



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

JULIANO ATHAYDE SILVA

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO PARA ECONOMIA DE
ÁGUA EM VIDEIRA cv. SYRAH NO VALE DO SUBMÉDIO
SÃO FRANCISCO**

**JUAZEIRO – BA
2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Juliano Athayde Silva

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO PARA ECONOMIA DE
ÁGUA EM VIDEIRA cv. SYRAH NO VALE DO SUBMÉDIO
SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus – Juazeiro, para obtenção do título de Mestre em Engenharia agrícola (água e solo).

Orientador Prof. Dr. Luís Henrique Basso

JUAZEIRO – BA
2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Juliano Athayde Silva

**ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO PARA A ECONOMIA DE ÁGUA EM VIDEIRA cv.
SYRAH NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, como requisito para obtenção de título de Mestre.



Prof. Dr. Luís Henrique Bassoi – Orientador
Pesquisador da Embrapa Semiárido



Dr. Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves
Pesquisador da Embrapa Semiárido



Prof. Dr. José Aliçandro Bezerra da Silva
Professor da Universidade Federal do Vale do São Francisco

	Silva, Juliano Athayde
S586e	Estratégias de irrigação para economia de água em videira cv. Syrah no Vale do Submédio São Francisco / Juliano Athayde Silva. - Juazeiro, 2013. XI.; 56f.; il. 29 cm.
	Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, 2013.
	Orientador : Prof. Dr. Luís Henrique Bassoi.
	1. Uva - cultivo. 2. Irrigação. 3. Videira de vinho. I. Título. II. Bassoi, Luís Henrique. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco
	CDD 634.88

DEDICATÓRIA

A **Deus** por estar sempre ao meu lado, iluminando sempre os meus caminhos.
Aos meus pais João Eráclito da Silva e Terezinha Matos de Athayde “in memoriam”
por todo sacrifício, incentivo e apoio em todas as minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Luís Henrique Bassoi pela orientação, paciência, incentivo e apoio;

Aos professores do mestrado Aliçandro, Luís Fernando, Mario Miranda, Marlom, Paulo, Nelci, Silvia pela competência e conhecimentos transferidos;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco pela oportunidade de realização do curso;

À Embrapa Semiárido pela infraestrutura e apoio durante a realização desta pesquisa;

Aos funcionários e amigos do Campo Experimental do Bebedouro Raimundo, Seu Hélio, Expedito, João Filho, Genival, Dedé, Fábio, Cícero, pelo apoio e esclarecimentos durante a realização das atividades de campo.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

Aos pesquisadores da Embrapa Semiárido Davi, Giuliano pela valiosa contribuição.

A minha professora de graduação e minha orientadora no curso de especialização Ana Rita, pela paciência e incentivo;

Em especial:

A Deus, por tudo que conquistei;

A minha família, meus pais, meus avós, pelo minha educação e o apoio dado durante minha vida;

A minha Irmã pela paciência;

A minha tia Lurdes pelo apoio durante todos os anos que morei com ela;

A minha amada namorada Clarice, minha querida sogra Roselita e ao meu sogro Clarismar pelo apoio dado sempre que precisei;

Aos meus queridos primos Saonara, Sidney, Suêda, Gutemberg pelos conselhos dados e por sempre me incentivar nos estudos;

Aos meus amigos Ana Rita Leandro, Bruno Ricardo, Danilo Olegário, Daniela Siqueira, Marlom Gomes da Rocha, Miriam Klébia, Lucileide Brandão, Patrícia Nascimento, Russaika Lírio, Simone Oliveira, Vanessa Souza, Juliane Barreto, Eliel Nascimento e José Francisco;

Aos meus colegas de mestrado Isaak, Alencar, Hídeo, Fábio, Paulo, Marcos Alexandre, Wagner, Sálvio, Renato Lima, Renato Correia e Jailza;

A todos que contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

SILVA, J.A. **Estratégias de irrigação para economia de água em videira cv. Syrah no Vale do Submédio São Francisco**. 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro-BA.

RESUMO

O conhecimento sobre a influência da irrigação na cultura da videira pode contribuir significativamente para o incremento na qualidade das uvas para vinificação. Assim o trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes estratégias de irrigação na videira de vinho quanto ao uso de água pela cultura, ao comportamento fisiológico, e aos aspectos quantitativos e qualitativos da produção. O experimento foi conduzido na Embrapa Semiárido, em Petrolina – PE, em um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, textura média. A videira cv. Syrah, enxertada sobre Paulsen 1103, foi plantada no espaçamento de 3 m entre linhas e 1 m entre plantas, conduzida no sistema de espaldeira e irrigada por gotejamento, com o emissor a uma vazão de $2,6 \text{ L h}^{-1}$ a cada 0,5 m da planta. O parreiral foi submetido aos tratamentos irrigação plena (IP - irrigação durante todo o ciclo da cultura); irrigação com déficit controlado (IDC - interrupção da irrigação a partir da fase fenológica de cacho fechado e eventuais irrigações para o aumento da umidade do solo); e irrigação deficitária (ID - interrupção da irrigação até a colheita). O manejo de irrigação foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ET_c , mm). O delineamento estatístico do experimento foi o de blocos casualizados, com 4 repetições e 3 tratamentos. A umidade do solo foi monitorada semanalmente pela técnica de moderação de neutrons. O potencial mátrico do solo foi monitorado por meio da tensiometria, com leituras realizadas em 2 ou 3 dias por semana. A área foliar da videira foi medida, e o potencial hídrico foliar foi determinado por meio de uma câmara de pressão de Scholander. O número de cachos, o peso total de cachos por planta e pelo peso médio dos cachos foram contabilizados. A determinação do teor de sólidos solúveis totais foi feita por meio de refratômetro manual digital. O pH foi determinado por meio de peagâmetro digital, e a acidez total titulável foi obtida por meio de titulação com hidróxido de sódio. A precipitação pluvial durante o experimento foi de 70,3 mm. A lâmina bruta (LB) aplicada foi de 437,5 mm para o IP; 203,1 mm para o IDC e 167,5 mm para o ID. As variações da umidade do solo diferenciaram-se em função dos tratamentos de irrigação. O potencial de água na folha, o peso dos cachos, o peso médio do cacho, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e a eficiência de uso da água apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, mas a área foliar, o número de cachos por planta e o pH não diferiram entre os tratamentos. Os resultados indicam que é possível a aplicação de estratégias de irrigação com déficit na videira de vinho, obtendo uma boa produtividade e uvas para a vinificação com características diferentes daquelas obtidas com irrigação plena.

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L., semiárido, umidade do solo, potencial hídrico foliar, área foliar, baga de uva.

SILVA, J.A. **Irrigation strategies for water saving in vine cv. Syrah in Submédio São Francisco Valley.** 2013. Dissertation (Master degree in Agricultural Engineering) – Federal University of São Francisco Valley, UNIVASF, Juazeiro, State of Bahia, Brazil

ABSTRACT

The knowledge about the influence of irrigation on vineyards can contribute significantly to the increase in the quality of grapes for winemaking. Thus, the study was carried out to evaluate the effects of different irrigation strategies on yield, crop water use, physiological behavior, and the berry quality. The experiment was carried out at Embrapa Tropical Semi-Arid, Petrolina, State of Pernambuco, Brazil, in a soil classified as Alfissol, medium texture. The grapevine cv. Syrah, grafted on Paulsen 1103, was planted at a spacing of 3 m between rows and 1 m between plants, and drip irrigated with a emitter with 2.6 L h^{-1} flow rate at every 0.5 m. The vines were trained in an espalier system and were irrigated following three treatments: full irrigation (FI) - irrigation throughout the crop cycle; regulated deficit irrigation (RDI) - interruption of irrigation at the beginning of bunch closure and irrigation eventually performed to increase soil moisture in the soil root zone; and deficit irrigation (DI) - interruption of irrigation from the beginning of bunch closure until harvest. The irrigation management was based on crop evapotranspiration (ET_c , mm). The experiment was designed in a randomized block with 4 replications and 3 treatments. Soil moisture was monitored weekly by neutron moderation technique, while soil water matric potential was monitored by tensiometers, with readings taken in 2 or 3 days per week. Leaf area of vines was evaluated and leaf water potential was measured using Scholander's pressure chamber. The number of bunches, total weight of bunches per plant and the average weight of bunch were recorded. Total soluble solids content was measured by a portable digital refractometer, while pH was determined by a digital meter and total titratable acidity was measured by titration with sodium hydroxide. Rainfall during the experiment was 70.3 mm. Gross depth applied was 437.5 mm for FI; 203,1 mm for RDI and 167.5 mm for DI. Variations of soil moisture differed among irrigation treatments. The leaf water potential, total bunch weight per plant, average bunch weight, total titratable acidity, total soluble solids content and water use efficiency differed among treatments, but leaf area, number of bunches per plant and pH did not differ among them. Results indicate that it is possible to apply deficit irrigation strategies on vine, getting good productivity and grapes for winemaking with different characteristics from those obtained with full irrigation.

