

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**INFLUÊNCIA DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO SOBRE ASPECTOS DA
ECOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DA VIDEIRA CV. SYRAH**

SIMONE DE OLIVEIRA GONÇALVES

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em
Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU-SP

Agosto – 2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**INFLUÊNCIA DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO SOBRE ASPECTOS DA
ECOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DA VIDEIRA CV. SYRAH**

SIMONE DE OLIVEIRA GONÇALVES

Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique Bassoi

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do Título de Mestre em
Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU-SP

Agosto – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G635i Gonçalves, Simone de Oliveira, 1983-
Influência de manejo de irrigação sobre aspectos da ecofisiologia e
produção da videira CV. Syrah / Simone de Oliveira Gonçalves. - Botucatu :
[s.n.], 2011
 xiii, 53 f. : il. color., gráfs., tabs.

 Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu,
2011
 Orientador: Luís Henrique Bassoi
 Inclui bibliografia

 1. Solos - Umidade. 2. Uva - Ecofisiologia. 3. Uva - Irrigação. 4.
Videira. 5. Vinho e vinificação. I. Bassoi, Luís Henrique. II. Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade
de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

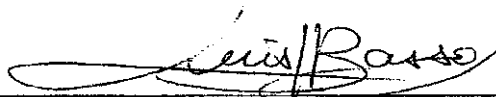
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "INFLUÊNCIA DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO SOBRE ASPECTOS DA
ECOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DA VIDEIRA CV. SYRAH"**

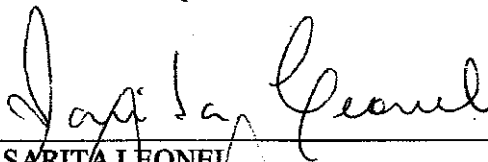
ALUNA: SIMONE DE OLIVEIRA GONÇALVES

ORIENTADOR: PROF. DR. LUÍS HENRIQUE BASSOI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LUÍS HENRIQUE BASSOI



PROFª DRª SARITA LEONEL



PROF. DR. ANTONIO ODAÍR SANTOS

Data da Realização: 25 de agosto de 2011.

Dedico

A ***Deus***, por me dar a oportunidade de poder escolher estar aqui e não permitir que eu abrisse mão de mais essa vitória e conquista. Mesmo quando tudo parecia conspirar contra, Ele novamente conduziu-me para a direção certa, me mostrou o caminho e eu venci.

Aos meus pais, ***Mário Jorge*** e ***Marísia***, meu porto seguro, meu alicerce, minha fonte inexaurível de amor, confiança, motivação, fé e incentivo. Eu posso até andar sozinha, mas sem soltar das suas mãos. ***Amor irrestrito.***

À minha irmã, ***Angélica*** e ao meu sobrinho ***Jorge Augusto***, sempre tão atenciosos e carinhosos. Amor verdadeiro.

Ao meu noivo, ***Vagner***, pela compreensão, incentivo, atenção, amor e carinho. ***Amor companheiro.***

A todos os meus familiares, amigos e colegas, pelas orações e constantes manifestações de afeto, amor, carinho e respeito, em especial, à minha tia/madrinha/amiga ***Sirlene***, pelo grande apoio e estímulo. ***Amor indispensável.***

Ofereço

Aos meus pais:

Mário Jorge e Marísia.

Amo vocês !!!

Dê sempre o melhor... e o melhor virá.

Às vezes as pessoas são egocêntricas, ilógicas e insensatas...

Perdoe-as assim mesmo.

Se você é gentil, as pessoas podem acusá-lo de egoísta e interesseiro...

Seja gentil assim mesmo.

Se você é um vencedor, terá alguns falsos amigos e alguns inimigos verdadeiros...

Vença assim mesmo.

Se você é honesto e franco, as pessoas podem enganá-lo...

Seja honesto e franco assim mesmo.

O que você levou anos para construir, alguém pode destruir de uma hora para outra...

Construa assim mesmo.

Se você tem paz e é feliz, as pessoas podem sentir inveja...

Seja feliz assim mesmo.

O bem que você faz hoje Pode ser esquecido amanhã...

Faça o bem assim mesmo.

Dê ao mundo o melhor de você, mas isso pode nunca ser o bastante...

Dê o melhor assim mesmo.

E veja você que, no final das contas,

É entre você e Deus e nunca entre você e eles!

Madre Teresa de Calcutá

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos que me foram concedidas, pela disposição para o trabalho, pela minha saúde, pela minha felicidade, pelas amizades conquistadas e por todas as minhas realizações pessoais e profissionais.

Aos meus pais Mário e Marisia, grandes incentivadores, que nunca mediram esforços para que eu pudesse chegar até aqui e por serem os maiores motivadores, me mostrando sempre que eu posso ir além.

A todos os meus familiares, irmã, sobrinho, tios (as), primos (as), vovô e vovó, sogro e sogra pelo imenso amor, carinho, atenção e dedicação que sempre demonstraram por mim.

Ao meu noivo Vagner pela compreensão, apoio, incentivo e amor, demonstrados pela superação da distância e da ausência.

À Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade de realização do curso de mestrado, em especial ao curso de Pós-graduação em Agronomia - Irrigação e Drenagem e ao coordenador do curso Professor Dr. João Carlos Cury Saad.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

À Embrapa Semiárido pela disponibilidade e infraestrutura para realização do trabalho.

Ao Professor Dr. Luís Henrique Bassoi, pela orientação, apoio, dedicação, atenção, disponibilidade e compreensão com que me recebeu, sempre reconhecendo minha capacidade e respeitando minhas limitações.

Aos funcionários do Campo Experimental de Bebedouro, Hélio, Raimundo e Expedito, pelo auxílio nas atividades realizadas durante a condução do experimento.

Aos participantes do projeto “Manejo de água e nutrientes em videira de vinho no Vale do São Francisco”, Araci Medrado e Juliano Athayde, que contribuíram na realização de coleta de dados, com os quais pude contar com a amizade e carinho sempre, em especial à Ana Rita Leandro, colega de trabalho e amiga particular, pela ajuda profissional e pessoal e à sua

família, Oli, Kaio e Lucas, por terem me recebido em sua casa, permitindo uma convivência tão próxima durante o período em que estive em Petrolina.

Aos outros amigos com quem tive o prazer de conviver pessoal e profissionalmente: Danilo Olegário, Lucileide Brandão, Míriam Clébia, Marlon Rocha, Patrícia Nascimento, Russaika Nascimento, Ana Júlia, Eliel Nascimento, Bruno Ricardo, Joselina Correia, Tamires Nunes, José Francisco e ao pesquisador Dr. Davi José Silva.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

A todos que estiveram em meu caminho, colocando ou retirando pedras.

Agradeço.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS.....	XII
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 Cultivo da videira de vinho no Submédio São Francisco.....	7
2.2 Necessidades hídricas da videira de vinho.....	8
2.3 Influência da água na videira de vinho.....	9
2.4 Manejos de irrigação em videira de vinho.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Localização da área experimental.....	16
3.2 Manejo de irrigação.....	16
3.3 Determinação da umidade do solo.....	20
3.4 Armazenamento da água no solo.....	21
3.5 Determinação do potencial hídrico foliar de base.....	22
3.6 Determinação de aspectos quantitativos e qualitativos da produção de uvas	23
3.7 Delineamento estatístico.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Precipitação no ciclo de produção.....	25
4.2 Evapotranspiração da cultura corrigida (ETc') e lâmina bruta de irrigação.....	26
4.3 Armazenamento de água no solo.....	27
4.3.1 Variação do armazenamento da água no solo entre as camadas em um mesmo dia de leitura de sonda de neutrons.....	31
4.3.2 Variação do armazenamento de água no solo entre duas leituras consecutivas de leitura de sonda de neutrons	32
4.4 Potencial Hídrico Foliar de Base.....	34
4.5 Aspectos quantitativos da produção de uvas.....	35

4.6 Aspectos qualitativos da produção de uva.....	40
5. CONCLUSÕES.....	43
6. REFERÊNCIAS.....	44

Lista de Figuras

	Página
1 Croqui da área experimental.....	24
2 Valores de precipitação pluvial (mm) registrados durante o ciclo de produção da videira cultivar Syrah/Paulsen 1103.....	25
3 Valores corrigidos da evapotranspiração da cultura (ET_c , mm dia ⁻¹) e lâmina bruta aplicada (LB, mm) de irrigação durante o ciclo de produção da videira Syrah/Paulsen 1103.....	27
4 Armazenamento da água no solo (A, mm) entre 1 e 44 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), nas camadas do solo de 0,15 m, 0,30 m, 0,45 m e 0,60 m de profundidade.....	27
5 Armazenamento da água no solo (A, mm) entre 1 e 44 dias após a poda de produção (dapp) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), nas camadas do solo de 0,75 m, 0,90 m, 1,05 m e 1,20 m de profundidade.....	28
6 Armazenamento da água no solo (A, mm) entre 48 e 112 dias após a poda de produção nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), nas camadas do solo de 0,15 m, 0,30 m, 0,45 m e 0,60 m de profundidade.....	29
7 Armazenamento da água no solo (A, mm) entre 48 e 112 dias após a poda de produção nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), nas camadas de solo de 0,75 m, 0,90 m, 1,20 m e 1,50 m de profundidade.....	30
8 Variação do armazenamento da água no solo em um mesmo dia de leitura de sonda de neutrons (ΔA_c , mm) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID) nas camadas do solo de 0,15, 0,30, 0,45, 0,60 e 0,75 m profundidade.....	31
9 Variação do armazenamento da água no solo (ΔA_c , mm) em um mesmo dia de leitura de sonda de neutrons nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com	

	déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID) nas camadas de solo de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m profundidade.....	32
10	Variação do armazenamento da água no solo (ΔA_c , mm) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID) entre duas leituras consecutivas de sonda de neutrons nas camadas de solo de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m	33
11	Variação do armazenamento da água no solo (ΔA_c , mm) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID) entre duas leituras consecutivas de sonda de neutrons nas camadas de solo de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m de profundidade.....	34
12	Potencial hídrico foliar de base (Ψ_{pd}) da videira Syrah/ Paulsen1103 durante o período de produção, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID) aos 56, 70, 86, 99 e 113 dias após a poda de produção (dapp).....	35

Lista de Tabelas

	Página
1 Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao número total de cachos por parcela (un).....	36
2 Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID), irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao número total de cachos por planta (un).....	36
3 Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa individual de cachos (g).....	37
4 Resultados do teste Tukey a 1% de probabilidade nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa individual de cachos (g).....	37
5 Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID), irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa total de cachos por planta (kg).....	38
6 Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao rendimento total de cachos (ton ha^{-1}).....	38
7 Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID), irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa de 100 bagas (g).....	39
8 Resultado do teste Tukey a 1% de probabilidade nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa de 100 bagas (g).....	39
9 Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao volume de mosto de 100 bagas (mL).....	40
10 Resultado do teste de Tukey a 5 % de probabilidade nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao	

	volume do mosto de 100 bagas (mL).....	40
11	Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à acidez titulável (AT) do mosto (g L ⁻¹).....	41
12	Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID), e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à acidez titulável (AT) do mosto (g L ⁻¹).....	41
13	Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao pH do mosto	41
14	Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao teor de sólidos solúveis (TSS).....	42

RESUMO

A irrigação é uma prática importante no cultivo de espécies frutíferas no Semiárido brasileiro, devido à precipitação pluvial com baixa magnitude, distribuição temporal irregular e insuficiente para atender a demanda hídrica das culturas agrícolas. Assim, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes manejos de irrigação na videira de vinho cv. Syrah/1103P, no comportamento ecofisiológico da cultura e em seus aspectos quantitativos e qualitativos da produção de uvas. O experimento foi conduzido na Embrapa Semiárido, em Petrolina – PE, durante o primeiro ciclo de produção da cultura (13 de abril a 6 de agosto de 2010). O espaçamento da cultura foi de 3m entre linhas de plantas e 1 m entre plantas. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com emissores espaçados a 0,5 m na linha de plantio com vazão de $2,5 \text{ Lh}^{-1}$. O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com 4 repetições e 3 tratamentos: irrigação plena (IP) – irrigação durante todo o ciclo da cultura; irrigação deficitária (ID) – interrupção da irrigação a partir dos 45 dias após a poda de produção (dapp) até a colheita; e irrigação com déficit controlado (IDC) – interrupção da irrigação aos 45 dapp e irrigações eventuais para o aumento da umidade do solo na profundidade efetiva do sistema radicular (0,6 m). O manejo da irrigação foi baseado na evapotranspiração da cultura (ET_c) estimada pela relação entre a evapotranspiração de referência (ET_o) e coeficientes da cultura (K_c). A partir de 45 dapp e até a colheita (115 dapp), a umidade do solo até a profundidade de 1,20 m foi menor nos tratamentos IDC e ID

em relação ao tratamento IP. Os maiores valores de potencial hídrico foliar de base, -0,42 MPa, foram encontrados aos 56 dapp no tratamento IDC, e -0,5 MPa aos 99 dapp no tratamento ID. A imposição do deficit hídrico não ocasionou em diferenças quanto à produtividade agrícola da videira, teor de sólidos solúveis das bagas e pH do mosto, porém, nas plantas irrigadas durante todo o ciclo de produção foram encontrados maiores valores quanto à massa individual dos cachos, massa de 100 bagas e acidez total titulável do mosto. Palavras-chave: *Vitis vinifera* L., potencial hídrico foliar de base, umidade do solo, uva de vinho.

