidades de água aplicadas em cada tratamento, com os custos com as diferentes quantidades de lâminas d'água, possa ser identificado um manejo específico para a elaboração de vinhos específicos. Por exemplo, a irrigação plena, em que a aplicação de água ocorre desde a poda até a colheita, provavelmente apresenta um custo de produção maior, e possibilita a produção de uvas e elaboração de vinhos jovens, com pouco estrutura tânica, mais baratos, mas em grandes produções e volumes. Já os tratamentos com déficit, com menor quantidade de água aplicada, possibilitariam a produção de uvas mais concentradas, a elaboração de vinhos com maior estrutura, em menor quantidade, mas em valores mais elevados. Assim, dependendo do nicho de mercado, pode-se escolher por determinado tipo de estratégia de irrigação, objetivando-se a obtenção de vinhos comerciais.

CONCLUSÕES

1. As diferentes estratégias de irrigação influenciaram a composição físico-química dos vinhos avaliados, exceto para antocianinas nas análises univariadas, mas com significância e caracterizando os vinhos do tratamento de irrigação com déficit controlado, na análise multivariada.
2. Os tratamentos com irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) favoreceram maiores teores de álcool, IPT e índice de cor.
3. As diferentes estratégias de irrigação influenciaram nos teores de Mg, P, Na, Cu e Mn nos vinhos avaliados.
4. O tratamento com irrigação com déficit controlado (IDC) favoreceu maiores teores de Mg, Na e Mn, enquanto o teor de P foi maior no tratamento com irrigação plena (IP).

5. Os teores de metais pesados (Cd e Cr) e micronutrientes (Fe e Zn) não tiveram influência das diferentes estratégias de irrigação.

6. A ACP mostrou-se capaz de segmentar os tratamentos obtidos de uvas de videiras submetidas a diferentes estratégias de irrigação, onde os vinhos demonstraram perfis físico-químicos e minerais diferenciados, com diferentes tipicidades.

7. As diferentes estratégias de irrigação favoreceram diferentes composições físico-químicas dos vinhos, possibilitando a obtenção de produtos com características específicas, para atender diferentes consumidores, com diferentes paladares. A escolha da estratégia de irrigação a ser implementada, bem como o tipo de vinho a ser elaborado, dependerá do nicho de mercado que as vinícolas desejam abordar.

AGRADECIMENTOS

A Embrapa Semiárido e a UNIVASF pelo apoio financeiro necessário para realização do trabalho e a Capes pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, D. A.; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A. Produção extemporânea da Videira, cv. Syrah, nas condições do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 327-331, 2005.

ALVARENGA, A. A.; REGINA, M. A.; FRÁGUAS, J. C.; SILVA, A. L.; CHALFUN, N. N. J. Absorption des nutriments et croissance des porte-greffes de vignes en présence d'aluminium. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 38, n. 2, p. 119-129, 2004.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in Northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 58, n. 1, p. 241-25, 2003.

BARBASTE, M.; MÉDINA, B.; PEREZ-TRUJILLO, J. P. Analysis of arsenic, lead and cadmium in wines from the Canary Islands, Spain, by ICP-MS. **Food Additives and Contaminants**, v. 20, n. 2, p. 141-148, 2003.

BASSOI, L. H.; BRAGA, C. M.; SIMÕES, W. L. O. **Cultivo da Videira - Irrigação e Fertilização**. Embrapa Semiárido Sistemas de Produção, 2ª edição, ISSN 1807-

0027, 2010. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira_2ed/irrigacao.html>. Acesso em 13 de Maio de 2011.

BASSOI, L. H.; GONÇALVES, S. O.; SANTOS, A. R. L.; SILVA, J. A.; LIMA, A. C. M. Influência de manejos de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e de produção da videira cv. Syrah / Paulsen 1103. **Irriga**, v. 16, n. 4, p. 395 - 402, 2011.

BRASIL. Lei n. 10970 de 16 de novembro de 2004. Altera dispositivos da Lei n. 7678 de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados de uva e do vinho e dá outras providências. DOU: Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Padrões de Identidade e Qualidade - Vinho, Derivados da Uva e do Vinho. Brasília, DF: Coordenação de Inspeção Vegetal e Serviço de Inspeção Vegetal, 1999, 25 p.

CASTELLARIN, S. D.; PFEIFFER, A.; SIVILOTTI, P.; DEGAN, M.; PETERLUNGER, E.; DI GASPERO, G. Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruits of grapevine under seasonal water deficit. **Plant, Cell & Environment**, 30, p. 1381-1399, 2007.

CATARINO, S. C. G. **A ocorrência de chumbo e cádmio em vinhos.** 2000, 133f. Dissertação (Mestrado em Enologia e Viticultura) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Lisboa, 2000.