Key words: *Vitis vinifera* L., semi-arid, soil water content, leaf water potential, leaf area, grape berry

LISTA DE FIGURAS

1	Croqui da área experimental.....	32
2	Valores da precipitação pluvial (mm) registrados durante todo o ciclo de produção da videira cv. Syrah.....	33
3	Lâmina bruta aplicada durante o ciclo de produção de uva no tratamento irrigação plena – IP.....	34
4	Lâmina bruta aplicada durante o ciclo de produção de uva no tratamento irrigação com déficit controlado - IDC.....	34
5	Lâmina bruta aplicada durante o ciclo de produção de uva no tratamento irrigação com déficit - ID.....	35
6	Valores médios da umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m de profundidade, no tratamento irrigação plena – IP.....	36
7	Valores médios da umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m no tratamento irrigação com déficit controlado– IDC.....	37
8	Valores médios da umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m de profundidade no tratamento irrigação com déficit – ID.....	37
9	Valores médios da umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m de profundidade no tratamento irrigação plena - IP.....	37
10	Valores médios da umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m de profundidade no tratamento irrigação com déficit controlado - IDC.....	38
11	Valores médios da umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m de profundidade no tratamento irrigação com déficit - ID.....	38
12	Valores médios do gradiente hidráulico para o tratamento irrigação plena - IP.....	39
13	Valores médios do gradiente hidráulico para o tratamento irrigação com déficit - IDC.....	40
14	Valores médios do gradiente hidráulico para o tratamento irrigação com déficit - ID.....	40
15	Valores médios do potencial de água na folha aos 73, 80, 92, 101, 113 e 120 dias após a poda de produção (dapp).....	42

16 Valores médios da área foliar das folhas aos 69, 87, 100 e 113 dias após a poda de produção (dapp).....	43
17 Valores médios da área foliar dos ramos aos 69, 87, 100 e 113 dias após a poda de produção (dapp).....	44
18 Valores médios da área foliar da planta aos 69, 87, 100 e 113 dias após a poda de produção (dapp).....	44

LISTA DE TABELAS

1	Valores médios do número de cacho, peso total dos cachos (Kg.planta ⁻¹) e o peso médio do cacho (Kg), em função dos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID).....	45
2	Valores médios do pH, da acidez total titulável (ATT) e do teor de sólidos solúveis totais (SST) do mosto, em função dos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID).....	46
3	Valores médios da eficiência do uso da água (EUA) com e sem precipitação pluvial, em função dos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID).....	47

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	13
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 - A cultivar Syrah.....	15
2.2 - O porta-enxerto 1103 Paulsen.....	16
2.3 - Necessidade hídrica e influência da água em videira vinífera para a produção de uvas de vinho	16
2.4 - Manejo da irrigação em videira vinífera para a produção de uvas de vinho ..	18
2.5 - Área foliar.....	19
2.6- Potencial Hídrico Foliar	20
2.7 – Produção.....	22
2.8 - Aspectos qualitativos.....	22
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 – Manejo de irrigação.....	25
3.2 – Determinação da umidade do solo e do gradiente hidráulico da água do solo	28
3.3 – Determinação da área foliar	30
3.4 – Determinação do potencial hídrico foliar	30
3.5 - Determinação de aspectos qualitativos e quantitativos da produção de uvas	31
3.6 – Delineamento estatístico	32
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1- Precipitação pluvial	33
4.2 - Umidade do solo	35
4.3. - Gradiente de potencial hidráulico.....	38
4.4 - Potencial hídrico de água na folha.....	41
4.5 - Determinação da área foliar.....	41
4.6 - Aspectos quantitativos e qualitativos da produção das uvas	44

4.7 - Eficiência de uso da água.....	47
5 - CONCLUSÃO	48
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1 – INTRODUÇÃO

A viticultura na região semiárida do Brasil vem se destacando no cenário nacional, pelos altos rendimentos alcançados, proporcionados pela qualidade e produção de uvas e vinhos finos, resultando na rápida expansão da área cultivada e do volume de produção, tanto de uva para consumo in natura quanto de vinhos.

Atualmente, a área implantada com uvas para vinhos é de cerca de 800 ha, com uma produção anual de aproximadamente 8 milhões de litros, o que corresponde à segunda região vinícola do Brasil, com 15 % da produção nacional de vinhos finos, atrás apenas do Rio Grande do Sul (PEREIRA et al., 2008)

As condições climáticas da região do Vale do Submédio São Francisco, caracteriza-se pela alta disponibilidade de radiação solar e intensidade de luz solar e baixa precipitação pluvial, o que leva à necessidade da prática da irrigação para suprir as necessidades hídricas das plantas (GONÇALVES, 2011).

O manejo incorreto da irrigação onde se tem a aplicação de água de maneira excessiva pode proporcionar a videira um aumento de vigor, causando um desequilíbrio entre área foliar e produção de frutos o que prejudica a qualidade das uvas. Dentre os vários métodos para controlar o vigor, o que mais tem recebido atenção nos últimos anos é o manejo da irrigação. Vinhedos submetidos à irrigação plena durante todo o ciclo de produção são desfavoráveis à produção de vinhos de qualidade.

Com isso, estratégias no manejo da irrigação com restrição hídrica vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de manipular o crescimento vegetativo e reprodutivo da videira, uma vez que estado hídrico tem sido reconhecido como um fator determinante, que influi em todos os aspectos do crescimento e qualidade das uvas para vinificação. A condição hídrica da videira é um importante fator para a definição da qualidade enológica (CHONÉ et al., 2001). O estresse hídrico moderado à videira em determinadas fases fonológicas tem um impacto positivo sobre a concentração de açúcares, acidez, pH e compostos fenólicos no mosto (DELOIRE et al., 2004).

O conhecimento sobre a influência da irrigação na cultura da videira pode contribuir significativamente para o incremento da quantidade e qualidade das uvas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes estratégias de

irrigação, especificamente quanto ao comportamento fisiológico, à produção e à eficiência de uso de água em Petrolina – PE, no Vale do Submédio São Francisco.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - A cultivar Syrah

A variedade Syrah ou Shiraz (*Vitis vinífera* L.) é uma das principais variedades utilizadas na elaboração de vinhos finos. De acordo com Giovannini (2008), sua origem é controversa. Acreditava-se que poderia ser originária de Siracusa, na Itália, ou de Shiraz, no Irã, mas recentes análises de DNA indicam que a Syrah é uma uva autóctone do norte do Vale do Ródano ou de Dauphiné, surgida a partir do cruzamento natural entre 'Mondeuse Blanche' (uva branca) e 'Dureza' (uva tinta).

Independentemente de sua origem, a videira Syrah é cultivada na França há muito tempo, principalmente em Côtes-du-Rhône, Isere e Drôme. Da França, expandiu-se por muitos países, sendo hoje uma das cultivares tintas mais plantadas no mundo. No Brasil, começou a ser plantada comercialmente em Santana do Livramento e na Serra Gaúcha, a partir de mudas importadas por vinícolas destas regiões. É uma casta muito vigorosa e produtiva, características que, aliadas a sua alta sensibilidade a podridões do cacho a tornam de difícil cultivo nas condições ambientais da Serra Gaúcha. Entretanto, nas condições semiáridas do Nordeste, tem mostrado ótimo desempenho no Vale do Submédio do São Francisco.

A planta tem como característica porte semiereto e sua identificação é facilmente percebida devido à presença abundante de pêlos de coloração verde clara e folhas adultas penta lobadas, com seio peciolar aberto. Seus ramos são frágeis, de coloração verde clara e entrenós longos. Trata-se de uma cultivar muito vigorosa, produtiva, respondendo bem à poda curta em regiões quentes. Possui um curto período de maturação e revela-se bastante sensível à podridão no final da maturação (ENTAV, 1995). Seus cachos são grandes, cilíndricos e compostos, com bagas médias, ovóides, pretas, com polpa fundente e sabor neutro e é utilizada na elaboração de vinhos tintos frutados (SOUSA, 2002), com um grande potencial de envelhecimento (JACKSON, 2000).

2.2 - O porta-enxerto 1103 Paulsen

O porta-enxerto cv. 1103 Paulsen, originário da Sicília, Itália, é empregado tanto na enxertia de campo como na de mesa. É vigoroso, apresenta bom desempenho na compatibilidade geral com variedades copa, boa soldadura do enxerto, e proporciona alta tolerância a fungos de solo. É originário do cruzamento do grupo *berlandieri* x *rupestris* (CAMARGO, 2003). Teve grande difusão no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina nos últimos anos porque apresenta tolerância à fusariose, doença comum nas zonas vitícolas da Serra Gaúcha e do Vale do Rio do Peixe, sendo um dos porta-enxertos mais empregados atualmente na Região Sul do Brasil.

Segundo Mottard et al. (1963), Scienza et al. (1980) e Carbonneau (1985), o porta-enxerto 1103 Paulsen é caracterizado como tolerante à seca. Desta forma, determinadas interações entre porta-enxerto e variedade produtora podem induzir a um melhor desempenho da cultivar copa em situação de estresse hídrico, o que pode ser vantajoso no plantio de vinhedos em região de seca prolongada. O porta-enxerto imprime de baixo a alto vigor à copa, retardando a maturação da uva e proporcionando produção de baixa a alta, dependendo da combinação copa/porta-enxerto (GIOVANNINI, 2005).

2.3 - Necessidade hídrica e influência da água em videira vinífera para a produção de uvas de vinho

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 definição de produtividade ideal, com máxima economia de água.