INFLUENCE OF IRRIGATION MANAGEMENT ON ECOPHYSIOLOGY AND YIELD ASPECTS OF WINE GRAPE CV. SYRAH.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Author: SIMONE DE OLIVEIRA GONÇALVES

Adviser: LUÍS HENRIQUE BASSOI

SUMMARY

Irrigation is important practice in the fruit crop growing in the Brazilian Semiarid region, due to low magnitude rainfall, with irregular time distribution, which is not enough to supply water demand by plants. Hence, a research work was designed to evaluate the effects of different irrigation schedulings on wine grapevine, particularly on plant ecophysiological behavior and yield. The experiment was carried out at Embrapa Tropical Semi-Arid, in Petrolina, State of Pernambuco, Brazil, during the first crop growing season (April 13 to August 6, 2010) of grapevine cv. Syrah grafted on Paulsen 1103 rootstock, planted on grid spacing of 3 m between rows and 1m between plants. Drip irrigation system was used with 2.5 L.h⁻¹ flow emitter spaced in 0.5 m. The experiment was designed in randomized blocks, with 4 replications and 3 irrigation treatments: full irrigation (FI) - irrigation throughout the entire growing season; deficit irrigation (DI) - water application interrupted since 45 days after pruning (dap) until harvest; e regulated deficit irrigation (RDI) - irrigation interrupted since 45 dap but occasionally performed to increase soil water storage in the effective root zone (0,6 m depth). Irrigation scheduling was performed based on crop evapotranspiration (ET_c), which was estimated by the relationship between reference evapotranspiration (ET_o) and crop coefficients (K_c). Soil water content at 1.2 m depth from 45 dap to 115 dap (harvest), was lower in DI and RDI treatments, when compared with FI treatment. Higher pre-dawn leaf water potential values were found in RDI treatment at 56 dap (-4.2 MPa), and in DI treatment at 99 dap (-5 MPa). The water deficit did not cause differences on grapevine yield, total soluble solid content of berries, must pH, but increase individual cluster weight, 100 berries weight, and total titratable acidity of must, in comparison with grapevines irrigated throughout the entire growing season.

Keywords: *vitis vinifera* L., pre-dawn leaf water potencial, soil water content, wine grape.

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma das principais atividades agrícolas da região do Submédio São Francisco, no Nordeste brasileiro, onde a área de cultivo da videira tem apresentado grande importância sócio econômica, graças, em parte, à prática da irrigação. No entanto, poucas são as informações existentes na literatura sobre a relação do manejo de irrigação na videira de vinho e o comportamento ecofisiológico nas condições edafoclimáticas do Semiárido brasileiro, onde a videira apresenta crescimento vegetativo e contínuo durante o ano. A maior parte das informações refere-se ao comportamento da videira em condições de clima temperado, onde existe um período de repouso vegetativo (dormência) durante o inverno.

No Submédio do Vale do São Francisco, a vitivinicultura tem evoluído no sentido de aprimorar a aplicação de práticas agronômicas que visem melhorar a qualidade da produção vinícola, uma vez que a composição da uva é um fator determinante para a qualidade dos vinhos dessa região caracterizados como jovens, frutados e aromáticos, denominados “vinhos do sol”, que estão conquistando cada vez mais o mercado brasileiro e europeu.

As condições climáticas dessa região caracterizam-se pela alta disponibilidade de radiação solar, intensidade de luz solar e baixa precipitação pluvial, o que leva à necessidade da prática da irrigação para suprir as necessidades hídricas das plantas. Um dos principais problemas encontrados nos vinhedos irrigados para produção de

vinhos de qualidade é o aumento do vigor, causando um desequilíbrio entre área foliar e produção de frutos. Dentre os vários métodos para controlar o vigor, o que mais tem recebido atenção nos últimos anos tem sido o manejo da irrigação. Vinhedos submetidos à irrigação plena durante todo o ciclo de produção são desfavoráveis a produção de vinhos de qualidade. A condição hídrica da videira é um importante fator para a definição da qualidade enológica (CHONÉ et al., 2001), sendo que moderados déficits hídricos estão associados a altos conteúdos de tanino e antocianina em uvas tintas (MATTHEWS et. al., 1990; LEEUWEN; SEGUIN, 1994; McCARTHY, 1997). Dessa forma, regiões que apresentam menores precipitações ou déficits hídricos controlados têm a possibilidade de aumentar a concentração de compostos desejáveis, diminuindo o teor de água nas bagas.

O conhecimento sobre a influência das práticas de manejo de irrigação e o seu impacto sobre a composição da uva produzida no Submédio São Francisco podem contribuir significativamente para o incremento da qualidade dos vinhos produzidos na região.

Recentemente, foram desenvolvidas estratégias de irrigação com o objetivo de manipular o crescimento vegetativo e reprodutivo da videira: irrigação com déficit hídrico controlado e irrigação parcial das raízes (PRD - partial rootzone drying). Além de melhorias na 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, existindo uma pressão sobre os irrigantes para que haja um controle mais efetivo da irrigação (LOVEYS et al., 2004).

O conhecimento detalhado do comportamento da água, durante o desenvolvimento de uma cultura, fornece elementos essenciais ao estabelecimento ou aprimoramento de práticas de manejo agrícola que visem à obtenção de características desejáveis da produção. A hipótese desse trabalho é que a restrição hídrica pode beneficiar a obtenção de uvas com características desejáveis à vinificação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes manejos de irrigação, especificamente quanto ao comportamento ecofisiológico da cultura, à produção da videira e à qualidade das uvas.

2 . REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo da videira de vinho no Submédio São Francisco

A produção de uvas destinadas à elaboração dos vinhos na região do Submédio do Vale do São Francisco está localizada entre os paralelos 8 e 9°S, onde a temperatura média anual é de 26°C, com pluviosidade de 550 mm e altitude de 350 m (TEIXEIRA; AZEVEDO, 1996; TEIXEIRA, 2001; TONIETTO; TEIXEIRA, 2004). O regime heliotérmico, com aproximadamente 3000 horas de luminosidade ano⁻¹, permite um desenvolvimento vegetativo contínuo, sendo possível escolher a época mais adequada para a colheita das uvas. É a principal região vitivinícola tropical brasileira, com cerca de 10.500 hectares de vinhedos, distribuídos nos estados de Pernambuco e Bahia. A viticultura voltada à produção de vinhos concentra-se no cultivo de castas de *Vitis vinifera*, com destaque para as cultivares Syrah, Cabernet Sauvignon e Ruby Cabernet, entre as tintas, e Moscato Canelli e Chenin Blanc, entre as brancas. Nesse sentido, a vitivinicultura vem apresentando evolução significativa no volume de produção e comercialização de vinhos finos. Segundo Instituto Brasileiro do Vinho, 2010, o valor da produção nacional de uvas em 2009 foi de R\$ 1,6 bilhão (valor médio de R\$ 1.180,56/t). Pernambuco teve o maior rendimento médio (26.406 kg/ha). Os quatro maiores municípios produtores (Petrolina - PE, Bento Gonçalves - RS, Flores da Cunha - RS, Caxias do Sul - RS) responderam por 7,1% da produção nacional de uvas. Petrolina voltou à liderança perdida em 2008 para

Bento Gonçalves, com a produção de 106,4 mil toneladas contra 100,3 mil toneladas do município gaúcho. Devido a essas novas perspectivas, o setor vem se adaptando à utilização de novas tecnologias aplicadas ao cultivo de uvas viníferas, com a finalidade de melhorar a qualidade das uvas, de forma a manter o padrão de qualidade exigido nos vinhos finos (MORAES, 2003).

2.2 Necessidades hídricas da videira de vinho

A videira possui mecanismos fisiológicos de auto-regulação, direcionando suas reservas para vigor (crescimento vegetativo) ou frutificação (crescimento reprodutivo), de acordo com suas próprias necessidades (KELLER et al., 2008). O conhecimento das necessidades hídricas das culturas, em seus diferentes estádios fenológicos, é importante para a agricultura irrigada porque, associada aos demais fatores de produção, auxilia o irrigante na obtenção de altas produtividades, com máxima economia de água. O consumo hídrico de um parreiral é uma função complexa dos balanços hídrico do solo e de energia da superfície cultivada (HEILMAN et. al., 1994).

Para determinação e estimativa do consumo hídrico da cultura da videira no Submédio do Vale do São Francisco, tem sido utilizados métodos baseados no balanço hídrico do solo (SILVA, 2005) e métodos micrometeorológicos, como apresentado por Teixeira et al. (1999), Teixeira et al. (2003), Ávila Netto et al. (2000).

Em geral as necessidades hídricas anuais da cultura da uva variam entre 500 e 1.200 mm, dependendo do clima, da duração do ciclo fenológico, do cultivar, da estrutura e profundidade do solo, do manejo cultural, da direção, espaçamento e largura das fileiras e da altura da latada (DOORENBOS; KASSAN, 1994).

Para as condições climáticas do Rio Grande do Sul, o consumo de água da videira até a floração é mínimo; da floração à fecundação consome cerca de 10% do total necessário; da fecundação ao início da maturação, aproximadamente 43% e do início da maturação até a maturação completa 45%, podendo-se considerar que, em geral, o consumo hídrico de uma vinha varia entre 2,5 a 4,0 mm diários, durante o ciclo vegetativo (MOTA et al., 1974).

2.3 Influência da água na videira de vinho

Um dos principais problemas nos vinhedos irrigados para produção de vinhos de qualidade é o aumento do vigor, causando um desequilíbrio entre área foliar e produção de frutos. 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 déficit hídrico pode provocar diversas respostas fisiológicas nas culturas, dentre as quais se destacam o fechamento dos estômatos, a redução da transpiração e o crescimento celular, que é o processo mais afetado pelo déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Sob níveis não restritivos de água no solo, o crescimento vegetativo é excessivo e compete com as bagas por assimilados. O dossel pode, doravante, fechar, tendo efeitos negativos sobre a iniciação das gemas florais, maturação dos frutos e fitossanidade (DOKOOZLIAN; KLIOWER, 1996); por outro lado, um déficit hídrico muito severo pode causar redução de assimilados e afetar negativamente a produtividade e a qualidade da uva, notadamente pela limitação fotossintética e/ou excessiva exposição dos cachos à radiação solar (TEIXEIRA et al., 2002).

A diminuição do crescimento vegetativo é o resultado mais imediato da diminuição da água no solo (HSIAO, 1973). Tal fato foi demonstrado experimentalmente em videiras viníferas (BINDI et al., 2005; BINDON et al., 2008).

O estado hídrico da planta tem sido reconhecido como um fator determinante que influí em todos os aspectos do crescimento e qualidade das uvas. Por este motivo, a técnica do controle hídrico é agora utilizada de forma extensa para manipular a qualidade da uva para vinho de qualidade (DRY et al., 2001). É conhecido que um determinado nível de estresse hídrico pode surpreendentemente melhorar a qualidade da uva e por tanto do vinho (ONCINS et al., 2005).

Um desafio que enfrentam os viticultores é melhorar a qualidade da uva nos vinhedos irrigados, com um equilíbrio adequado entre a evolução vegetativa e reprodutiva, uma vez que o excesso de vigor contribui para uma elevada densidade de copa

levando à perda de água elevada, doenças fúngicas e sombreamento de cachos de uva, que podem afetar negativamente na composição das uvas (JACKSON; LOMBARD, 1993).

Infer-se que na composição das uvas da videira européia, não havendo excesso de precipitação pluvial, quanto mais elevadas, as temperaturas da região de cultivo, maior será a concentração de açúcar e menor a de ácido málico nos frutos, favorecendo a produção de uvas de mesa, passas e vinhos doces, enquanto que as regiões frias são mais favoráveis à produção de vinhos secos, devido ao maior teor daquele ácido nos frutos (COOMBE, 1967; WINKLER et al. 1974).

O desenvolvimento da baga consiste de duas curvas sigmóides sucessivas de crescimento, separadas por um “retardo”. O primeiro período de crescimento tem início na floração, estendendo-se até aproximadamente 60 dias. A dimensão na divisão celular tem importância no eventual tamanho da baga e, a dinâmica da água no solo influencia esse processo. Há vários solutos que acumulam na baga durante este primeiro período, e todos aparentemente atingem um máximo ao redor da “pinta” (POSSNER et al., 1985). Os mais importantes são o ácido málico e tartárico, sendo que o ácido tartárico é o que é sintetizado primeiro, no início do período. Estes ácidos compõem a acidez do vinho e, portanto, são críticos para a qualidade do mesmo. Igualmente, no primeiro período acumulam-se os ácidos hidroxicinâmicos, importantes, devido ao seu envolvimento com reações de escurecimento e porque são precursores de fenóis voláteis (LICKER et al., 1999). Há outros componentes, não menos importantes para a qualidade do vinho, que se acumulam na primeira fase de crescimento: minerais, aminoácidos, micronutrientes e componentes do aroma.

O início da segunda fase de crescimento da baga coincide com a “pinta” e é caracterizado pelo amolecimento e coloração do fruto; praticamente dobra em tamanho entre o início da segunda fase de crescimento e a colheita. Alguns compostos produzidos durante o primeiro estágio de crescimento da baga são reduzidos (e não diluídos) durante a segunda fase de crescimento (g/baga). Notadamente, componentes aromáticos que são sintetizados na primeira fase de crescimento da baga declinam (g/baga) durante o amadurecimento da baga. Isto inclui vários dos compostos de metoxipirazinas, responsáveis pelo caráter vegetal/herbáceo de alguns vinhos. O declínio nos níveis de pirazinas está relacionado com os níveis de radiação solar incidente na zona de frutificação

e com a dinâmica da água no solo, dentre os outros fatores (Hashizume e Samuta, 1999). Portanto, ocasionalmente sendo estes compostos indesejáveis em certos níveis, o manejo no vinhedo pode ser usado para reduzi-los.