CATARINO, S. C. G. **Metais contaminantes nos vinhos. Ocorrência por influência das bentonites.** 2006, 160f. Tese (Doutorado em Agroindustrial) - Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia, 2006.

CATARINO, S. C. G.; CURVELO-GARCIA, A. S.; SOUZA, R. F. X. B. Revisão: Elementos Contaminantes nos Vinhos. **Ciência e Técnica Vitivinícola**. v. 22, n. 2, p. 45-61, 2007.

CONDE, C.; SILVA, P.; FONTES, N.; DIAS, A. C. P.; TAVARES, R. M.; SOUSA, M. J.; AGASSE, A.; DELROT, S.; GERÓS, H. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. **Food**, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2007.

DAUDT, C. E.; GARCIA, N. G.; RIZZON, L. A. Minerais em videiras, mostos e vinhos. II - minerais em mostos, sua utilização durante a fermentação e presença em vinhos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 7, n. 2, p. 189-204, 1987.

DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A.; WANG, Z.; OJEDA, H. Vine and water: a short review. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 38, n. 1, p. 1-13, 2004.

DOSHI, P.; ADSULE, P.; BANERJEE, K. Phenolic composition and antioxidant activity in grapevine parts and berries (*Vitis vinifera* L.) cv. Kishmish Chorny (Sharad Seedless) during maturation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 1, n. 41, p. 1-9, 2006.

ESTEBAN, M. A.; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE, J. R. Relationships between different berry components in Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) grapes from irrigated and nonirrigated vines during ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 82, p. 1136-1146, 2002.

ETCHEBARNE, F.; OJEDA, H.; DELOIRE, A. Grape berry mineral composition in relation to vine water status and leaf area/fruit ratio. In: ROUBELAKIS - ANGELAKIS, K. A. (Ed.). **Grapevine Molecular Physiology & Biotechnology**. Springer, 2009. p. 53–72.

FLANZY, C. **Enología: Fundamentos Científicos y tecnológicos**. Madrid: Mundi Prensa, 2000. 783p.

FREEMAN, B.M.; KLEWER, W.M. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on carignane vines. II - Grape and Wine quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 34, p. 197-207, 1983.

GARCIA, A. S. C. **Controlo de Qualidade dos Vinhos – Química Enológica – Métodos analíticos**. Instituto da Vinha e do Vinho, Lisboa, 1988, 420p.

GAYON, P. R.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. **Tratado de Enología: Microbiología Del Vino Vinificaciones**. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sul, 2003, 654p.

GUERRERO, R. F.; LIAZID, A.; PALMA, M.; PUERTAS, B.; GONZÁLEZ-BARRIO, R.; GIL-IZQUIERDO, A.; GARCÍA-BARROSO, C.; CANTOS-VILLAR, E. Phenolic characterisation of red grapes autochthonous to Andalusia. **Food Chemistry**, n. 112, p. 949-955, 2009.

GREENOUGH J.D.; LONGERICH H.P.; JACKSON S.E. Element fingerprinting of Okanagan Valley wines using ICP-MS: Relationships between wine composition, vineyard and wine colour. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 3, p. 75-83. 1997.

IBRAVIN – **Instituto Brasileiro de Vinhos**, 2009: Disponível em: <<http://www.ibravin.org.br/brasilvitivinicola.php>>. Acessado em 25 de Dezembro de 2011.

KELLER, M. Deficit irrigation and vine mineral status. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 56, p. 267-283, 2005.

LENDINEZ E.; LOPEZ C.; CABRERA C.; LORENZO M.L. Determination of chromium in wine and other alcoholic beverages consumed in Spain by electrothermal atomic absorption spectrometry. **Journal of AOAC international**, v. 8, n. 5, p. 1043-1047, 1998.

LIMA M. T. R.; CABANIS M. T.; ATOS L.; CASSANAS G.; KELLY M. T.; BLAISE A. Determination of lead and cadmium in vineyard soils, grapes and wines of the

Azores. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 38, n. 3, p. 163-170, 2004.

MANLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução. Porto Alegre: Artmed, 2008. 229p.

MONAGAS, M.; BARTOLOMÉ, B. A.; CORDOVÉS C. G. Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine. *Critical Reviews. Food Science and Nutrition*, London, n. 45, p. 85-118, 2005.

OIV - Office International de la Vigne et du Vin. **Recueil des methodes internatioanles d'analyse des vinset des mouts**. Paris, 1990. 368p.