O balanço hídrico da videira tem influência direta sobre a composição da baga, principalmente no teor de açúcar, na acidez (ácido málico e tartárico) e nos compostos fenólicos (OJEDA et al., 2004). O teor de umidade do solo é um fator essencial à composição do balanço hídrico, determinando, segundo a sua

disponibilidade para as plantas, a lâmina de água a se aplicar em cada irrigação (TUBELIS; NASCIMENTO, 1984).

Em vinhedos irrigados, um dos principais problemas para a produção de vinho de qualidade é o aumento do desenvolvimento vegetativo, causando desequilíbrio entre a área foliar e a produção de frutos. Em condição de elevada quantidade de água disponível no solo, o crescimento vegetativo é excessivo e compete com as bagas pelos produtos da fotossíntese. O dossel pode, doravante, cobrir os ramos internos da planta, tendo efeitos negativos sobre a iniciação das gemas florais, maturação dos frutos e fitossanidade (DOKOOZLIAN; KLIEWER, 1996).

Já 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). Segundo Giovannini (2004), a deficiência hídrica durante o período inicial de evolução da videira e no estágio de maturação das bagas inibe o desenvolvimento das bagas, limitando seu tamanho e retarda o seu amadurecimento.

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, portanto, do vinho (ONCINS et al., 2005).

Um problema encontrado pelos 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).

Em locais com temperaturas do ar elevadas, o controle de água no solo favorece maior concentração de açúcar nos frutos, o que permite a obtenção de uvas com maior qualidade (TEIXEIRA et al., 2002). O estresse hídrico controlado resulta em maior área superficial específica de casca, em função do maior número de bagas de menor peso; tal fato tem importância para que ocorra uma maior

extração de polifenóis retidos na casca durante da maceração (SANTOS; KAYE, 2009).

2.4 - Manejo da irrigação em videira vinífera para a produção de uvas de vinho

O manejo da irrigação está diretamente relacionado com as necessidades hídricas das culturas, com as características hidráulicas do sistema de irrigação selecionado e com a capacidade de retenção de água pelo solo na profundidade efetiva das raízes da cultura (SOARES et al., 1998). O conhecimento das necessidades hídricas em diferentes fases fenológicas da cultura permite um controle da irrigação mais racional de acordo com a exigência da cultura, pois tanto o déficit quanto excesso de água podem trazer grandes prejuízos aos cultivos agrícolas.

O manejo correto da irrigação baseia-se principalmente na tomada de decisão sobre o quando irrigar e quanto de água aplicar. Para tanto, existem várias metodologias e critérios para estabelecer programas de irrigação, que vão desde simples turnos de rega a completos esquemas de integração do sistema solo água-planta-atmosfera (HERNANDEZ, 1994).

O manejo inadequado adotado por grande parte dos produtores rurais é indicado como um dos fatores que contribuem para escassez dos recursos hídricos. Somente 40 a 60 % da água que é aplicada à cultura é efetivamente usada pela mesma (a maior parcela na forma de transpiração), sendo o restante perdido no sistema, na propriedade e no campo, por meio da evaporação, do escoamento superficial ou da percolação (ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2001).

Segundo Saad e Libardi (1994), o manejo de irrigação consiste em otimizar a produção em função de um melhor aproveitamento da água à ser aplicada a cultura, fornecendo à planta apenas o requerido, para realização de suas atividades metabólicas, baseado no que foi evapotranspirado, visto que tanto o excesso quanto a falta de água interferem de maneira significativa no rendimento e qualidade das culturas irrigadas e, por consequência, no retorno financeiro dessa produção.

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).

A irrigação com déficit hídrico controlado foi inicialmente desenvolvida para pessegueiros e ameixeiras, com o objetivo de controlar o crescimento, a produção e aumentar a eficiência no uso da água (GOODWING; BOLAND, 2002).

A irrigação com déficit controlado consiste numa estratégia de manejo de irrigação com imposição de um estresse hídrico às plantas por meio 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).

O uso da irrigação com restrição hídrica, além de melhorias na qualidade da uva e dos vinhos, representa uma economia de água utilizada na agricultura, contribuindo para maximizar a rentabilidade ao vinicultor (LOVEYS et al., 2004), proporcionando um uso mais racional dos recursos hídricos.

Para a otimização da eficiência do uso da água de forma a contribuir para a sustentabilidade dos recursos hídricos, a irrigação pode ser manejada 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).

2.5 - Área foliar

A folha é o principal órgão no processo transpiratório, responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente (PEREIRA et al., 1997), razão pela qual o conhecimento da variação temporal do índice de área foliar nas culturas poderá ser útil na avaliação de várias práticas culturais como poda, adubação, irrigação, espaçamento e aplicação de defensivos, entre outros.

O manejo vitícola exige cuidados com a quantidade e a disposição das folhas no dossel vegetativo, pois estas condicionam a interceptação luminosa, da qual a produtividade de matéria seca é dependente (WEYAND; SCHULTZ, 2006).

A biomassa fotossintetizante ou superfície foliar primária é a responsável pela elaboração dos assimilados essenciais ao desenvolvimento do fruto e acúmulo de reservas nos ramos e raízes. Estas reservas, que se depositam no final do período da atividade anual da videira, são essenciais ao início da vegetação do ano seguinte e vão influenciar a longevidade da planta (CHAVES, 1986).

O estudo da área foliar das plantas é de grande importância para a viticultura, em particular, em estudos de ecofisiologia, que objetivam a otimização dos sistemas de condução, das formas e intensidades de irrigação e da análise da atividade fotossintética do dossel vegetal (REGINA et al., 2000). Além disso, a área foliar poderá ter influência direta na qualidade dos frutos proporcionando um maior teor de sólidos solúveis, peso de bagas e melhor coloração no momento da colheita. Para Kliewer; Dokoolian (2005), a área foliar ideal para 1 kg de frutos deve ser entre 0,5 a 0,8 m² para sistema de condução por espaldeira.

2.6- Potencial Hídrico Foliar

A deficiência hídrica indica que o volume de água na planta está abaixo do valor ideal para a realização, sem desgaste excessivo de energia, das funções metabólicas da planta (FITTER; HAY, 1983). Tal acontecimento pode ser verificado a partir da avaliação do potencial hídrico de foliar, sendo determinado antes do amanhecer, o qual evidencia o estado hídrico da planta sem fluxo transpiratório, visto que os estômatos estão totalmente fechados, teoricamente em equilíbrio com o potencial matricial de água no solo (MARINHO, 2008). Esse monitoramento pode ser realizado nas folhas, com auxílio da câmara de pressão do modelo descrito por Scholander et al.(1965).

O potencial de água da folha indica o seu estado energético, cujos gradientes explicam os fluxos da água no sistema solo-planta-atmosfera (BERGONCI et al.,

2000) de modo que, variações no potencial hídrico da folha podem afetar a assimilação do carbono da planta (HSIAO, 1973). Isto porque, se a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, o potencial hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese.

A absorção e o movimento da água na videira são influenciados basicamente pelo teor de água no solo e pela transpiração, mas não se pode deixar de levar em consideração a distribuição e a atividade do sistema radicular (BASSOI; ASSIS, 1996; SOARES; BASSOI, 1995). Em condições ótimas, as raízes absorvem uma quantidade de água suficiente para satisfazer às necessidades da parte aérea (FREEMAN; SMART, 1976).

Uma folha de videira totalmente expandida chega a apresentar de 200 a 300 estômatos/mm², o que lhe permite transpirar em dez horas uma quantidade de água equivalente a três ou quatro vezes o seu peso (BLANKE; LEHYE, 1988). Entretanto, a transpiração da videira é baixa no início da brotação das gemas, mas aumenta com o desenvolvimento da superfície foliar e decresce nas últimas semanas do desenvolvimento dos frutos.

Presume-se que nos horários mais quentes do dia a condutância estomática diminua a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha desça abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água (OREN et al., 1999). O nível mínimo que o potencial hídrico pode atingir durante os horários de transpiração intensa depende tanto de fatores genéticos como de fatores ambientais, mas em condições de baixa disponibilidade de água no solo, as plantas reduzem a perda de água ao diminuírem a condutância estomática (SILVA et al., 2004).

Carbonneau (1998) estabeleceu uma relação entre o potencial hídrico foliar de base (Ψ_b) e o estado hídrico da videira considerando que, para os valores entre 0 e -0,2 MPa de Ψ_b ocorre restrição hídrica ausente a leve; de -0,2 a -0,4 MPa, restrição hídrica leve a média; de -0,4 a -0,6 MPa, a restrição hídrica média a forte; e acima de -0,6 MPa, a restrição hídrica forte.

2.7 – Produção

O cultivo da videira, nas diversas regiões do mundo, está condicionado, à temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar e disponibilidade hídrica no solo que influenciam na produção e qualidade dos frutos (COSTACURTA; ROSELLI, 1980).

A produção da videira depende do número de cachos diferenciados e da distribuição dos assimilados entre a parte vegetativa e o cacho. O número de cachos existentes na planta depende do número de ramos por planta e do número de inflorescências por ramo. Para Chaves (1986), o número de inflorescências depende da fertilidade potencial (número de inflorescências por gema) e da porcentagem de brotação das gemas. A fertilidade potencial pode sofrer variação entre diferentes cultivares, com o tipo e posição da gema no ramo, com as condições climáticas, com a nutrição e com o vigor do ramo.