Na segunda fase de crescimento tem-se um grande aumento em compostos (a maior parte glicose e frutose) que ocorre como resultado da mudança bioquímica no modo de maturação do fruto. No começo da “pinta” o fluxo de açúcar para a baga inicia, sendo que a sucrose produzida na fotossíntese é importada para dentro da baga e hidrolizada para glicose e frutose (ROBINSON; DAVIS, 2000). A eventual concentração também depende de outros fatores como variedade, regime microclimático, índice de carga, dimensão do dossel, estado fitossanitário e eventual sobrematuração.

Uma irrigação deficiente pode acarretar perdas na produção, enquanto a aplicação de água em excesso além de prejudicar a produção pode significar desperdício de água e energia, podendo também contribuir para a lixiviação de nutrientes e a erosão do solo. Tanto a deficiência quanto o excesso hídrico afeta, de maneira marcante, o comportamento dos estádios fenológicos da cultura da videira, comprometendo a qualidade e produtividade dos frutos. A deficiência, quando ocorre durante o período inicial de crescimento das bagas, proporciona redução no tamanho dos frutos; quando acontece durante a maturação, atrasa o amadurecimento, afetando a coloração e favorecendo a queima dos frutos, pela radiação solar. Na fase final de maturação o consumo hídrico da videira diminui (BOWMAN et al., 1991).

O excesso hídrico, combinado com temperaturas elevadas, torna a cultura muito susceptível a doenças. Para uma boa produtividade, é recomendável que o desenvolvimento vegetativo da planta ocorra em condições de escassez de precipitação pluviométrica e que as necessidades hídricas sejam satisfeitas através da irrigação, de acordo com o requerimento de água da cultura (TEIXEIRA; AZEVEDO, 1996).

Regiões com menores precipitações ou déficits hídricos controlados têm a possibilidade de aumentar a concentração de compostos desejáveis, diminuindo o teor de água nas bagas. Na Serra Gaúcha ocorre uma tendência histórica de excesso de chuvas no período de maturação, o que pode prejudicar a qualidade da uva em função da ocorrência de podridões ou pela necessidade de colheitas antecipadas (TONIETTO; FALCADE, 2003).

2.4 Manejos de irrigação em videira de vinho

Dentre os vários recursos para controlar o vigor, o que mais tem recebido atenção nos últimos anos tem sido o manejo da irrigação (DRY; LOVEYS, 1998). Pesquisas visando à economia de água têm sido desenvolvidas com espécies frutíferas, algumas inseridas no que é chamado de regulação do déficit de irrigação ou irrigação deficitária controlada. Essa tecnologia consiste no manejo da irrigação com déficits de irrigação em estádios de desenvolvimento dos frutos, nos quais o crescimento e a qualidade dos frutos têm baixa sensibilidade ao déficit hídrico (DOMINGO et al., 1996).

Embora seja uma técnica que visa ao aumento da produtividade das culturas, em especial em regiões áridas e semiáridas, a irrigação apresenta grande impacto nas disponibilidades hídricas dos mananciais de água, uma vez que grandes demandas de água são alocadas para os sistemas de irrigação, sobretudo em regiões onde se verificam altas concentrações de áreas irrigadas, principalmente em épocas de escassez de chuva (COSTA, 1991).

Diante da expansão da vitivinicultura do Vale do São Francisco e do crescente interesse na produção de uvas de qualidade, tem-se aumentado a demanda por pesquisas em relação ao manejo mais adequado da videira para a região semiárida. A adoção dessa prática traz consigo além dos benefícios financeiros, como por exemplo, a economia de gastos com energia elétrica, mas também a utilização racional dos recursos naturais como a água e o solo.

Devido aos recursos hídricos estarem cada vez mais escassos, tornou-se absolutamente necessário o planejamento mais eficaz do aproveitamento da água na produção agrícola, bem como a utilização de metodologias que permitam estimar volumes cada vez mais precisos de água necessários para obtenção de grandes produtividades de cultivo (SILVA, 2003).

Existem vários procedimentos que podem ser adotados como critérios para se determinação da quantidade de água a ser aplicada a uma cultura e o melhor momento para se fazer essa aplicação. Esses critérios se baseiam no estado da água em um ou mais componentes do sistema solo-planta-atmosfera.

Conhecendo-se as características físico-hídricas do solo, o clima, a cultura e os princípios de funcionamento dos equipamentos de irrigação, pode-se propor um uso racional da água, conseqüentemente, sem danos ao meio ambiente (FOLEGATTI, 1996). O conhecimento detalhado do comportamento da água, durante o desenvolvimento de uma cultura, fornece elementos essenciais ao estabelecimento ou aprimoramento de práticas de manejo agrícola que visem à otimização da produtividade.

A redução no conteúdo de água no solo causa significativa variação na distribuição e desenvolvimento radicular, podendo mudar o período de disponibilidade e a quantidade de água disponível para as plantas e define a otimização da eficiência de aplicação da água como a relação entre a quantidade de água armazenada na profundidade do sistema radicular e a quantidade de água destinada à área irrigada (LUDLOW; MUCHOW, 1990).

A otimização da eficiência do uso da água de forma a contribuir para a sustentabilidade dos recursos hídricos na irrigação pode ser trabalhada de duas formas, com base nas curvas físicas da produtividade e na eficiência do uso da água (EUA), definida pela razão entre a produtividade e a lâmina aplicada durante o ciclo ou entre a produtividade e a evapotranspiração da cultura (COTRIM, 2009).

Na irrigação localizada, como a frequência de aplicação da água no solo é alta, para manter elevados níveis de umidade na zona radicular, o monitoramento da água no solo é utilizado basicamente para checar se a umidade na zona de extração de água pelo sistema radicular está adequada e se está havendo perda de água abaixo dessa zona (COELHO et al., 2006).

A eficiência de distribuição e de armazenamento de água estão entre os parâmetros mais utilizados na avaliação da otimização da irrigação. A eficiência de distribuição mede a quantidade de água armazenada na zona radicular em relação à infiltrada, enquanto a eficiência de armazenagem indica a adequação do reabastecimento na profundidade efetiva (FIETZ et al., 1999).

A capacidade de armazenamento de água disponível às plantas (CAD) é determinada pela diferença de conteúdo volumétrico de água entre o limite superior e inferior de disponibilidade, considerando-se cada camada do perfil do solo explorado pelo sistema radicular das plantas (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Entre os diferentes métodos para a determinação do conteúdo de água do solo, todos apresentam algumas vantagens e limitações: ou são de precisão, ou dispendiosos, ou morosos ou ainda trabalhosos. A opção por um determinado método varia de acordo com a finalidade, os objetivos e as disponibilidades instrumentais existentes (KLAR, 1991).

A resposta das plantas ao potencial de água no solo tem sido estudada por muitos pesquisadores; entretanto, o potencial de água no solo não indica, de maneira geral, as condições de déficit ou excesso de água na profundidade do solo explorado pelo sistema radicular das plantas (CARLESSO, 1995).

Em vitivinicultura, geralmente, são adotadas estratégias de manejo para direcionar os recursos da planta visando à qualidade da produção, tal como acúmulo de precursores de fenóis, o que permitirá maior complexidade de sabor e aroma, além de maior expressão varietal (DELOIRE et al., 2002).

Vários estudos têm sido feitos nas principais regiões vitícolas do mundo visando avaliar o impacto de estratégias de irrigação que proporcionem um estresse hídrico moderado nas plantas, de forma a diminuir o crescimento dos ramos e obter melhorias na composição das bagas como o aumento na concentração de taninos e antocianinas (pigmento das uvas tintas) (McCARTHY, 1997).

Recentemente, foram desenvolvidas duas estratégias de irrigação com o objetivo de manipular o crescimento vegetativo e reprodutivo da videira: irrigação com déficit controlado (RDI – regulated deficit irrigation) e irrigação parcial das raízes (PRD – partial rootzone drying). A irrigação com déficit hídrico controlado foi inicialmente desenvolvida para pessegueiros e ameixeiras, com o objetivo controlar o crescimento, a produção e aumentar a eficiência no uso da água (GOODWING; BOLAND, 2000). Essas estratégias de irrigação deficitária têm sido bastante estudadas em diferentes partes do mundo e em diversas culturas (GOODWING; JERIE 1992; BOLAND et al., 1993).

Vinhedos submetidos à irrigação plena durante todo o ciclo de produção são desfavoráveis à produção de vinhos de qualidade. A imposição de um estresse hídrico moderado à videira em determinadas fases fenológicas tem um impacto positivo sobre a concentração de açúcares, acidez, pH e compostos fenólicos no mosto (DELOIRE et al., 2004), que são os responsáveis pela cor, flavor, corpo e estrutura dos vinhos tintos.

O IDC (irrigação com déficit controlado) consiste numa estratégia de manejo de irrigação com imposição de um estresse hídrico às plantas através da redução da quantidade de água aplicada em determinado período durante o ciclo de produção. No caso específico da videira, a redução ou corte da água é feito 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 com o manejo IDC podem apresentar um aumento na acidez e diminuição do pH, além de uma maior concentração de compostos fenólicos devido ao aumento da razão entre película e polpa (DRY et al., 2001, WAMPLE et al., 2002). Além de melhorias na 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, existindo uma pressão sobre os irrigantes para que haja um controle mais efetivo da irrigação (LOVEYS et al., 2004).

Quanto a esta questão, vários trabalhos têm demonstrado que a irrigação deficitária controlada (IDC), ou estresse hídrico transiente, pode ser uma forma de balanço entre a carga de frutos e a vegetação, adotando-se a recarga hídrica no solo somente quando os níveis da água no solo caem abaixo de certo patamar crítico previamente determinado (SOAR; LOVEYS, 2007).

Apesar da realização de uma série de estudos, ainda não se conseguiu elucidar totalmente a relação básica entre estresse hídrico, carga de frutos e qualidade do vinho. A maioria deles mostra que níveis ótimos de disponibilidade hídrica no solo atrasam a acumulação de sólidos solúveis e incrementa o tamanho da baga ambos deletérios à qualidade do vinho (KASIMATIS, 1977; FREEMAN et al., 1980).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi instalado no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE, e está localizado na latitude S 09° 08'' 08,09''', longitude W 40° 18'' 33,6''' e altitude 373m. A videira (*Vitis vinifera* L.) cultivar Syrah foi enxertada sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, sendo as mudas do porta-enxerto obtidas por meio de estaquia. O plantio foi feito em 30 de abril de 2009 no espaçamento de 1 m entre plantas e 3 m entre fileiras e a condução das plantas foi feita no sistema de espaldeira. O período de formação do parreiral (crescimento vegetativo) ocorreu até 13 de abril de 2010, quando ocorreu a poda para o início do primeiro ciclo de produção. O solo da área em questão é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, textura média (SILVA, 2005).

3.2 Manejo de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com emissores espaçados a 0,5 m na linha de plantio. Durante a condução do experimento, a vazão dos emissores foi aferida por meio de testes de vazão (Equação 1):

$$Q = \frac{V}{1000} \cdot T \quad (1)$$

em que:

Q = vazão do emissor, L h⁻¹;

V = volume coletado, mL;

T = tempo de coleta, h.

Em 26 de novembro de 2009, na fase de formação do parreiral, e em 26 de maio de 2010, na fase de produção do parreiral (1º ciclo), a área foi dividida em três pontos (início, meio e fim) e em cada um dos pontos foram coletadas aleatoriamente três amostras ao longo da tubulação a uma pressão de serviço de 100 kPa. O tempo de coleta adotado foi de um minuto e a vazão média foi de 2,5 L h⁻¹ nas duas repetições.

Entre a poda de produção, realizada em 13 de abril de 2010, até os 44 dias após a poda (dapp), o manejo de irrigação foi o mesmo para todas as plantas da área experimental.

A evapotranspiração de referência (ET_o), foi estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et. al., 1998) recomendado pela Manual 56 da FAO, por meio de parâmetros medidos pela estação agrometeorológica automática instalada no campo experimental, a cerca de 50 m da área do experimento (Equação 2).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (2)$$

em que:

ET_o = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

Rn = saldo de radiação, MJ m⁻² dia⁻¹;

G = fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

T = temperatura média diária, °C;

U_2 = velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

e_s = pressão de saturação de vapor, kPa;

e_a = pressão atual de vapor, kPa;

Δ = declividade da curva de pressão de vapor, kPa °C⁻¹;

γ = constante psicrométrica, kPa °C⁻¹.

Os valores de K_c (coeficiente da cultura) utilizados foram: 0,7 nas fases classificadas por Baggolini (1952) como de A (gomo de inverno) até a fase K (cacho fechado) e 0,5 da fase M (pintor) até a fase N (cacho maduro), segundo recomendação de Silva (2005) e Bassoi et al. (2007).

Com os valores conhecidos da ET_o , os mesmos eram aplicados na (Equação 3) para a obtenção dos valores de evapotranspiração da cultura (ET_c).

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \quad (3)$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;

K_c = coeficiente da cultura;

ET_o = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹.

Para a determinação dos valores de evapotranspiração da cultura (ET_c) a fim de utilização no cálculo da irrigação, os mesmos foram corrigidos considerando-se os valores precipitação efetiva (Equação 4), que em sentido mais amplo, significa a precipitação útil ou utilizável, ou seja, considerou-se que toda a água de precipitação infiltrou no solo.

$$ETc' = ETc - P \quad (4)$$

em que:

ETc' = evapotranspiração da cultura corrigida, mm dia⁻¹;

ETc = evapotranspiração da cultura por meio da equação 3, mm dia⁻¹;

P = precipitação, mm dia⁻¹.