PEREIRA, G. E.; BASSOI, L. H.; GUERRA, C. C. Influência do manejo de irrigação e do porta-enxerto sobre as características analíticas de vinhos tintos tropicais Syrah elaborados no Vale do Submédio São Francisco, Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE VITICULTURA Y ENOLOGIA, 12., 2009, Uruguay. **Anais...** Asociación de Enólogos, 2009. CD-ROM

PEREIRA, G. E.; SOARES, J. M.; GUERRA, C. C.; ALENCAR, Y. C. L.; LIRA, M. M. P.; LIMA, M. V. D. O.; SANTOS, J. **Caractérisation de vins rouges tropicaux produits au Nord-Est du Brésil**. In: GERMAN VITICULTURE CONGRESS WINE IN MOTION, 2007, p. 59.

PEREIRA, G. E.; GAUDILLERE, J. P.; VAN LEEUWEN, C.; HILBERT, G.; MAUCOURT, M.; DEBORDE, C.; MOING, A.; ROLIN. 1H NMR metabolic profile of wines from three cultivars, three soil types and two contrasting vintages. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 41, n. 2, p. 103-109, 2007.

PEYNAUD, E. **Connaissance et travail du vin**. Editora Dunod, Paris, 1997, 341p.

REYNIER, A. **Manuel de viticulture**. 10. éd., Paris: Tec & Doc Editions, 2007, 532p.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Traité d'oenologie**. Chimie du vin stabilisation et traitements. Paris: Dunod, 1998, 519p.

RIZZON, L. A. **Sistema de produção de vinho tinto: Recebimento da uva**. Sistemas de Produção - EMBRAPA Uva e Vinho - CNPUV. Bento Gonçalves, 2006. Disponível em:
<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/VinhoTinto/recebimento.htm>>
Acessado em 28 de Abril de 2011.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. **Ciência Rural de Santa Maria**, v. 32, n. 3, p. 511-515, 2002.

RIZZON, L. A.; SALVADOR, M. B. G. **Teores de cátions dos vinhos da microrregião homogênea vinicultora de Caxias do Sul**. Bento Gonçalves. Embrapa – CNPUV, 1987. 4p. (Comunicado Técnico nº4).

RIZZON, L. A.; SALVADOR, M. B. G. **Metodologia para Análise de Vinho**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 1º ed., 2010. 120 p.

RIZZON, L. A.; SALVADOR, M. B. G.; MIELE, A. Teores de cátions dos vinhos da Serra Gaúcha. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3. p. 635-641, 2008.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. Efeito da fermentação malolática na composição do vinho tinto. **Ciência Rural**, v. 27, n. 3, p. 497-500, 1997.

SANTOS A. O. A.; KAYE, O. Composição quali-quantitativa da produção de 'Syrah' cultivada sob estresse hídrico transiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 272–281, 2009.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. Irrigação da cultura da videira. In: LEÃO, P. C. S.; SOARES, J. M. (Eds.). **A viticultura no Semiárido Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009, p. 147-212.

SILVA, D. J.; ARAÚJO, C. A. S. Agricultura irrigada: a importância da adubação. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. CD-ROM

STATSOFT, INC. **Programa computacional Statistica 7.0** . E.A.U. 2004

TONIETTO, J. **Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France : méthodologie de caractérisation**. 1999, 233f. Thèse (Doctorat)-École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier - ENSA-M, 1999.

4. CONCLUSÕES GERAIS

1. De modo geral, os teores de micronutrientes e metais pesados no solo apresentaram um padrão estocástico em relação às distintas estratégias de irrigação. Por outro lado, as diferentes estratégias de irrigação não influenciaram os teores de micronutrientes e metais pesados na folha de videira e os teores de metais pesados na uva.
2. As diferentes estratégias de irrigação influenciaram a composição físico-química dos vinhos avaliados, exceto para antocianinas nas análises univariadas, mas com significância e caracterizando os vinhos do tratamento de irrigação com déficit controlado, na análise multivariada. Os tratamentos com irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação com déficit (ID) favoreceram maiores teores de álcool, IPT e índice de cor.
3. O tratamento com irrigação com déficit controlado (IDC) favoreceu maiores teores de Mg, Na e Mn nos vinhos avaliados, enquanto o teor de P foi maior no tratamento com irrigação plena (IP). Por outro lado, os teores de metais pesados (Cd e Cr) e micronutrientes (Fe e Zn) no vinho não tiveram influência das diferentes estratégias de irrigação.
4. A análise de componentes principais (ACP) mostrou-se capaz de segmentar os tratamentos obtidos de uvas de videiras submetidas a diferentes estratégias de irrigação, onde os vinhos demonstraram perfis físico-químicos e minerais diferenciados, com diferentes tipicidades.
5. As diferentes estratégias de irrigação favoreceram diferentes composições físico-químicas dos vinhos, possibilitando a obtenção de produtos com características específicas, para atender diferentes consumidores, com diferentes paladares. A escolha da estratégia de irrigação a ser implementada, bem como o tipo de vinho a ser elaborado, dependerá do nicho de mercado que as vinícolas desejam abordar.