O número de cachos por gema pode variar de ano para ano, e a variação sazonal, na capacidade de frutificação das gemas pode ser devida a fatores climáticos e a práticas culturais (KLIEWER, 1990).

A falta de água é um fator que durante o crescimento da videira limita a produção e a qualidade da fruta, principalmente, se o déficit hídrico ocorre entre a floração e o início da maturação (FERREYRA et al., 2006).

2.8 - Aspectos qualitativos

O clima possui forte influência sobre a videira, interagindo com os demais componentes do meio natural, em particular com o solo, assim como com a cultivar e com as técnicas agrônômicas de condução da planta. Dentre os elementos do clima, a temperatura apresenta efeito sobre a videira, variável em função das fases do ciclo vegetativo e produtivo da planta. Por exemplo, temperaturas muito elevadas podem resultar em de uvas com maior teor de açúcares, menor acidez e, nas cultivares tintas, menor intensidade de cor (PIVETTA, 2003).

Dentre os estudos preliminares está o da avaliação da evolução da maturação da uva, visando avaliar a data ideal de colheita e o potencial tecnológico da uva para a elaboração de vinho, que em função da região ou do país e do tipo de vinho a ser elaborado, a uva é colhida de acordo com diferentes critérios. O critério mais utilizado é o teor de açúcares, medidos em escala de graus Babo, que representa a percentagem de açúcar existente em uma amostra de mosto, ou em escala de grau Brix, que representa o teor de sólidos solúveis totais na amostra, dos quais 90 % são açúcares (GUERRA, 2002).

O acúmulo de sólidos solúveis totais na uva é em consequência do seu desenvolvimento e maturação, ocorre lentamente em sua etapa de crescimento herbáceo até o início da maturação. A partir deste estágio, essas concentrações adquirem um ritmo de crescimento, com velocidades de acúmulos elevados, decrescendo apenas, quando atingem o ponto de maturação máxima (HIDALGO, 1993).

Dias ensolarados, com temperaturas elevadas e com baixa precipitação favorecem para o aumento na concentração de açúcares nas bagas. Segundo Williams et al., (1994), frutos de videiras com porção interior do dossel bem expostos à luz solar tiveram um aumento na concentração de açúcares, antocianinas e fenólicos totais e um decréscimo no nível de ácido málico, potássio e pH, quando comparados aos frutos produzidos por videiras com pouca exposição da parte interior do dossel.

Além dos sólidos solúveis totais, outro critério para a mensuração da maturação é a acidez. Esse critério, normalmente, é empregado com o teor de açúcares, pois o balanço entre os dois confere ao vinho um equilíbrio gustativo muitas vezes determinante para sua qualidade geral. Os principais ácidos orgânicos das uvas são os ácidos tartárico e málico, e juntos representam mais de 90 % da acidez total (KANELLIS; ROUBELAKIS-ANGELAKIS, 1993).

A acidez condiciona a estabilidade biológica, a cor e as características gustativas dos vinhos. A diminuição da acidez durante o período da maturação ocorre, principalmente, devido à diluição dos ácidos, ocorrida pela entrada de água nas bagas e pela combustão respiratória, em que o principal substrato da respiração é ácido málico e, excepcionalmente, o ácido tartárico. O principal fator que afeta a respiração do fruto é a temperatura (TODA, 1991). Os ácidos da uva diminuem a

partir do início da maturação, até teores que variam entre 5 e 10 g/L (GUERRA, 2003).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido em Petrolina-PE, e localizado na latitude S 09° 08' 08,09", longitude W 40° 18' 33,6" e altitude 373m. A área do experimento foi de 2160 m², com um total de 720 plantas. O solo da área em questão é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, textura média (SILVA, 2005). 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 realizado em 30 de abril de 2009, no espaçamento de 1 m entre plantas e de 3 m entre fileiras. A condução das plantas foi feita no sistema de espaldeira, com três fios de arame.

3.1 – Manejo de irrigação

O sistema de irrigação instalado foi o de gotejamento, com emissores espaçados a 0,5 m da planta, num total de 2 emissores por planta. Durante a condução do experimento, a vazão 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 11 de novembro 2010, na fase de produção do parreiral, a área foi dividida em três terços, e em cada um a vazão foi medida aleatoriamente em três pontos 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 obtida foi de 2,6 L h⁻¹.

A evapotranspiração de referência (ET_o, mm) foi estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) por meio de parâmetros medidos pela estação agrometeorológica automática situada a 60 metros do experimento (Equação 2).

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

em que:

ET_o= evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

R_n= saldo de radiação, MJ m⁻² dia⁻¹;

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

T= temperatura média diária, °C;

U₂= 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 – da poda de produção até a quebra de dormência; 1,0 - da quebra dormência até o pegamento de fruto; 0,8 – do pegamento do fruto até o início da maturação; e 0,5 – do início da maturação até a colheita, segundo recomendação de Bassoi et al. (2007). Assim, o manejo de irrigação foi feito baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c, mm), obtida pelo produto de ET_o.K_c (Equação 3), para os diferentes estádios fenológicos da cultura da videira segundo a escala (BAGGIOLINI, 1952).

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

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;

K_c = coeficiente da cultura;

ET_o = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹.

A lâmina de irrigação foi calculada pela (Equação 4).

$$TI = \frac{(ET_c' \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot Kr)}{(E_i \cdot n \cdot q)} \quad (4)$$

em que:

TI = tempo de irrigação, h;

ET_c' = evapotranspiração da cultura corrigida, mm dia⁻¹; obtido ($ET_c' = ET_c - P$).

P = precipitação, mm dia⁻¹

E_1 = espaçamento entre gotejadores, m;

E_2 = espaçamento entre plantas, m;

K_r = 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.

Durante o período de formação do parreiral (30 de abril de 2009 a 27 de maio de 2010), as plantas receberam a mesma quantidade de água. O primeiro e segundo ciclo de produção ocorreram, respectivamente, entre 13 de abril a 6 de agosto de 2010, e 10 de novembro de 2010 a 28 de fevereiro de 2011. O terceiro ciclo de produção, objeto de estudo dessa dissertação, ocorreu entre 10 de maio (poda de produção) e 8 de setembro de 2011 (colheita), quando foram empregados os seguintes tratamentos: 1 - irrigação plena (IP), em que a irrigação foi realizada

sem restrição hídrica às plantas durante todo ciclo de produção, sendo a irrigação baseada na reposição da ETc, 2 - irrigação com déficit controlado (IDC), em que a irrigação foi realizada para a reposição da ETc até 27 de junho de 2011, aos 48 dapp (dias após a poda de produção), para então interromper aplicação de água a partir de 49 dapp, no estágio fenológico “L” fase de cacho fechado, segundo a escala (BAGGIOLINI, 1952), mas com irrigações eventuais aos 73, 76, 94 e 97 dapp (22 e 25 de julho; 12 e 15 agosto de 2011) para o aumento da umidade do solo na profundidade efetiva do sistema radicular (0,60 m), de acordo com Silva, (2005); 3 - irrigação com déficit (ID), em que a irrigação também foi realizada repondo-se a ETc até os 48 dapp, passando a ser interrompida a partir do 49 dapp e até a colheita, aos 121 dapp (8 de setembro de 2011).

3.2 – Determinação da umidade do solo e do gradiente hidráulico da água do solo

A umidade do solo (θ , $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$) foi monitorada pela técnica de moderação de neutrons, com medidas realizadas semanalmente nas profundidades 0,15, 0,30, 0,45, 0,60, 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m, em 12 pontos de observação (4 por tratamento de irrigação). Em cada ponto foi instalado um tubo de alumínio de 1,50 m de comprimento (1,30 m abaixo da superfície do solo) com 45 mm de diâmetro interno e 1,5 mm de espessura de parede, para acesso de uma sonda de neutrons (SN) Hydroprobe 503.

A determinação da umidade do solo pela SN foi obtida mediante a curva de calibração para esse solo e para essa sonda realizada por Silva (2005), na mesma área experimental, sendo obtida a (Equação 5):

Onde o: $r^2 = 0,9247$

$$\theta = 0,1657 \cdot Lr - 0,0537 \quad (5)$$

em que:

θ = umidade volumétrica ($\text{m}^3.\text{m}^{-3}$)

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.

O potencial mátricial do solo (Ψ_m , kPa) foi medido por meio da tensiometria com tensímetro digital (Equação 6):

$$\Psi_m = -L + ht + hz \quad (6)$$

em que:

L é a leitura do tensímetro digital (mbar);

ht é a distância de entre o nível de solo até o nível de água presente no tubo de acrílico na parte superior do tensiômetro (cm);

hz é a distância entre o nível do solo e a profundidade da cápsula porosa do tensiômetro (cm)

As leituras foram realizadas em 2 vezes por semana. Foram instaladas 6 baterias, cada uma com um tensiômetro instalado a 0,20, 0,40, 0,60, 0,80 e 1,00 m de profundidade, sendo 2 baterias por tratamento de irrigação.