A partir da iniciação da fase fenológica L (cacho fechado), em 28 de maio de 2010 (45 dias após a poda de produção - dapp), teve início a aplicação dos tratamentos de irrigação: 1- irrigação plena (IP), onde a irrigação foi feita para repor a lâmina correspondente à ETc (como vinha sendo em toda a área) 2 - irrigação deficitária (ID), onde a aplicação de água foi interrompida desde 45 dapp na fase fenológica de cacho fechado) até a colheita em 6 de agosto de 2010, 115 dapp, na fase fenológica de cacho maduro); 3 - irrigação com déficit controlado (IDC), onde a aplicação de água foi interrompida desde a fase fenológica de cacho fechado (45 dapp), mas a irrigação foi realizada nos dias 23 de junho, 3, 7 e 12 de julho e 2 de agosto, respectivamente aos 70, 71, 87, 90, 111 dapp, para o aumento da umidade do solo na profundidade efetiva do sistema radicular (0,6 m), de acordo com Silva (2005). O momento da irrigação foi decidido conforme o monitoramento semanal da umidade do solo pela técnica de moderação de neutrons (sonda de neutrons). Após o início da aplicação dos tratamentos de irrigação, o teste de vazão (Equação 1) foi repetido em 1 de junho (aos 49 dapp) quando apenas o manejo de irrigação IP era aplicado. No dia 22 de junho (70 dapp) o teste foi novamente realizado durante a aplicação tratamentos IP e IDC. Os valores de vazão foram, respectivamente, 2,3 L h⁻¹ e 2,1 L h⁻¹.

Considerando as transformações necessárias, a lâmina de irrigação foi calculada pela (Equação 5).

$$TI = \frac{(ETc' \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot Kr)}{(E_i \cdot n \cdot q)} \quad (5)$$

em que:

TI = tempo de irrigação, h;

ETc' = evapotranspiração da cultura corrigida, mm dia⁻¹;

E_1 = espaçamento entre gotejadores, m;

E_2 = espaçamento entre plantas, m;

Kr = fator de redução (0,5);

E_i = eficiência do sistema de irrigação (0,9);

n = número de emissores por planta;

q = vazão de cada gotejador, L.h⁻¹.

3.3 Determinação da umidade do solo

A umidade do solo foi determinada por meio da técnica de moderação de neutrons antes e/ou depois das irrigações, nas profundidades de 0,15, 0,30, 0,45, 0,60, 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m. Foram instalados 12 tubos de alumínio para acesso da sonda de neutrons CPN Hydroprobe 503 em todos os tratamentos de irrigação. A instalação dos tubos de acesso de alumínio, realizada no plantio das mudas em abril de 2009, foi feita com trado de diâmetro semelhante aos tubos, para a aderência do solo ao tubo. A calibração utilizada para a medida da umidade do solo por essa sonda foi realizada por Silva (2005) na mesma área experimental, sendo obtida a Equação 6 com $r^2 = 0,9427$:

$$\theta = 0,1657 \cdot Lr - 0,0537 \quad (6)$$

em que:

θ = umidade volumétrica do solo, m³ m⁻³;

L_r = leitura relativa, obtida pela relação entre leitura da sonda em cada profundidade e leitura da sonda na blindagem do equipamento, determinada antes do início de cada leitura de sonda de neutrons no campo.

3.4- Armazenamento da água no solo

O armazenamento da água no solo (A_L) foi determinado pela integração da umidade do solo para cada camada de solo de interesse por meio da Equação 7, adaptada de Haverkamp et al (1984).

$$A_L = \int_0^L \theta(z) dz \cong [1,5 \theta(z_i) + \sum_{i=2}^n \theta(z_i)] \quad (7)$$

em que:

A_L = armazenamento de água no solo, mm;

θ = profundidade inicial da camada do solo, m;

L = profundidade final da camada do solo, m;

θ = umidade média do solo na camada de interesse, $m^3 m^{-3}$;

z_i = camada do solo de interesse, m;

d_z = variação da umidade na camada do solo de interesse, $m^3 m^{-3}$;

A variação da quantidade de água armazenada em cada camada do solo, em um mesmo dia de leitura de sonda de neutrons (ΔA_L) nas profundidades de 0,15 , 0,30 , 0,45 , 0,60 , 0,75 , 0,90 , 1,05 e 1,20 m, nos tratamentos IP, IDC e ID, foi obtida por meio da Equação 8:

$$\Delta A_L = \int_0^L \theta f dz - \int_0^L \theta j dz \quad (8)$$

em que:

ΔA_L = Variação do armazenamento da água no solo na camada de interesse, mm;

θ = profundidade inicial da camada do solo, m³ m³;

L = profundidade final da camada do solo, m³ m³;

θ_f = umidade do solo, final m³ m³;

θ_i = umidade do solo inicial, m³ m³;

d_z = variação da umidade na camada de solo de interesse, m³ m³.

A variação da quantidade de água armazenada em cada camada de solo, em dois dias consecutivos de leitura de sonda de neutrons (ΔA_L) nas profundidades de 0,15, 0,30, 0,45, 0,60, 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m nos tratamentos IP, IDC e ID, foi obtida por meio da Equação 9:

$$\Delta A_L = (\bar{\theta}_f - \bar{\theta}_i) \cdot L \quad (9)$$

em que:

ΔA_L = variação do armazenamento de água no solo entre duas leituras consecutivas, mm;

$\bar{\theta}_f$ = umidade do solo na leitura final, m³ m³;

$\bar{\theta}_i$ = umidade do solo na leitura inicial m³ m³;

L = profundidade da camada de solo, m.

3.5- Determinação do potencial hídrico foliar de base

Durante o primeiro ciclo de produção da videira, entre 3h 00 min a.m. e 4h 30 min a.m., foram coletadas amostras de folhas na porção mediana de ramos produtivos (3 folhas por planta), armazenadas em saco plástico para reduzir a perda de água do material vegetal para o meio ambiente, e utilizadas imediatamente após a coleta para a

medição do potencial hídrico foliar de base (Ψ_{pd} , MPa), por meio da câmara de pressão de Scholander (PMS Instrument Co, model 1000) (SCHOLANDER et al., 1965). As amostras foram coletadas, considerando-se os tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC), nos dias 8 e 22 de junho (56 e 70 dapp, fase fenológica de cacho fechado), em 8 e 21 de julho (86 e 99 dapp, fase fenológica de maturação) e em 4 de agosto de 2010 (113 dapp, fase fenológica de colheita).

3.6 Determinação de aspectos quantitativos e qualitativos da produção de uvas

Na colheita realizada em 6 de agosto de 2010 (115 dapp), foi determinado o número de cachos por parcela, número e peso total de cachos por planta. A partir desses dados foram estimados o rendimento médio total da produção (Kg ha^{-1}) e o peso médio do cacho. Posteriormente, foram separadas 100 bagas do engaço, mantendo-se o pedicelo, pesadas em balança analítica digital e colocadas em uma proveta graduada de 500 ml. As provetas foram aferidas com 300 ml de água. A variação do volume de água foi considerada como sendo o volume de 100 bagas. Esta metodologia foi aplicada em cada tratamento. Após a maceração das bagas, foi possível a obtenção do volume do mosto das mesmas 100 bagas por meio de proveta graduada. Ainda, foram determinadas no mosto o teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), utilizando-se de um refratômetro portátil marca ATAGO modelo Pocket PAL-1, a acidez titulável - expressa em g L^{-1} de ácido tartárico, conforme metodologia descrita por Pregnoatto e Pregnoatto (1985) e o pH que foi determinado por meio de PHmetro digital marca TECNAL.

3.7 Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, com 3 tratamentos (irrigação plena - IP, irrigação com déficit controlado – IDC, e irrigação deficitária - ID) e 4 repetições, com 48 plantas por parcela, composta por 2 fileiras com 24 plantas (Figura 1).

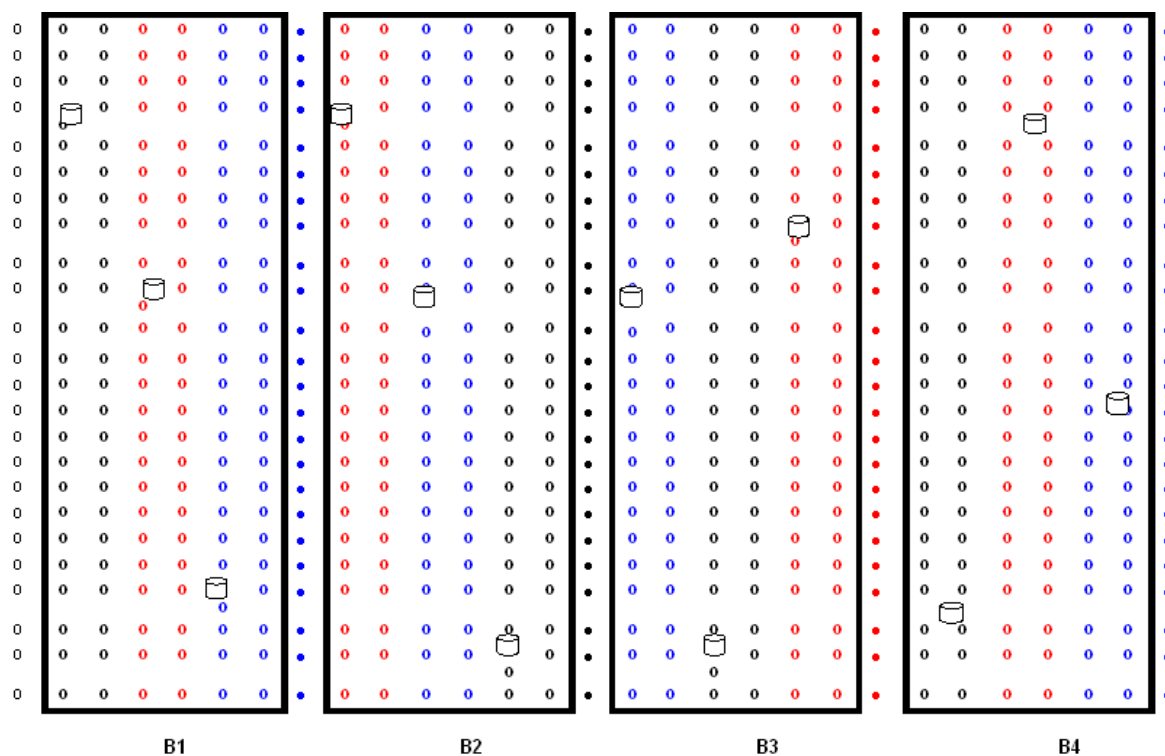


Figura 1- Croqui da área experimental (**o** - tratamento irrigação plena - IP, **o** - tratamento irrigação com déficit controlado - IDC, **o** - tratamento irrigação deficitária - ID,  tubos de alumínio para leitura de sonda de nêutrons, B - blocos 1, 2, 3 e 4).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Precipitação no ciclo de produção

Durante o ciclo de produção da videira foram registrados 45,7 mm de precipitação. No início da maturação (76 dapp), até o momento da colheita (115 dapp), a ocorrência de precipitação registrada foi de 13,2 mm, com o último dia de chuva aos 107 dapp, 7 dias antes da colheita. Os valores estão representados na (Figura 2).

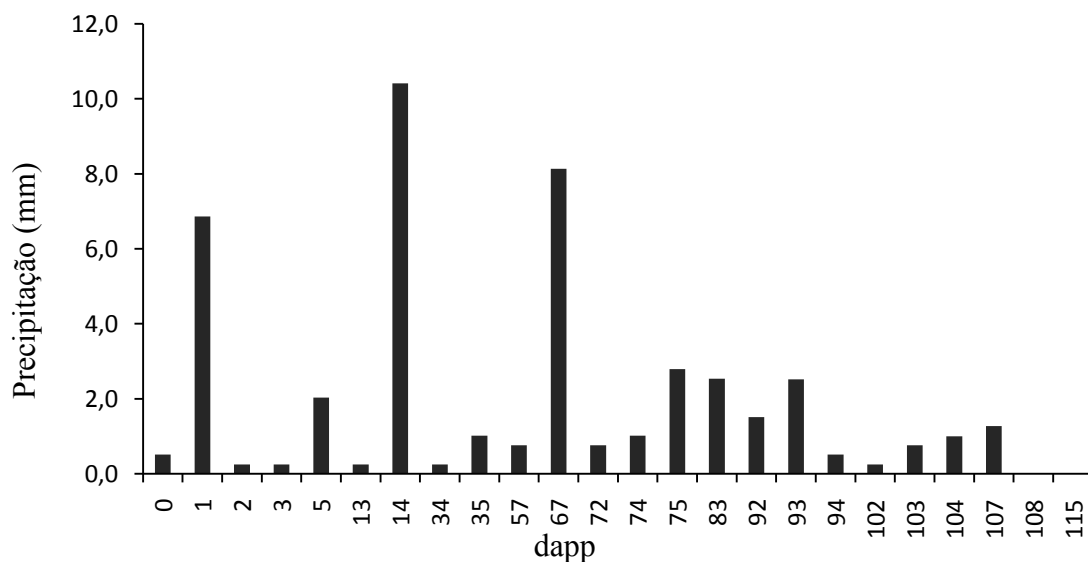


Figura 2 – Valores de precipitação pluvial (mm) registrados durante o ciclo de produção da videira cultivar Syrah/1103P.