O potencial total da água do solo (Ψ_t) ou simplesmente o potencial hidráulico da água do solo (Ψ_h), por ser considerado apenas os componentes mátricial (Ψ_m) e gravitacional (Ψ_z), foi determinado. Posteriormente, o gradiente do potencial hidráulico da água no solo (grad H) foi determinado por (REICHARDT; TIMM, 2004).

$$\text{grad H} = \frac{(\Psi_t \text{ acima} - \Psi_t \text{ abaixo})}{\Delta z} \quad (7)$$

em que:

Ψ_t é o potencial hidráulico da água no solo (m)

Δz é a distância entre o ponto acima e o ponto abaixo considerado (m)

De acordo com a equação de Darcy-Buckingham, gradiente positivo indica densidade de fluxo de água descendente, e gradiente negativo indica densidade de fluxo de água ascendente.

3.3 – Determinação da área foliar

A medição da área foliar (AF, cm²) foi realizada durante o estágio fenológico “M” da escala proposta por Baggio (1952), após o desbaste dos ramos. Inicialmente, com o auxílio de uma régua plástica flexível, foram tomadas medidas das nervuras laterais (L2 direita e esquerda) da folha oposta ao cacho (folha n). Posteriormente, foram medidas as L2 das folhas de número n + 4, n + 8, n + 11, n + 15, n + 19, n + 22 e n + 26. A escolha das folhas foi baseada na metodologia proposta por Carbonneau (1976). Os valores do comprimento das nervuras L2 (direita e esquerda) de cada folha foram somados e a superfície foliar primária da videira cv. Syrah foi estimada por meio da equação de regressão proposta por Regina et al. (2000), (Equação 8):

$$AF = 41,5501 - 5,0167x + 0,5269 x^2. \quad (8)$$

em que:

X é o somatório do comprimento da nervura L2 direita e esquerda, cm

As medidas foram realizadas em 2 plantas por bloco, de cada tratamento, no qual foi escolhido um ramo representativo, totalizando 8 plantas/tratamento.

3.4 – Determinação do potencial hídrico foliar

Após o início dos tratamentos de irrigação, aos 49 dapp, foram realizadas medidas do potencial hídrico foliar de base (Ψ_{pd} , MPa), entre as 2:30 h a.m. e 5:00 h a.m., em cada tratamento de irrigação, aos 73, 80, 92, 101, 113 e 120 dapp (respectivamente, 22 e 29 de julho; 10, 19 e 31 de agosto; e 7 de setembro de 2011). As medidas de Ψ_{pd} foram realizadas do estágio fenológico de maturação até o estágio fenológico de cacho maduro, sendo a última leitura ocorrida um dia antes da colheita. Em cada data, foram coletadas amostras de folhas adultas na porção mediana de ramos produtivos (2 folhas por fileira de plantas em cada tratamento),

para a medição imediata do Ψ_{pd} , por meio da câmara de pressão PMS Instrument Co, model 1000, conforme metodologia descrita por Scholander et al. (1965).

3.5 - Determinação de aspectos qualitativos e quantitativos da produção de uvas

Aos 121 dapp (8 de setembro de 2011), a produção em cada parcela (48 plantas) foi avaliada por meio do número de cachos (NC), peso total (PT) de cachos por planta e pelo peso médio dos cachos por planta, obtido pela relação entre PT/NC. Amostras de bagas foram acondicionadas em sacolas plásticas e transportadas para o Laboratório de Enologia da Embrapa Semiárido. No laboratório, foi obtida a massa de 100 bagas por meio de uma balança semi-analítica; em seguida, as bagas foram manualmente maceradas e peneiradas, para extração do mosto, sendo o volume verificado em uma proveta graduada de 100 ml. Esse mesmo mosto foi utilizado para realização de análises das características químicas, como teor de sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez total titulável (ATT). Para verificação dos SST foi feito uso de refratômetro manual digital de marca ATAGO (Modelo Pocket PAL-1), sendo a leitura expressa em °Brix. Para a medição do pH, foi utilizado 5 mL do mosto diluído em 50 mL de água, para a imersão do eletrodo medição por meio de um peagâmetro marca TECNAL, a uma temperatura de 20°C. Em seguida com a obtenção do pH, realizou-se a titulação do mosto, adicionando solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, até a solução atingir o pH de valor 8,2, que indica a estabilização dos ácidos. O volume gasto de NaOH é utilizado na (Equação 9) para o cálculo da acidez total titulável (ATT), que representa o teor de ácidos orgânicos, principalmente de ácido tartárico da polpa, sendo o resultado expresso em porcentagem de ácido tartárico. A metodologia descrita foi conforme OIV (1990).

$$ATT = \frac{v \cdot N_{(NaOH)} \cdot 1000}{5} \cdot 0,075 \quad (9)$$

em que:

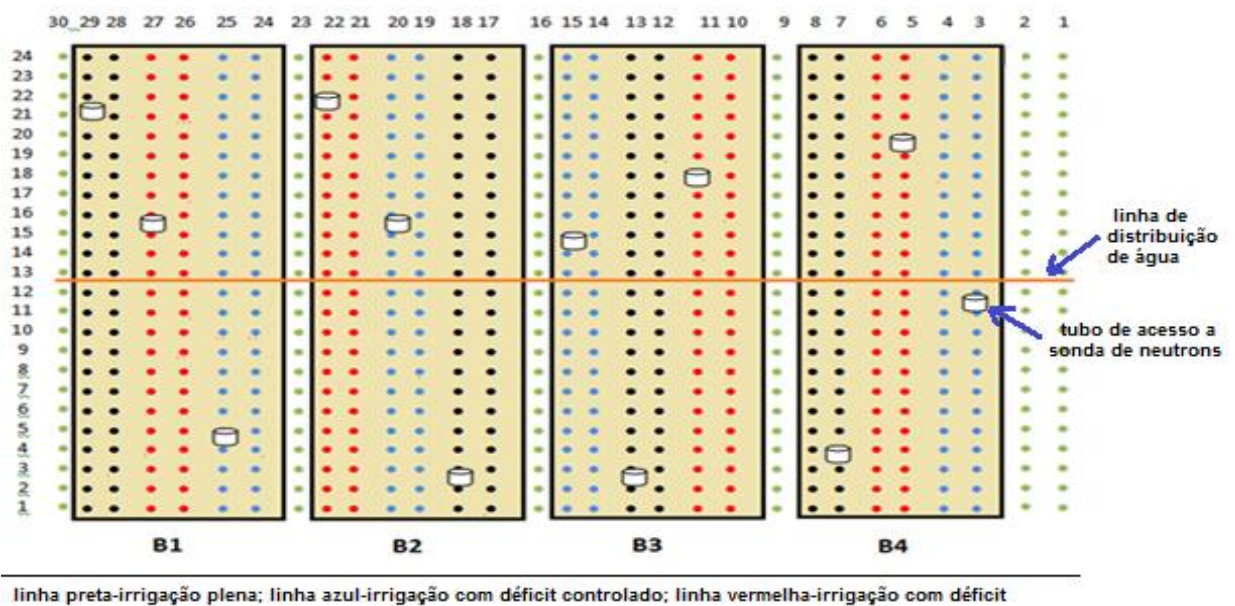
ATT = acidez total titulável, g.L-1 de ácido tartárico;

v = volume gasto da amostra, mL;

N = normalidade do hidróxido de sódio (NaOH), (0,1)

3.6 – Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, com 3 tratamentos (manejo de irrigação) e 4 repetições. Cada parcela foi composta por 2 fileiras de plantas, cada fileira com 24 plantas (Figura 1).



* B1 - bloco 1, B2 - bloco 2, B3 - bloco 3 e B4 - bloco 4

Figura 1: croqui da área experimental

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Precipitação pluvial

A precipitação pluvial ocorrida durante todo o ciclo de produção (maio a setembro de 2011) foi de 70,30 mm (Figura 2). Após o início dos tratamentos de irrigação a precipitação foi de 26,8 mm, que ocorreu desde a fase fenológica de maturação até a fase fenológica de cacho maduro. O último dia de chuva foi aos 108 dapp (5,2 mm).

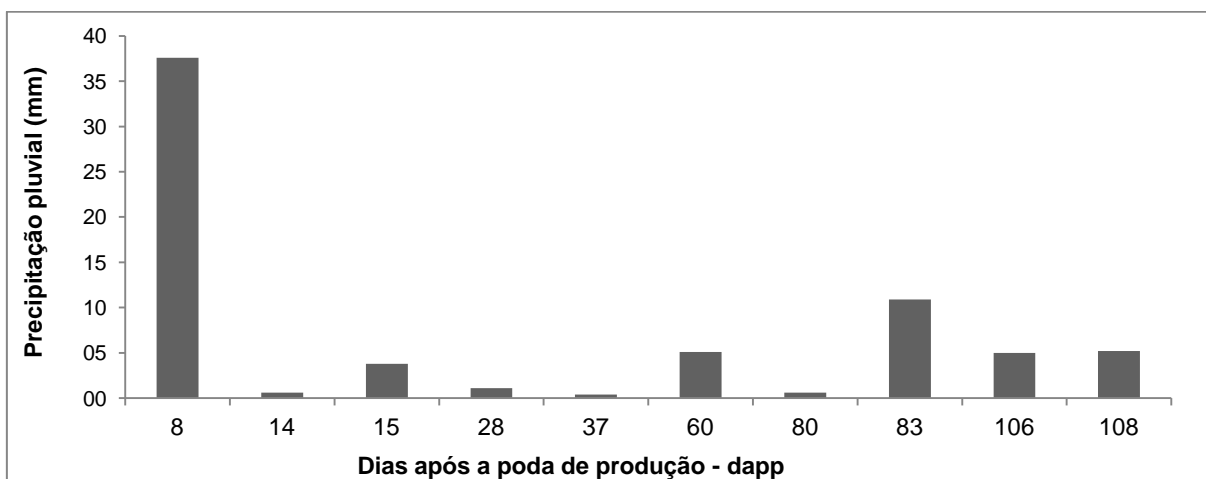


Figura 2 : Valores da precipitação pluvial (mm) registrados durante todo o ciclo de produção da videira cv. Syrah.

O valor da evapotranspiração de referência (ET_o) durante todo o ciclo de produção de uva foi de 486,1 mm, e a evapotranspiração da cultura (ET_c) foi de 375,8 mm. Os valores médios da ET_o e da ET_c para o período de 121 dias foram de 4,0 e 3,1 mm dia⁻¹, respectivamente. Os maiores valores de ET_o e ET_c foram 7,3 mm dia⁻¹ (114 dapp, 1 de setembro de 2011) e 5,5 mm dia⁻¹ (76 dapp - 25 de julho de 2011). Netto et al. (2000), trabalhando com videira (*Vitis vinifera* L.), cultivar Itália em trabalho realizado no campo experimental de Bebedouro, pertencente a

Embrapa Semiárido, no período de maio a agosto, obteve valores de 333,6 mm de ETc.

A lâmina bruta (LB) foi de 437,5 mm para o tratamento IP onde a aplicação de água foi durante todo o ciclo, para o tratamento IDC a LB foi 203,1 mm com interrupção da irrigação aos 49 dapp, voltando a irrigar aos 73, 76, 94 e 74 dapp e para o tratamento ID a LB foi 167,5 mm sendo a irrigação interrompida aos 49 dapp ficando sem irrigar até a colheita (Figuras 3, 4 e 5, respectivamente). Os valores médios de LB foram de 3,3 mm dia⁻¹ para o tratamento IP, com 67 dias de irrigação; 3,5 mm dia⁻¹ para o tratamento IDC, com 30 dias de irrigação, e 3,3 mm dia⁻¹ para o tratamento ID, com 26 dias de irrigação. Correia (2012), em experimento conduzido na mesma área, durante o ciclo de produção de 10 de novembro de 2010 a 28 de fevereiro de 2011, obteve valores totais de 242,4 mm para a ETc, 584,2 mm para a ETo e valores de LB total 385,4 mm, 256,2 mm e 247,8 mm, respectivamente, para os tratamentos IP, IDC e ID.

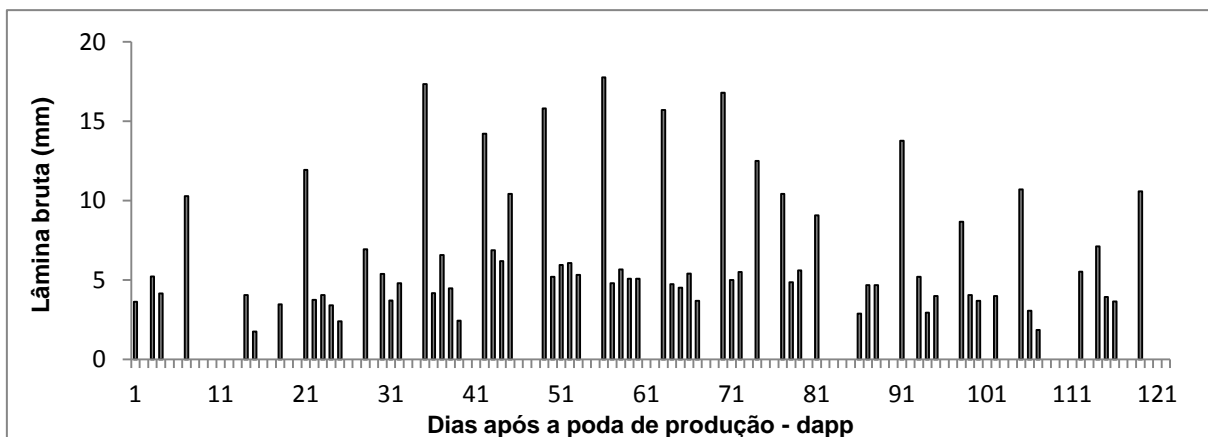


Figura 3 : Lâmina bruta aplicada durante o ciclo de produção de uva no tratamento irrigação plena - IP.

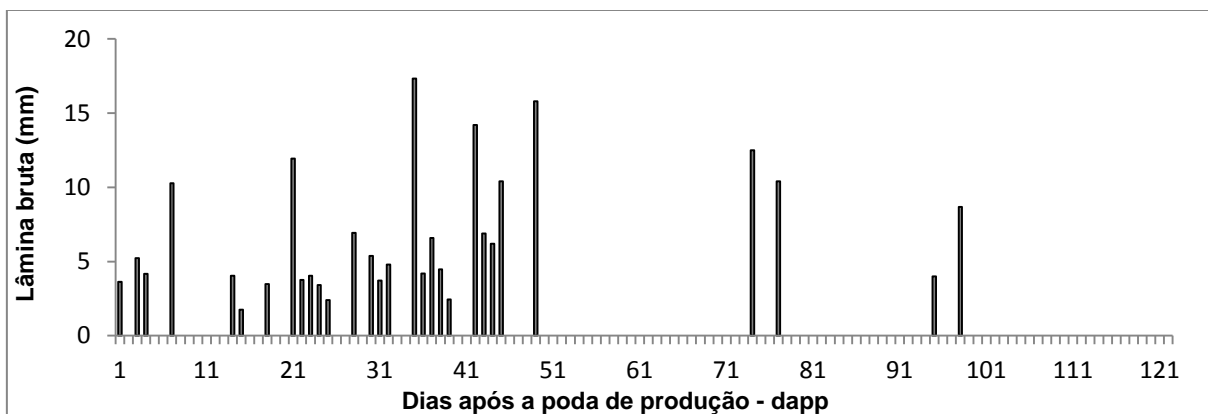


Figura 4: Lâmina bruta aplicada durante o ciclo de produção de uva no tratamento irrigação com déficit controlado - IDC.

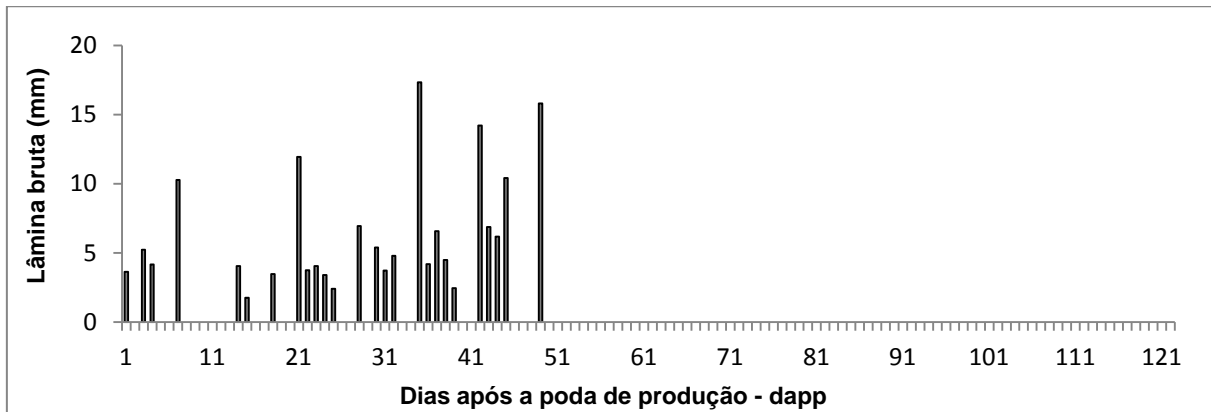


Figura 5: Lâmina bruta aplicada durante o ciclo de produção de uva no tratamento irrigação com déficit - ID.

4.2 - Umidade do solo

A lâmina bruta de água (LB) foi aplicada de maneira igual em todos os tratamentos de manejo de irrigação até os 48 dapp, no dia seguinte foi iniciada a interrupção da aplicação de água para os tratamentos IDC e ID. Com isso, os valores médios da umidade θ em cada tratamento apresentaram comportamento semelhante para as profundidades entre 0,15 e 0,60 m até 49 dapp (Figuras 6, 7 e 8). Posteriormente, o tratamento de irrigação IP teve um pequeno aumento e logo em seguida uma diminuição de θ , devido ao aumento do valor de k_c de 0,7 para 1,0 aos 22 dapp, a redução para 0,8 aos 83 dapp e para 0,5 aos 91 dapp (Figura 6). No tratamento IDC, a θ foi decrescendo nas profundidades de 0,15 a 0,60 m, a partir de 59 dapp; aos 73, 76, 94 e 97 dapp, foram realizadas irrigações que proporcionaram a elevação de θ a 0,15, 0,30 e 0,45 m de profundidade (Figura 7). No tratamento ID, que ficou 72 dias sem irrigação, também a partir dos 59 dapp a θ apresentou valores baixos e com pouca variação, isso ocorreu por conta da restrição da água imposta ao tratamento. (Figura 8). Aos 83 dapp, por conta da precipitação de 10,9 mm, houve um pequeno aumento de θ a 0,15 m de profundidade. Deve-se considerar que a profundidade efetiva do sistema radicular para a videira Syrah sobre o porta-enxerto Paulsen 1103 é de 0,60 m, de acordo com Silva (2005), o que contribui para a maior absorção de água até essa profundidade e, conseqüentemente, uma maior variação para os valores de θ , por conta do processo de evapotranspiração.