4.2 Evapotranspiração da cultura corrigida (ETc') e lâmina bruta de irrigação (LB)

Os valores corrigidos da evapotranspiração da cultura (ETc') acumulada durante o ciclo de produção foi da ordem de 241,1 mm e a lâmina bruta aplicada durante o ciclo de produção, consequentemente no tratamento IP foi de 312,1 mm, representados na (Figura 3). A lâmina bruta correspondente ao tratamento IDC foi de 216 mm enquanto no tratamento ID foi de 144,7 mm. Teixeira et. al (1999) estudando o consumo hídrico da videira cv. Itália, na mesma região, encontraram evapotranspiração acumulada ao longo do ciclo produtivo da cultura de 503,0 mm. Os valores variaram de acordo com as condições climáticas predominantes e os valores de Kc utilizados em função das fases fenológicas da cultura. Nas condições do Submédio São Francisco os valores de Kc não variam muito durante o ciclo da cultura. Para a cultivar Petit Syrah (*Vitis vinifera* L.), conduzida em espaldeira e irrigada por gotejamento, foram determinados valores de Kc entre 0,63 e 0,87, durante todo o ciclo fenológico, com uma média de 0,77 (TEIXEIRA et al., 2007). Allen et al. (1998) citam valores de coeficientes de cultura (Kc) inicial, médio e final da uva iguais a 0,30; 0,85 e 0,45, respectivamente. O valor máximo diário de ETc' foi registrado foi de 4,5 mm, ocorrido aos 80 dapp, e o valor médio registrado foi de 2,6 mm dia⁻¹. Nos dias 1, 31, 71, 82, 91 e 93 dapp, a precipitação superou a ETc em respectivamente 4,5 mm dia⁻¹, 7,4 mm dia⁻¹, 6,2 mm dia⁻¹, 0,3 mm dia⁻¹, 0,7 mm dia⁻¹ e 0,8 mm dia⁻¹. As irrigações foram realizadas diariamente, sendo que após cada fim de semana, o volume de água aplicado na segunda-feira era acumulado devido ao déficit ocasionado pelo período de dois dias sem irrigação (sábado e domingo), fato que justifica a lâmina bruta aplicada ultrapassar às vezes os valores de evapotranspiração diária da cultura. A partir dos 90 dapp os frutos encontravam-se em fase de maturação e a lâmina de irrigação reduziu em função da modificação do Kc. Entre os dias 104 dapp até os 115 dapp, dia da colheita, a lâmina de irrigação aumentou em função do aumento da ETc.

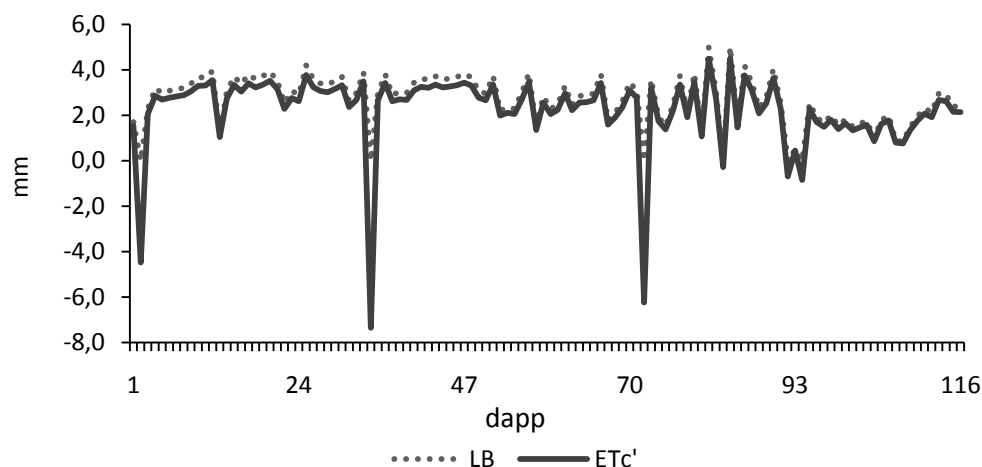


Figura 3 – Valores corrigidos da evapotranspiração da cultura (ETc' , mm dia^{-1}) e lâmina bruta aplicada (LB, mm) no tratamento IP, durante o ciclo de produção da videira Syrah/1103P.

4.3 Armazenamento da água no solo

Antes do início da aplicação dos tratamentos de irrigação, entre 1 e 44 dapp, o armazenamento de água no solo apresentou valores próximos nas camadas de 0,15 a 0,60 m de profundidade em cada tratamento de irrigação conforme Figura 4.

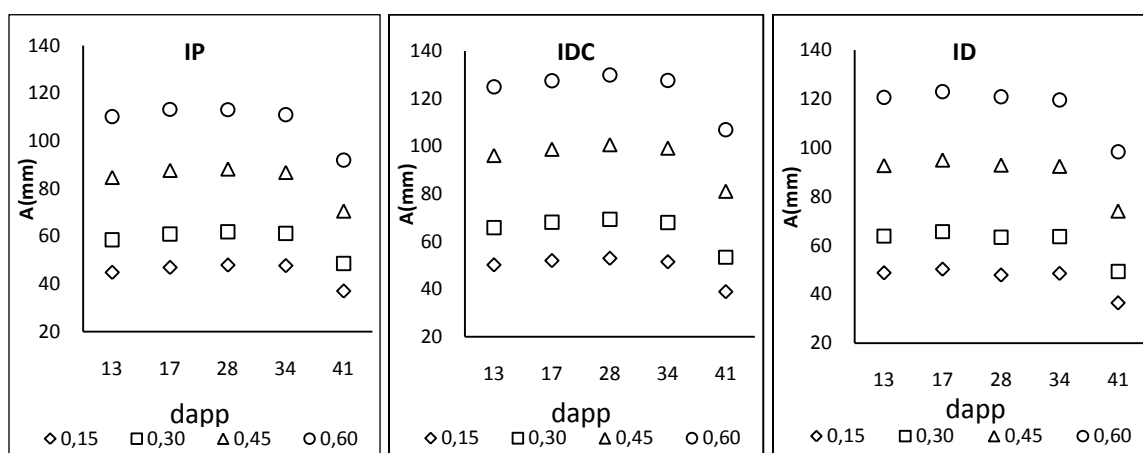


Figura 4 – Armazenamento da água no solo (A , mm) entre 1 e 44 dias após a poda de produção (dapp), nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), nas camadas do solo de 0,15 m, 0,30 m, 0,45 m e 0,60 m de profundidade.

Os valores encontrados aos 41 dapp na camada de 0,15 m foram de 44,9 mm no tratamento IP, 49,2 mm no tratamento IDC e 46,4 mm no tratamento ID. Na camada de 0,30 m de profundidade foram armazenados 58,2 mm de água no tratamento IP, 64,9 mm no tratamento IDC e 61,2 mm no tratamento ID. Na camada de 0,45 m de profundidade foram registrados nos tratamentos IP, IDC e ID, respectivamente 83,6 mm, 95,1 mm e 89,5 mm de água. A quantidade de água armazenada na camada de 0,60 m de profundidade foi 107,9 mm no tratamento IP, 123,4 mm no tratamento IDC e 116,5 mm no tratamento ID.

O armazenamento de água no solo nas camadas de 0,75 a 1,2 m de profundidade entre 1 e 44 dapp também apresentou valores próximos entre os tratamentos de irrigação conforme pode ser observado na Figura 5.

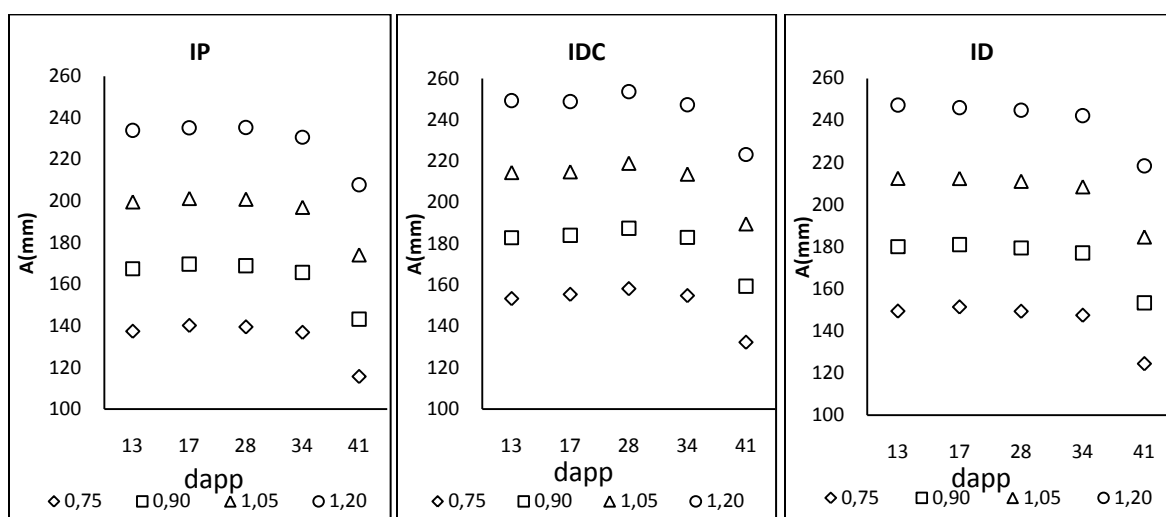


Figura 5 – Armazenamento da água no solo (A, mm) entre 1 e 44 dias após a poda de produção (dapp) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), nas camadas do solo de 0,75 m, 0,90 m, 1,05 m e 1,20 m de profundidade.

Aos 41 dapp, na camada de 0,75 m o valor médio de água armazenada no solo foi de 133,9 mm no tratamento IP, 150,9 mm no tratamento IDC e 144,4 mm no tratamento ID. Os valores correspondentes à camada de 0,90 m foram 163 mm no tratamento IP, 179,4 mm no tratamento IDC e 174,2 mm no tratamento ID. O armazenamento de água na camada de 1,05 m foi de 194,5 mm no tratamento IP, 210,4 mm no tratamento IDC e 205,8 mm no tratamento ID. Na camada de 1,20 m foram encontrados

os maiores valores médios de armazenamento, sendo 228,6 mm no tratamento IP, 244,4 mm no tratamento IDC e 239,8 mm no tratamento ID.

Após o início da aplicação dos tratamentos de irrigação a quantidade de água armazenada no solo nas camadas de 0,15 a 0,60 m de profundidade apresentou alterações em função da realização das irrigações e ocorrência de precipitações (Figura 6).

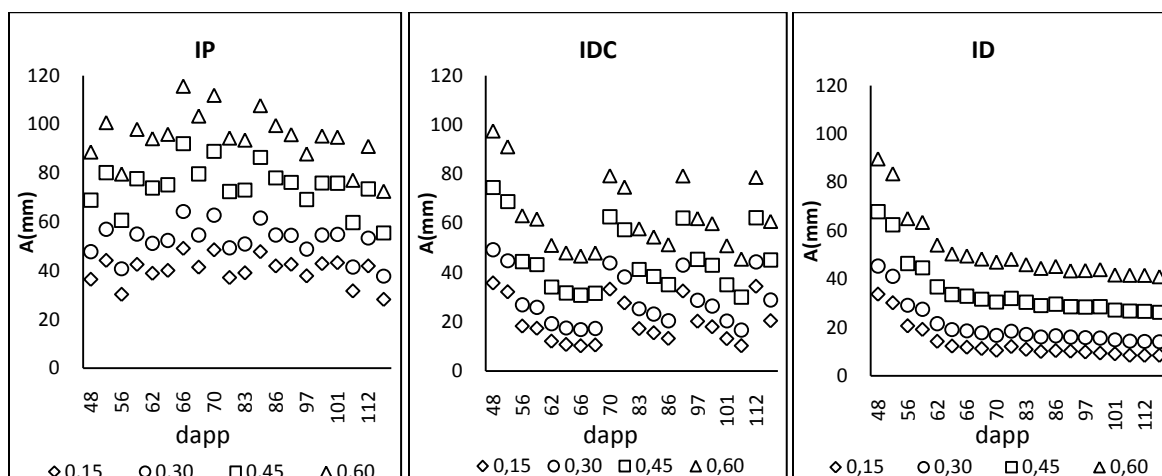


Figura 6 – Armazenamento da água no solo (A, mm) entre 48 e 112 dias após a poda de produção (dapp) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), nas camadas do solo de 0,15 m, 0,30 m, 0,45 m e 0,60 m de profundidade.

No tratamento IP, onde a irrigação foi realizada durante todo o ciclo de produção da videira, o armazenamento de água no solo apresentou maiores valores, principalmente a partir de 45 dapp, quando a irrigação foi interrompida nos tratamentos IDC e ID. A quantidade de água armazenada aumentava de acordo com que as irrigações realizadas ou precipitações ocorridas e diminuía de acordo com os processos de evapotranspiração e drenagem. No tratamento IP, a maior quantidade de água armazenada até 0,60 m de profundidade foi de 115,7 mm aos 66 dapp. No tratamento IDC, após a interrupção da aplicação de água aos 45 dapp, a irrigação ocorreu apenas aos 70, 71, 87, 90 e 111 dapp, quando a quantidade de água armazenada apresentou 3 picos de elevação com posterior redução devido aos processos de evapotranspiração e drenagem. No tratamento IDC, a quantidade máxima de água armazenada a 0,6 m de profundidade foi de 97,6 mm aos 48 dapp. No tratamento ID, como a irrigação foi interrompida definitivamente aos 45 dapp e até o momento da colheita, a maior quantidade de água armazenada foi de 89,7 mm

na camada de 15 cm de solo aos 48 dapp, com os valores do armazenamento de água no solo declinando gradualmente.