Para as profundidades entre 0,75 e 1,20 m os valores de θ foram mais elevados que os encontrados nas profundidades superiores (0,15 e 0,60 m). Além disso, foi observado uma menor variação nos valores de θ , isso ocorre por conta da diminuição das raízes efetivas, que como foi informado anteriormente encontra-se até 60 cm de profundidade.

A elevação da θ aos 13 dapp, se deu por conta da precipitação de 37,6 ocorrida aos 8 dapp, em seguida até próximo aos 49 dapp a θ para os três tratamentos tiveram comportamentos semelhantes. No tratamento IP (Figura 9) a umidade até próximo aos 80 dapp permaneceu com pouca variação, a partir de 87 dapp houve uma diminuição θ principalmente para a profundidade 0,75 e 0,90 m, por conta da redução do K_c . Para os tratamentos IDC e ID (Figuras 10 e 11, respectivamente) os resultados foram bastante semelhantes. A partir de 49 dapp, a redução de θ foi nítida, devido à interrupção da irrigação imposta aos tratamentos, a partir de 77 dapp, houve uma estabilização dos valores de θ até o final do ciclo de produção. As irrigações realizadas aos 73, 76, 94 e 97 dapp no tratamento IDC não ocasionaram aumento de θ nas profundidades de 0,75 a 1,20 m, mostrando que a irrigação umedeceu mais as camadas entre 0,15 e 0,60 m e por conta da demanda hídrica nessas camadas, a irrigação não interferiu nos valores de θ nas camadas mais profundas.

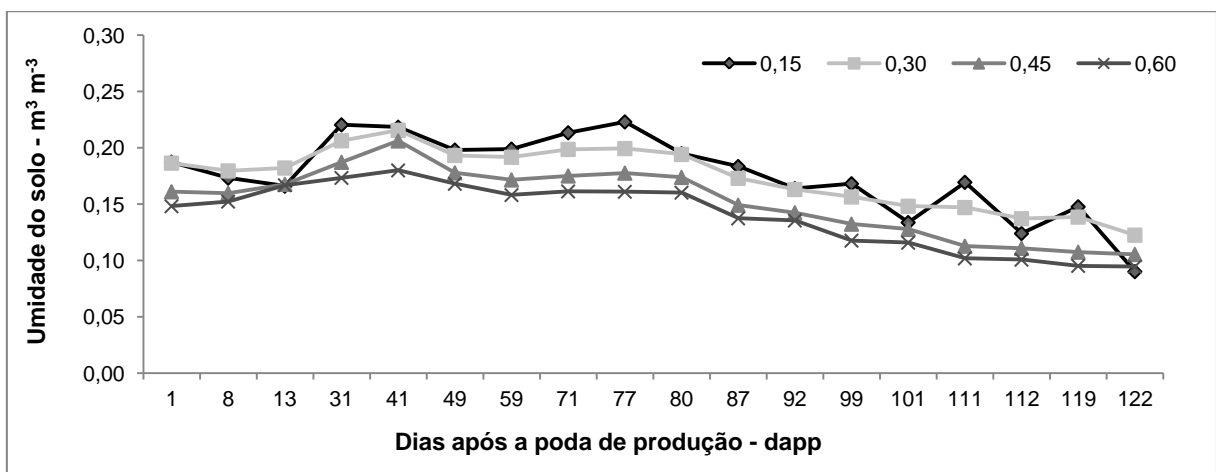


Figura 6: Valores médios da umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m de profundidade, no tratamento irrigação plena – IP.

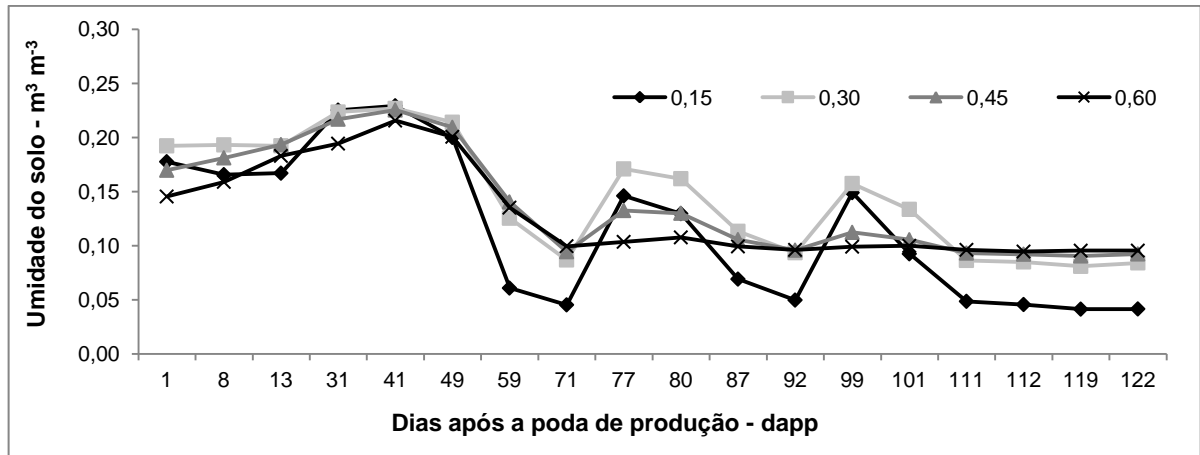


Figura 7: Valores médios da umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m no tratamento irrigação com déficit controlado- IDC.

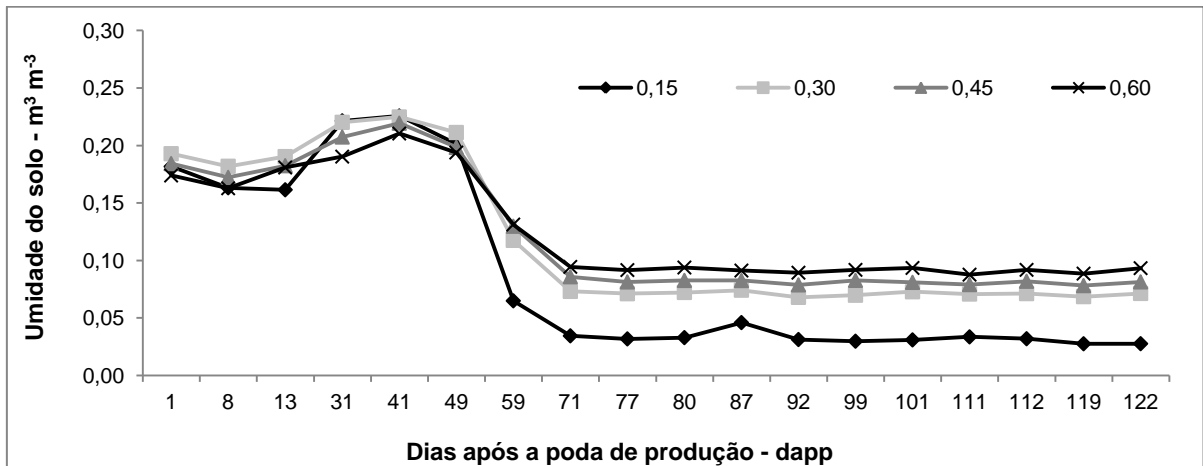


Figura 8: Valores médios da umidade do solo a 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m de profundidade no tratamento irrigação com déficit - ID.

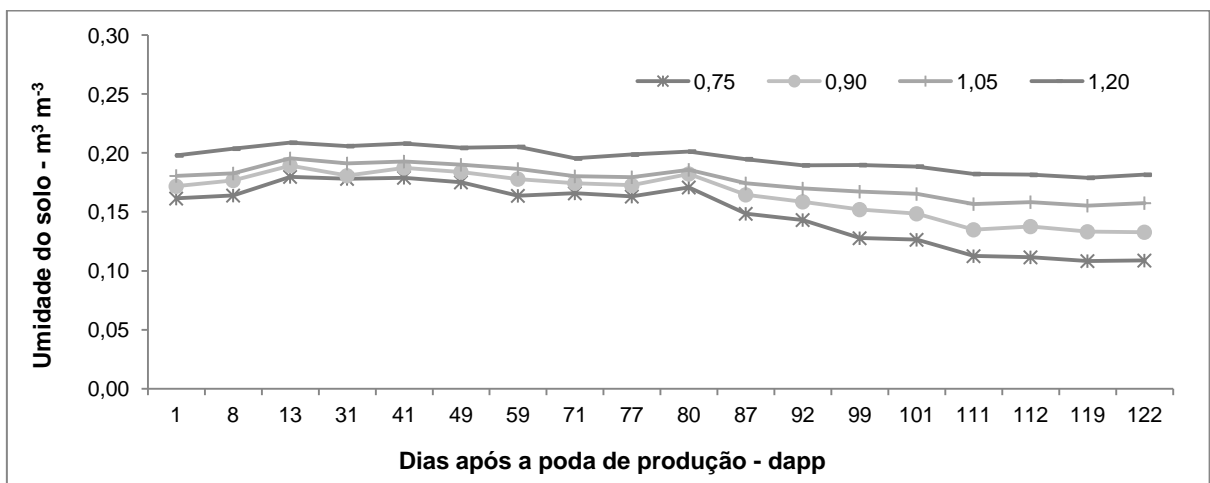


Figura 9: Valores médios da umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m de profundidade no tratamento irrigação plena - IP.