Nas camadas de solo de 0,75 a 1,20 m de profundidade (Figura 7) a quantidade de água armazenada, assim como nas primeiras camadas de solo, variou de acordo com a realização de irrigações e ocorrência de precipitações. No tratamento IP a quantidade máxima de água armazenada foi de 223,4 mm na camada de 1,20 m aos 66 dapp. No tratamento IDC também é possível observar três picos de aumento na quantidade de água armazenada nos dias em que foram realizadas as irrigações (70, 71, 87, 90 e 111 dapp). A quantidade máxima de água armazenada nesse tratamento foi de 178,6 mm aos 70 dapp, quando foi realizada a irrigação acumulada, após fim de semana sem irrigação. O armazenamento da água no tratamento ID foi reduzindo a partir de 45 dapp, o que fez que o armazenamento apresentasse um declínio gradual ao longo do tempo.

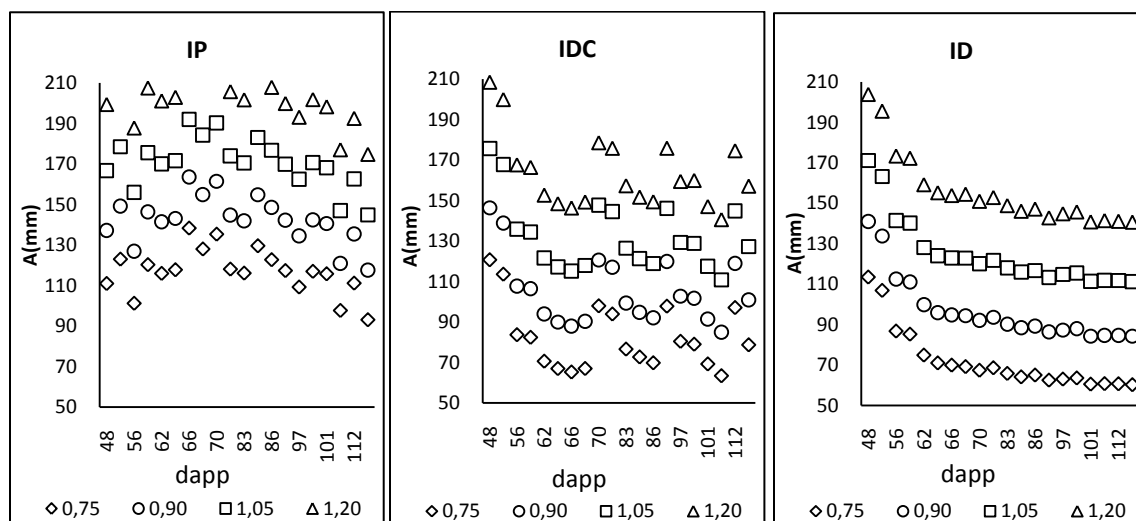


Figura 7 - Armazenamento da água no solo (A, mm) entre 48 e 112 dias após a poda de produção (dapp) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), nas camadas de solo de 0,75 m, 0,90 m, 1,20 m e 1,50 m de profundidade.

4.3.1 Variação do armazenamento da água no solo entre as camadas em um mesmo dia de leitura de sonda de neutrons

A variação do armazenamento de água no solo (ΔA) nas camadas de 0,15-0,30, 0,30-0,45, 0,45-0,60 m (Figura 8), para um mesmo dia de leitura de sonda de neutrons ocorreu devido à entrada (irrigações realizadas no ciclo de produção da videira e precipitação pluvial) e a saída de água (processos de evapotranspiração e drenagem). No volume de solo considerado no tratamento IP, ocorreram as maiores variações de ΔA , presentes ao longo de todo o ciclo de produção da videira em função da realização freqüente de irrigação até a colheita. No tratamento IDC, as variações de ΔA foram nítidas até aos 45 dapp e quando houve irrigação aos 70, 71, 87, 90 e 111 dapp. No tratamento ID, tais variações foram observadas até 45 dapp, e posteriormente em menor magnitude.

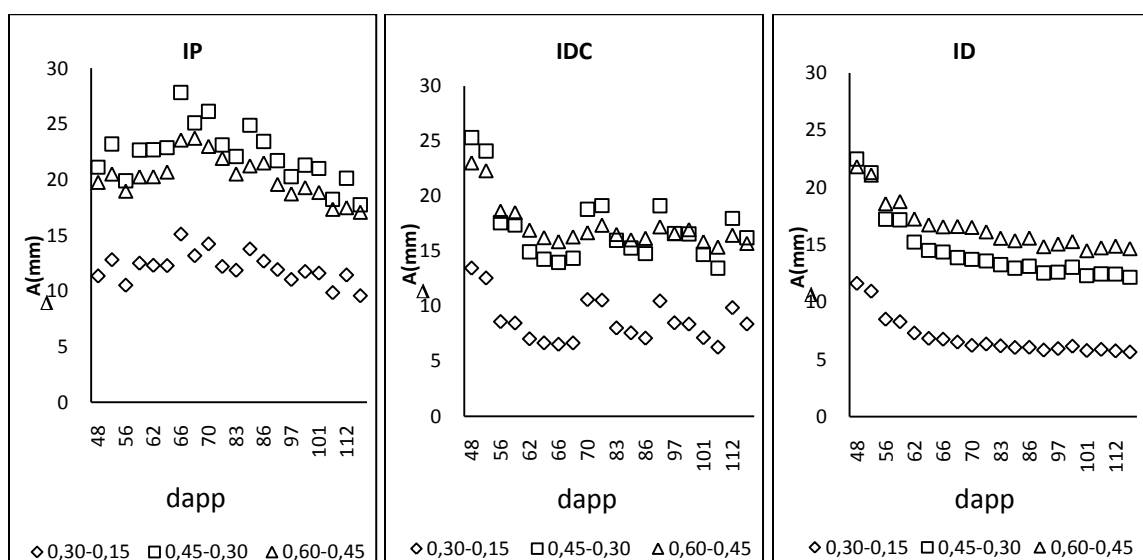


Figura 8 – Variação do armazenamento da água no solo em um mesmo dia de leitura de sonda de neutrons (ΔA , mm) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID) nas camadas do solo de 0,15, 0,30, 0,45, 0,60 e 0,75 m profundidade.

No tratamento IP, na camada de 0,75 a 0,90 m a variação de ΔA ocorreu de forma mais expressiva do que nas demais camadas conforme pode ser observado na Figura 9. As alterações ocorreram em função das irrigações e precipitações. No tratamento IDC as variações ocorreram em menor magnitude entre as camadas. A

realização da irrigação e a precipitação ocorrida influenciaram nas pequenas alterações observadas no tratamento. A alteração mais relevante foi observada aos 98 dapp nas camadas de 1,05 a 1,20 m de profundidade. No tratamento ID ocorreram pequenas oscilações na quantidade de água armazenada, aos 69 dapp a variação pode ser observada nas profundidades de 0,75 a 1,20 m de profundidade.

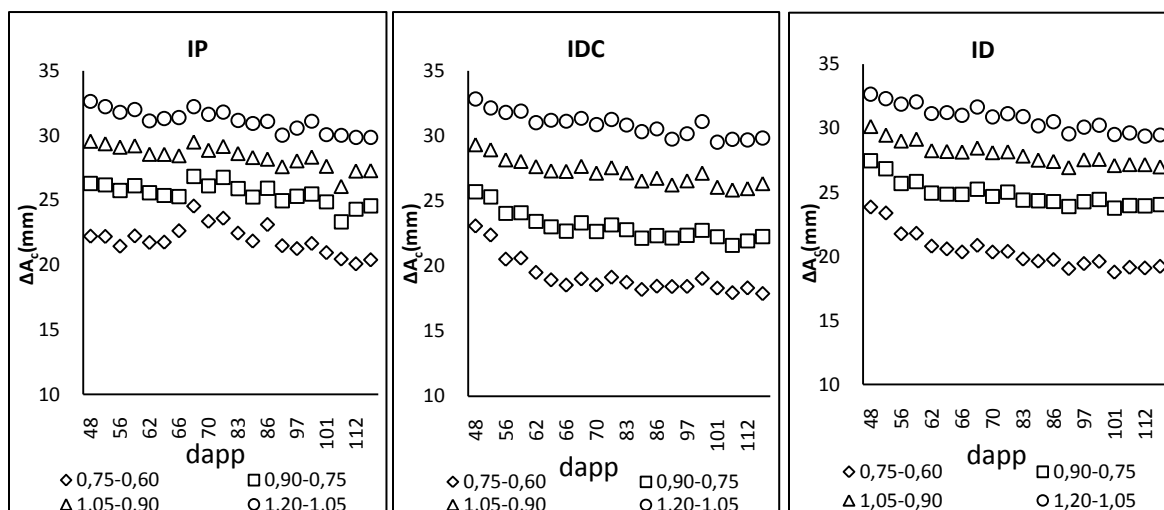


Figura 9 – Variação do armazenamento da água no solo em um mesmo dia de leitura de sonda de neutrons (ΔA_c , mm) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID) nas camadas de solo de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m profundidade.

4.3.2 Variação do armazenamento da água no solo entre duas leituras consecutivas de sonda de neutrons

No tratamento IP a variação do armazenamento de água nas camadas de solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m de profundidade entre duas leituras consecutivas de sonda de neutrons, representada na Figura 10, mostra elevação da quantidade de água em razão da realização da irrigação. No tratamento IDC é possível observar as elevações ocorridas em função das irrigações realizadas aos 70, 71, 87, 90 e 111 dapp. A variação do armazenamento da água no tratamento ID ocorreu de forma semelhante, mas em menor amplitude. Os valores variaram cerca de 5 mm em função apenas da ocorrência de precipitação registradas aos 57, 67, 83, 93, 92, 103 e 104 dapp.

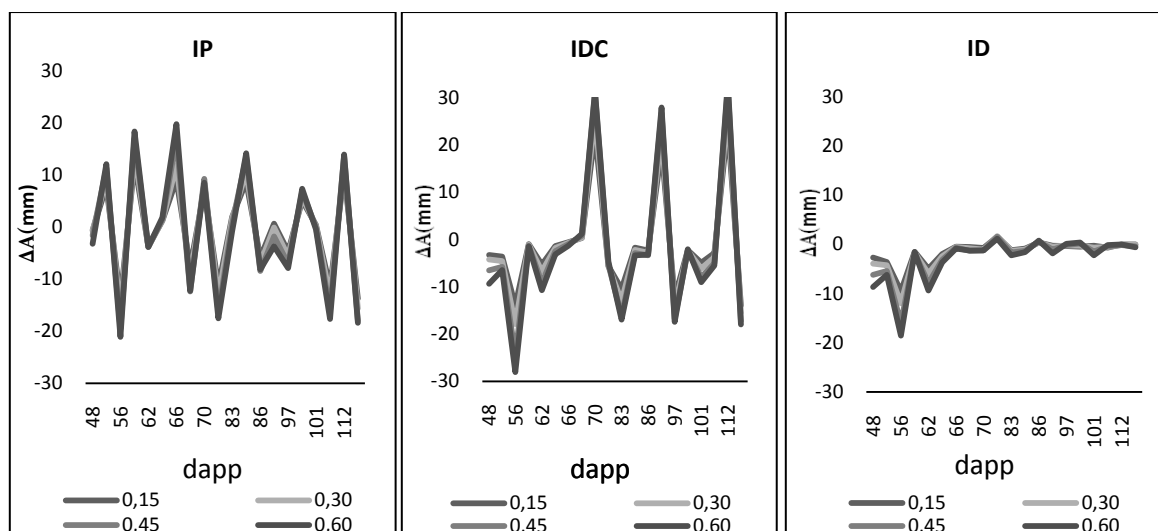


Figura 10 – Variação do armazenamento da água (ΔA , mm) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID) entre duas leituras consecutivas de sonda de neutrons nas camadas de solo de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m de profundidade.

A variação do armazenanento de água nas camadas de solo de 0,75 a 1,20 m de profundidade variou na magnitude de cerca de 20 mm no tratamento IP. As alterações observadas na Figura 11 mostram as modificações ocorridas em função da realização da irrigação. No tratamento IDC é possível observar que as alterações da variação do armazenamento da água no solo nas camadas de 0,75 a 1,20 m de profundidade ocorreram no momento em que foram realizadas as irrigações aos dias 70, 71, 87, 90 e 111 dapp. Os valores variaram na magnitude de 30 mm de água. A quantidade de água armazenada nas camadas de solo de 0,75 m a 1,20 m de profundidade no tratamento ID variou na mangitude de 5 mm correspondente apenas às precipitações ocorridas durante o período de produção.

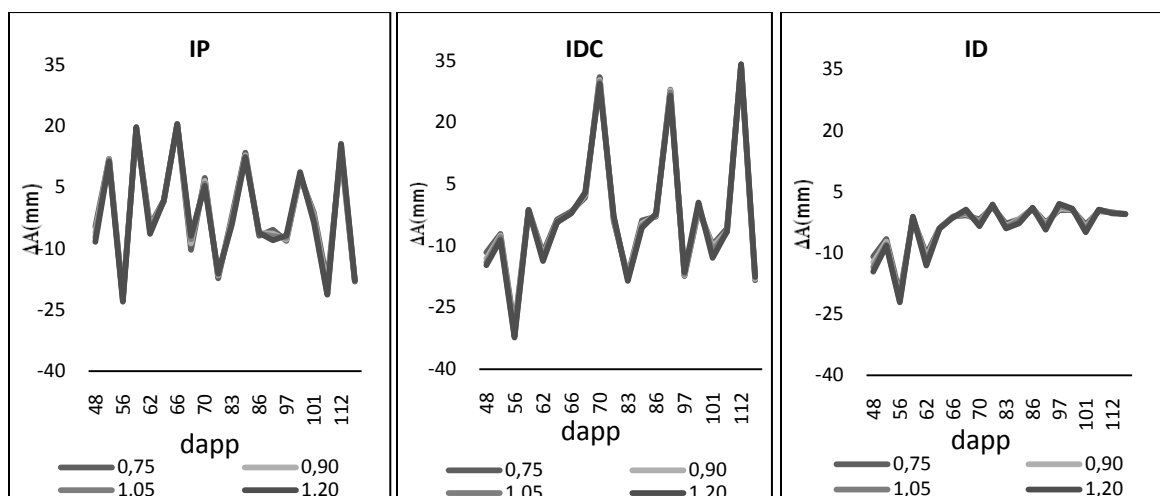


Figura 11 - Variação do armazenamento da água (ΔA , mm) nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID) entre duas leituras consecutivas de sonda de neutrons nas camadas de solo de 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m de profundidade.

Assim, a variação da quantidade de água armazenada no solo, tanto nos tratamentos quanto nas camadas de solo de interesse, um mesmo dia de leitura ou em duas leituras consecutivas, aumentou e diminuiu em função da realização de irrigação e precipitação enquanto que a redução ocorreu em função de drenagem e evapotranspiração.

4.4 Potencial hídrico foliar de base

Aos 56 dapp, embora o maior valor médio de potencial hídrico foliar de base tenha sido encontrado no tratamento IDC, estatisticamente as médias dos tratamentos de irrigação não apresentaram diferença significativa entre si quando submetidas ao teste Tukey a 10 % de probabilidade (Figura 12). A proximidade nos valores de potencial hídrico pode ser explicada em função do pouco tempo de imposição do estresse hídrico. Houve também a ocorrência de precipitação de 1,1 mm na área. Aos 70 dapp, foi registrado um decréscimo significativo nos valores de potencial hídrico foliar de base nos três tratamentos que pode ser justificado pela ocorrência de 8,1 mm de precipitação. Nesse dia houve diferença considerável entre os valores médios de potencial hídrico foliar de base no tratamento IP diferindo-o estatisticamente dos tratamentos IDC e ID. Comportamento semelhante foi observado na leitura realizada aos 86 dapp, apresentando valores iguais para os tratamentos IDC e ID, em média -0,29 MPa enquanto o

tratamento IP apresentou maior valor médio de potencial, tornando-o estatisticamente diferente dos tratamentos IDC e ID. Aos 99 dapp, 54 dias após a interrupção da irrigação, não ocorreram diferenças entre os tratamentos quanto aos valores de Ψ_{pd} . Na última leitura de potencial hídrico, realizada aos 113 dapp, o tratamento IP apresentou diferença estatisticamente significativa em relação aos tratamentos IDC e ID.

Os valores registrados de potencial hídrico foliar de base nas plantas dos tratamentos IP, IDC e ID foram condizentes à quantidade de água aplicada em função de cada manejo de irrigação.

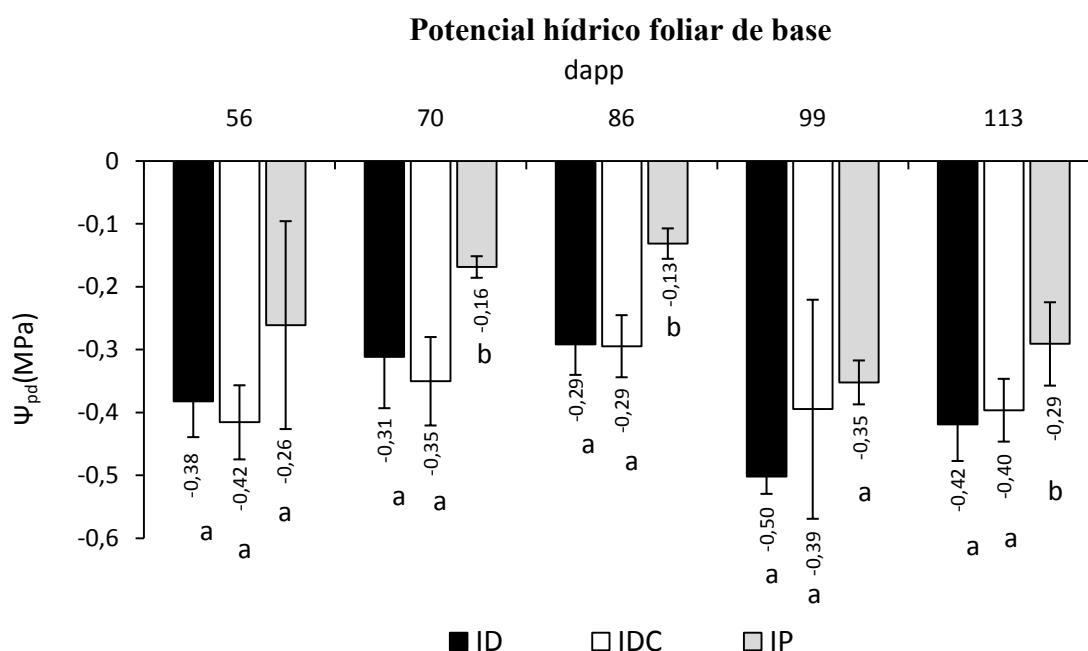


Figura 12 – Potencial hídrico foliar de base (Ψ_{pd}) da videira Syrah/Paulsen 1103 durante o período de produção, nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC) e irrigação deficitária (ID), aos 56, 70, 86, 99 e 113 dias após a poda de produção (dapp).

4.5 Aspectos quantitativos da produção de uvas

A análise de variância não apresentou diferença entre os tratamentos IP, ID e IDC quanto ao número total de cachos por parcela (Tabela 1). Os valores médios do número de cachos por parcela foi de 146,3 , 143,3 e 114,8 , respectivamente, para os tratamentos IP, ID e IDC.

Tabela 1- Análise de variância nos tratamentos de irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao número total de cachos por parcela (un).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	2418,00	1209,00	1,20 ^{ns}
bloco	3	1676,25	558,75	0,55 ^{ns}
erro	6	6024,00	1004,00	
total	11	10118,25		
C.V = 23,51%				

ns - não significativo

Similarmente, a análise de variância realizada para os tratamentos IP, ID e IDC quanto ao número total de cachos por planta, não apresentou diferença significativa, conforme pode ser observado na Tabela 2. Os valores médios do número de cachos por planta foi de 12,4 , 12,8 e 10,3 , respectivamente, para os tratamentos IP, ID e IDC.

Tabela 2 - Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação deficitária controlada (IDC) quanto ao número total de cachos por planta (un).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	14,25	7,12	1,76 ^{ns}
bloco	3	6,77	2,25	0,56 ^{ns}
erro	6	24,18	4,03	
total	11	45,21		
C.V = 17,02%				

ns - não significativo

Entretanto, a análise de variância apresentou diferenças entre os tratamentos IP, ID e IDC, quanto à massa individual de cachos (Tabela 3). A massa individual de cachos obtida no tratamento IP e IDC foram maiores que a do tratamento ID (Tabela 4).

Tabela 3 - Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa individual de cachos por planta (g).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	1356	678	16,24**
bloco	3	1356	452	10,83**
erro	6	250	41,75	
total	11	2962		
C.V = 3,95%				

** - significativo a 1 % de probabilidade

Tabela 4 – Resultados do teste Tukey a 1% de probabilidade nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa individual de cachos por planta (g).

Tratamentos	Massa individual de cacho (g)
ID	150 b
IDC	165 a
IP	177 a

Segundo Ojeda et al (2001), o estado hídrico da planta influi, fortemente, no tamanho dos frutos durante os estádios entre a florada e o início da fase de maturação. As deficiências hídricas entre a floração e o início da maturação causam uma redução no tamanho final da baga, mas elevada disponibilidade de água para a planta no final do período de maturação, após um período de seca, provoca considerável aumento no tamanho da baga (RIZZON; MIELE, 2002).

A superioridade dos valores de massa individual de cachos verificados para os tratamentos IP e IDC, em relação ao tratamento ID, pode ser associada à maior disponibilidade de água para a cultura, a qual promove maior crescimento da baga (alargamento celular), aumentando seu volume e, conseqüentemente, elevando a massa das bagas e dos cachos.

No entanto, a análise de variância não apresentou diferença significativa entre os tratamentos IP, ID e IDC, quanto à variável massa total de cachos por planta, conforme pode ser observado na Tabela 5. Os valores médios foram de 1,70 , 1,91 e 2,16 kg por planta, respectivamente para os tratamentos IDC, ID e IP.

Tabela 5 - Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID), irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa total de cachos por planta (kg).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	0,42	0,21	0,29 ^{ns}
bloco	3	0,19	0,06	0,72 ^{ns}
erro	6	0,84	0,14	
total	11	1,45		
C.V = 19,43%				

ns - não significativo

Quanto ao rendimento total de cachos, a análise de variância também não detectou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6). Os valores médios para os tratamentos IDC, ID e IP foram, respectivamente, 5.677 ton ha⁻¹, 6.367 ton ha⁻¹ e 7.212 ton ha⁻¹.

Tabela 6 - Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID), irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao rendimento total de cachos (Kg ha⁻¹).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	4729226,23	2364613,11	1,50 ^{ns}
bloco	3	2159903,32	719967,77	0,45 ^{ns}
erro	6	9407597,40	1567932,90	
total	11	16296726,96		
C.V = 19,51%				

ns - não significativo

Os valores médios encontrados foram próximos aos encontrados na cultivar Syrah, em ciclo de verão, por Souza et al. (2002), em que a produtividade estimada foi de 10,9 ton ha⁻¹ e próximas dos valores encontrados por Amorim et al. (2005) respectivamente 6.17 ton ha⁻¹ e 7,79 ton ha⁻¹.

A análise de variância apresentou diferença significativa entre os tratamentos de estratégia de irrigação, quanto à massa de 100 bagas para os tratamentos (Tabela 7). O maior peso médio de 100 bagas foi observado no tratamento IP, enquanto que os tratamentos IDC e ID não apresentaram diferenças entre si (Tabela 8).

Tabela 7 - Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa de 100 bagas (g).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	1850	925	11,48**
bloco	3	1092	364	4,52*
erro	6	483	81	
total	11	3425		
C.V = 5,70%				

** - significativo a 1 % de probabilidade; * significativo a 5 % de probabilidade

Tabela 8 - Resultado do teste Tukey a 1 % de probabilidade nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à massa de 100 bagas (g).

Tratamentos	Massa de 100 bagas (g)
ID	147 b
IDC	150 b
IP	175 a

Durante o primeiro período de crescimento a baga é formada e os embriões da semente são produzidos; uma rápida divisão celular ocorre nas primeiras semanas e, no final deste período, o total do número de células da baga está estabelecido (Harris et al., 1968). A dimensão na divisão celular tem importância no eventual tamanho da baga e, a dinâmica da água no solo influencia esse processo.

O aumento no volume da baga, primariamente devido à água, está associado ao aumento de açúcar após a “pinta”. Contudo em algumas variedades (notadamente Syrah), principalmente se cultivada sob clima quente e seco, o aumento em açúcar durante os estágios finais da maturação não é acompanhado pelo aumento do volume da baga, mas é causado pelo murchamento da mesma. Esse murchamento parece estar relacionado com a transpiração da baga (McCarthy, 1999; Santos e Kaye, 2009), o que sugere que a inabilidade da baga permanecer em ótima hidratação nesse ponto do ciclo é devido ao bloqueio de elementos do floema dentro da baga

Em relação ao volume do mosto de 100 bagas, a análise de variância detectou diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 9). O tratamento IP apresentou diferença significativa em relação ao tratamento ID, mas o tratamento IDC não apresentou diferença significativa aos demais tratamentos (Tabela 10).

Tabela 9 - Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao volume de mosto de 100 bagas (mL).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	204,27	102,13	4,48 ^{**}
bloco	3	195,43	65,14	2,86 ^{ns}
erro	6	136,56	22,76	
total	11	536,27		
C.V = 8,30%				

^{**}- significativo a 5 % de probabilidade; ns - não significativo

Tabela 10 - Resultado do teste de Tukey a 5 % de probabilidade nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao volume do mosto de 100 bagas (mL).

Tratamentos	Volume do mosto de 100 bagas (mL)
ID	52,91 b
IDC	56,66 a,b
IP	62,91 a

O tamanho da baga é influenciado pela disponibilidade hídrica do solo. O déficit hídrico geralmente resulta em bagas menores e modifica a composição do fruto (KENNEDY et al., 2002). Roby et al. (2004) avaliaram o efeito do tamanho das bagas e déficit hídrico na composição de uvas Cabernet Sauvignon e observaram que o acúmulo de sólidos solúveis depende do tamanho das bagas e é favorecido por estresse hídrico moderado (entre -1,2 e -1,4 MPa). Em condições de estresse hídrico, o aumento no teor de sólidos solúveis é decorrente da concentração de açúcares como consequência do menor tamanho da baga. Neste caso, as bagas são menores devido à menor disponibilidade de água para a elongação celular (ESTEBAN et al., 2002).

4.6 Aspectos qualitativos da produção de uvas

A imposição de um estresse hídrico moderado à videira em determinadas fases fenológicas tem um impacto positivo sobre a concentração de açúcares, acidez, pH e compostos fenólicos no mosto (DELOIRE et al., 2004), que são os responsáveis pela cor, sabor, corpo e estrutura dos vinhos tintos.

A análise de variância mostrou que os tratamentos de irrigação apresentaram diferenças entre si, quanto à acidez total titulável do mosto, conforme apresentado na Tabela 11. Segundo Bevilaqua (1995), o aumento na quantidade de água aplicada à cultura pode interferir no aumento da acidez total do mosto, contribuindo para a perda da qualidade na industrialização do vinho. No tratamento ID, onde a aplicação da água foi interrompida aos 45 dapp, o mosto apresentou menor acidez total titulável (Tabela 12).

Tabela 11 - Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à acidez total titulável (ATT) do mosto (g L^{-1}).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	1,28	0,64	7,51*
bloco	3	0,19	0,06	0,75 ^{ns}
erro	6	0,51	0,08	
total	11	1,99		
C.V = 3,02%				

*- significativo a 5 % de probabilidade; ns - não significativo

Tabela 12 - Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID), e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto à acidez total titulável (ATT) do mosto (g L^{-1}).

Tratamentos	ATT do mosto (g L^{-1})
ID	9,26 b
IP	9,78 a
IDC	10,05 a

Quanto aos valores de pH do mosto, a análise de variância não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 13). Os valores médios foram 3,17, 3,17 e 3,20 para os tratamentos IP, IDC e ID, respectivamente.

Tabela 13 - Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao pH do mosto.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	0,001667	0,000833	1,00 ^{ns}
bloco	3	0,010000	0,003333	4,00 ^{ns}
erro	6	0,005000	0,000833	
total	11	0,016667		
C.V = 0,91%				

ns - não significativo

Gu et al. (2004) observaram que a restrição hídrica reduz o peso de cacho e da baga, assim como o crescimento dos ramos em videiras „Sauvignon Blanc“, mas sem alterar o teor de sólidos solúveis totais e pH do fruto. Conforme Amorim et al. (2005), a superioridade do valor de pH pode ocorrer pela maior absorção de minerais (cátions) favorecida pela maior quantidade de água aplicada. No caso da uva para vinho, o valor de pH recomendável para o mosto é no máximo 3,30.

A análise de variância quanto ao teor de sólidos solúveis totais (TSS) não apresentou diferenças entre os tratamentos (Tabela 14). Os valores médios foram de 19,55°Brix, 20,00°Brix e 20,10°Brix, respectivamente, para os tratamentos IP, ID e IDC.

Tabela 14 - Análise de variância nos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação deficitária (ID) e irrigação com déficit controlado (IDC) quanto ao teor de sólidos solúveis totais (°Brix).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
tratamento	2	0.886667	0.443333	2,38 ^{ns}
bloco	3	2.936667	0.978889	5,27 ^{ns}
erro	6	1.113333	0.185556	
total	11	4.936667		
C.V = 2,16%				

ns - não significativo

Os valores médios de TSS encontrados são considerados satisfatórios, pois segundo Ribéreau-Gayon et al (2004), para a produção de vinho de qualidade, é necessário que a uva atinja no mínimo 18° Brix de sólidos solúveis totais. Esses mesmos valores também foram superiores ao valor médio de 16,5 °Brix, observado durante quatro safras de verão por Souza et al. (2002). Amorim et. al. (2005) relataram um valor de 21,75 °Brix 15 dias antes da colheita em experimento realizado em Minas Gerais para avaliar a produção extemporânea da cultivar Syrah.

5. CONCLUSÕES

As estratégias de irrigação com déficit controlado e irrigação com déficit, aplicadas a partir de 45 dias após a poda (fase fenológica de cacho fechado), permitiram que o solo apresentasse uma menor quantidade de água armazenada, em relação à irrigação durante todo o primeiro ciclo de produção da videira cv. Syrah/Paulsen 1103. Consequentemente, uma maior quantidade de água no tecido foliar foi observada nas plantas irrigadas durante todo o ciclo, em relação às plantas com déficit hídrico.

No entanto, a imposição do déficit hídrico não ocasionou em diferenças quanto à produtividade agrícola da videira, teor de sólidos solúveis das bagas e pH do mosto, porém, nas plantas irrigadas durante todo o ciclo de produção foram encontrados maiores valores quanto à massa individual dos cachos, massa de 100 bagas e acidez total titulável do mosto.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and drainage paper, 56).

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

ÁVILA NETTO, J. et al. Exigências hídricas da videira na região do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1559-1566, 2000.

BAGGIOLINI, M. Les stades reperes dans le developpement anual de la vigne. **Revue Romande d'Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture**, Lausanne, v. 8, p. 4-6, 1952.

BASSOI, L. H. et al. Preliminary results of a long term experiment about RDI and PRD irrigation strategies in wine grape in São Francisco Valley, Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 754, p. 275-282, 2007.

BEVILAQUA, G. P. Avaliações físico-químicas durante a maturação de videiras cultivadas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 1, n. 3, p. 151-156, 1995.

BINDI, M. et al. Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese grapevines grown in pots. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 56, p. 68-72, 2005.

BINDON, K.; DRY, P.; LOVEYS, B. Influence of partial rootzone drying on the composition and accumulation of anthocyanins in grape berries (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon). **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 4, n. 2, p. 91-103, 2008.

BOLAND, A. M.; MITCHELL, P. D.; JERIE, P. H. Effect of saline water combined with restricted irrigation on peach tree growth and water use. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 44, p. 799-816, 1993.

BOWMAN, J. A.; SIMMONS, F. W.; KIMPEL, B. C. Irrigation in midwest: lessons from Illinois. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 117, n. 5, p. 700-715, 1991.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extrável e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 183-188, 1995.

CHONÉ, X. et al. Stem water potential is sensitive indicator of grapevine water status. **Annals of Botany**, London, v. 87, p. 477-483, 2001.

COELHO, E. F. et al. Irrigação em citros nas condições do Nordeste do Brasil. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 27, n. 2, p. 297-320, 2006.

COOMBE, B. G. Influence of temperature on composition and quality of grapes. **Acta Horticulture**, Leuven, n. 206, p. 23-35, 1967.

COSTA, M. H. **Modelo de otimização dos recursos hídricos para irrigação, conforme a época de plantio**. 1991. 111 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.

COTRIM, C. E. **Otimização da irrigação localizada em pomares de manga no semiárido baiano**. 2009. 164 f. Tese (Doutorado em Irrigação)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

DELOIRE, A.; LOPEZ, F. Y.; CARBONNEAU, A. Réponses de la vigne et terroirs. Eléments pour une méthode d'étude. **Le Progrès Agricole et Viticole**, Montpellier, v. 4, p. 78-86, 2002.

DELOIRE, A. et al. Vine and water a short review. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 38, n. 1, p. 1-13, 2004.

DOKOOZLIAN, N. K.; KLIEWER, W. M. Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. **Journal of American Society of Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 121, p. 869-874, 1996.

DOMINGO, R. et al. Water relations, growth and yield of fino lemon trees under regulated deficit irrigation. **Irrigation Science**, New York, v. 16, p. 115-123, 1996.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 33).

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**, Adelaide, v. 4, p. 140-148, 1998.

DRY, P. R. et al. 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.

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

FIETZ, C. R. Efeito da variabilidade do armazenamento de água no solo na qualidade da irrigação por Aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 150-153, 1999.

FOLEGATTI, M. V. Manejo da irrigação e o meio ambiente. **Notas**, Piracicaba, v. 4, n. 7, p. 1, 1996.

FREEMAN, B. M.; LEE, T. H.; TURKINGTON, C. R. Interaction of irrigation and pruning level on grape and wine quality of Shiraz vines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 31, p. 124-135, 1980.

GOODWING, I.; BOLAND, A. M. Scheduling deficit irrigation of fruit trees for optimizing water use efficiency. In: _____. **Deficit irrigation practices**. Rome: FAO, 2002. p. 67-77.

GOODWING, I.; JERIE, P. Regulated deficit irrigation: from concept to practice. **Australian New Zealand Wine Industry Journal**, Melbourne, v. 7, p. 258-261, 1992.

GU, S. et al. Effects of irrigation amount on water relations, vegetative growth, yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines under partial rootzone drying and conventional irrigation in the San Joaquin Valley of California, USA. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Coventry, v. 79, p. 26-33, 2004.

HARRIS, J. M.; KRIEDMANN, P. E.; POSSINGHAM, J. V. Anatomical aspects of grape Berry development. **Vitis**, Siebeldingen, n. 7, p. 106-109, 1968.

HASIZUME, K.; SAMUTA, T. Grape maturity and light exposure affect Berry methoxypyrazine concentration quality. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 50, p. 194-198, 1999.

HAVERKAMP, R.; VAUCLIN, M.; VACHAUD, G. Error analysis in estimating soil-water content from neutron probe measurements. Local stand point. **Soil Science**, Baltimore, v. 137, n. 2, p. 78-90, 1984.

HEILMAN, J. L. Soil and canopy energy balances in a west Texas vineyard. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 71, p. 99-114, 1994.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 24, p. 519-570, 1973.

INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO. **Brasil vitícola**: principais regiões produtoras. Bento Gonçalves, 2011. Disponível em: <<http://www.ibravim.org.br/regioesprodutoras.php>>. Acesso em: 17 fev. 2011.

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

KASIMATIS, A. N. Differential cropping levels of Zinfandel wines - a progress report on some effects on vine growth, fruit composition and wine quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON QUALITY OF VINTAGE, 10., 1977, CapeTown. **Proceedings...** CapeTown: Oenological and Viticulture Research Institute, 1977. p. 189-194.

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.

KENNEDY, J. A.; MATTHEWS, M. A.; WATERHOUSE, A. L. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 53, p. 268-274, 2002.

KLAR, A. E. **Irrigação**: frequência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.

LEEUEWEN, C.; SEGUIN, G. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* Variété Cabernet Franc, Saint-Emilion 1990). **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 28, p. 81-110, 1994.

LOVEYS, B. R.; STOLL, M.; DAVIES, W. J. Physiological approaches to enhance water use efficiency in agriculture: exploiting plant signalling in novel irrigation practice. In: BACON, M. A. (Ed.). **Water use efficiency in plant biology**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 113-138.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of trits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**, São Diego, v. 43, p. 107-153, 1990.

MATTHEWS, M. A. et al. Dependence of wine sensory attributes on vine water status. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 51, p. 321-335, 1990.

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.

MCCARTHY, M. G. Weight loss from ripening grapevines (*Vittis vinifera* L. cv Syrah). **Australian Journal of Grape & Wine Research**, Adelaide, v. 5, n. 1 p. 10-16, 1999.

MORAES, A. L. **Produção da videira 'Niagara Rosada' em função da desfolha após a colheita**. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MOTA, F. S. et al. Zoneamento climático do Rio Grande do Sul para a videira européia. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DEL VINO Y LA UVA, 6., Caxias do Sul. **Ata das Reuniões...** Porto Alegre: OLAVU, 1974. Não paginado.

OJEDA, H.; DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A. Influence of water déficits on grape berry growth. **Vitis**, Siebeldingen, v. 40, n. 3, p. 141-145, 2001.

ONCINS, J. A. et al. Fito-monitorização: estratégias hídricas na vinha para um vinho de qualidade: o caso do Chardonnay. In. CONGRESO IBERICO DE CIENCIAS HORTICOLAS, 5.; CONGRESO IBERO AMERICANO DE CIENCIAS HORTICOLAS, 4., 2005, Porto. **Anais...** Porto: Associação Portuguesa de Horticultura, 2005. p. 1-6.

POSSNER, D. R. E.; KLIEWER, W. M. The localization of acids, sugars, potassium dans calcium in developing frape berries. **Vitis**, Siebeldingen, v. 24, p. 229-240, 1985.

ROBINSON, S. P.; DAVIES, C. Molecular biology of grape Berry ripening. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 6, n. 2, p. 168-174, 2000.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N. P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1.

RIBÉRAU-GAYON, J. et al. **Traité d'enologie**: 1. Microbiologie du vin: vinifications. 5. ed. Paris: Dunod, 2004. 661 p.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 192-198, 2002.

ROBY, G. et al. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 10, p. 100-107, 2004.

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

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHOLANDER, P. F. et al. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, DC, v. 148, p. 339-346, 1965.

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

SILVA, K. C. M. **Avaliação do manejo da irrigação por microaspersão da cultura do repolho em região semi-árida**. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

SOAR, C. J.; LOVEYS, B. The effect of changing patterns in soilmoisture availability on grapevine root distribution, and viticultural implications for converting full-cover irrigation into a point-source irrigation system. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 13, n. 1, p. 2-13, 2007.

SOUZA, C. M. et al. Indicação de cultivares de videiras para o Sul de Minas Gerais. In: REGINA, M. A. (Coord.). **Viticultura e enologia: atualizando conceitos**. Caldas: EPAMIG, 2002. p. 277-286.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEIXEIRA, A. H. C. **Informações agrometeorológicas do Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 48 p. (Documentos, 168).

TEIXEIRA, A. H. C.; AZEVEDO, P. V. de. Zoneamento agroclimático para a videira europeia no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n.1, p. 137-141, 1996.

TEIXEIRA, A. H. C.; BASSOI, L. H.; SILVA, T. G. F. da S. Estimativa da evapotranspiração da videira para vinho utilizando o balanço de energia e a metodologia proposta pela FAO. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: ABID, 2003. 1 CD-ROM.

TEIXEIRA, A. H. C.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; BASSOI, L. H. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in the São Francisco river basin, Brazil. **Agricultural Water Management**, Columbus, v. 94, p. 31-42, 2007.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 413-416, 1999.

TEIXEIRA, A. H. C. et al. Aptidão agroclimática da cultura da videira no Estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 107-111, 2002.

TONIETTO, J.; FACALDE, I. **Regiões vitivinícolas brasileiras: uvas para processamento**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 134 p.

TONIETTO, J.; TEIXEIRA, A. H. C. O clima vitícola do submédio São Francisco e o zoneamento dos períodos de produção de uvas para elaboração de vinhos. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE PESQUISA, 1., 2004, Recife. **A produção de vinhos em regiões tropicais: anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. p. 41-51. (Documentos, 60).

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

WINKLER, A. J. et al. **General viticulture**. 2nd. ed. Berkeley: University of California, 1974. 710 p.