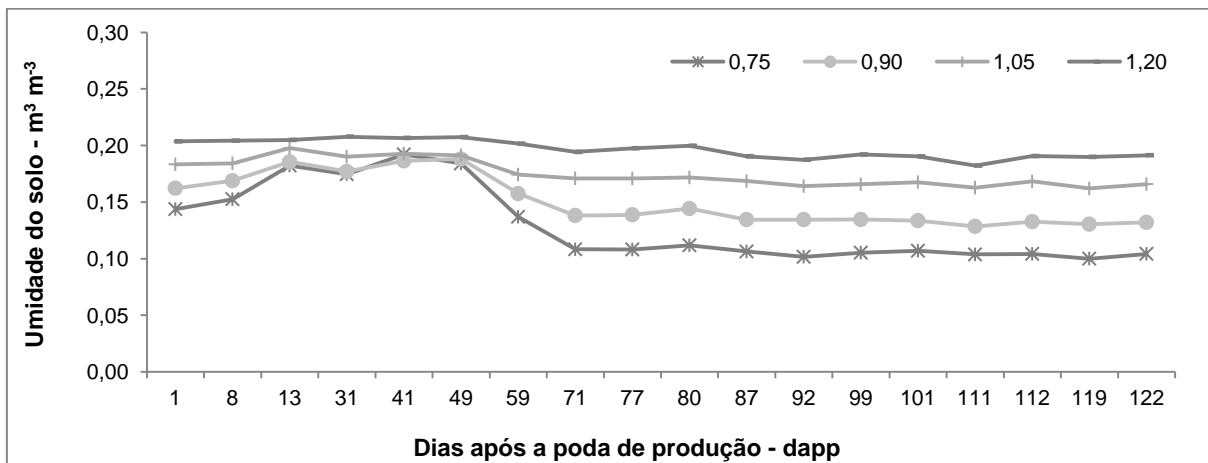


Figura 10: Valores médios da umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m de profundidade no tratamento irrigação com déficit controlado - IDC.

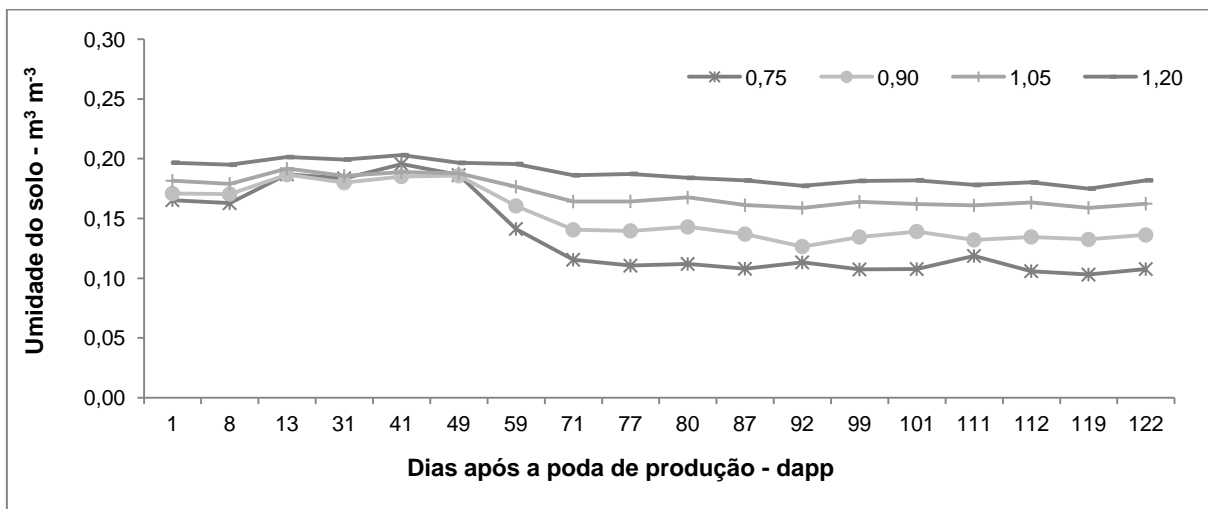


Figura 11: Valores médios da umidade do solo a 0,75, 0,90, 1,05 e 1,20 m de profundidade no tratamento irrigação com déficit - ID.

4.3. - Gradiente de potencial hidráulico

No tratamento IP (Figura 12), os valores positivos do grad H indicam a presença de fluxo de água descendente que aconteceu até 65 dapp entre todas as profundidades consideradas, a partir dos 69 dapp os valores se tornaram negativos para a profundidade entre 0,6-1,0 m indicando fluxo água ascendente, já para as profundidades entre 0,2-0,6 m e 0,4-0,8 cm os valores continuaram positivos, com exceção para os 90, 104, 111 e 118 dapp onde os valores para a profundidade entre

0,4-0,8 m tiveram valores de potencial negativos devido ao déficit hídrico ocasionado pelo período de dois dias sem irrigação (sábados e domingos), como a leituras de tensiometria aconteceram antes da irrigação das segundas-feiras ocorreu uma queda acentuada nos valores de gradiente hidráulicos. No tratamento IDC (Figura 13), a existência de fluxo de água ascendente começa a ser observada a partir dos 49 dapp, após a interrupção da irrigação, entre 0,2-0,6 m e 0,4-0,8 m e, posteriormente, aos 58 dapp, entre 0,6-1,0 m que continuou até 118 dapp para essa profundidade. No entanto, a partir de 62 dapp, a presença de grad H positivo que indica o fluxo de água descendente entre 0,2-0,6 m de profundidade foi observada, isso ocorreu por conta da precipitação que ocorreu aos 60 dapp, aos 76 e 97 dapp foi observado também à presença de grad H positivo, nesse caso o fluxo água descendente se deu por conta de irrigações realizadas ao tratamento IDC próximas a essas datas. Para a profundidade entre 0,4-0,8 m o grad H positivo ocorreu próximo aos 76 dapp, no decorrer das leituras praticamente todas tiveram grad H negativo. No tratamento ID (Figura 14), até os 48 dapp comportamento do grad H se aproxima do ocorrido no tratamento IDC (Figura 13), já a partir dos 55 dapp as profundidades entre 0,4-0,8 e 0,6-1,0 m tiveram valores de grad H negativos que indica fluxo de água ascendente ocorrendo até os 118 dapp. Para a profundidade 0,2-0,6 m as leituras mostraram em sua grande maioria valores de grad H positivos, indicando fluxo de água descendente, os picos dos grad H para essa profundidade que ocorreram aos 65 e 83 dapp foi por conta da precipitação que ocorreu aos 60, 80 e 83 dapp o que influenciou nos valores elevados de grad H para essa profundidade.

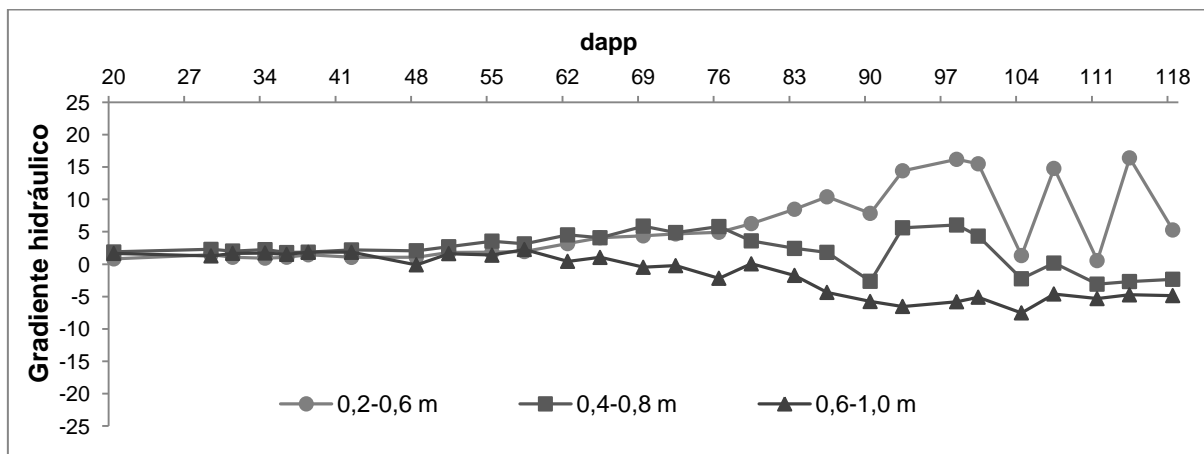


Figura 12: Valores médios do gradiente hidráulico para o tratamento irrigação plena - IP.

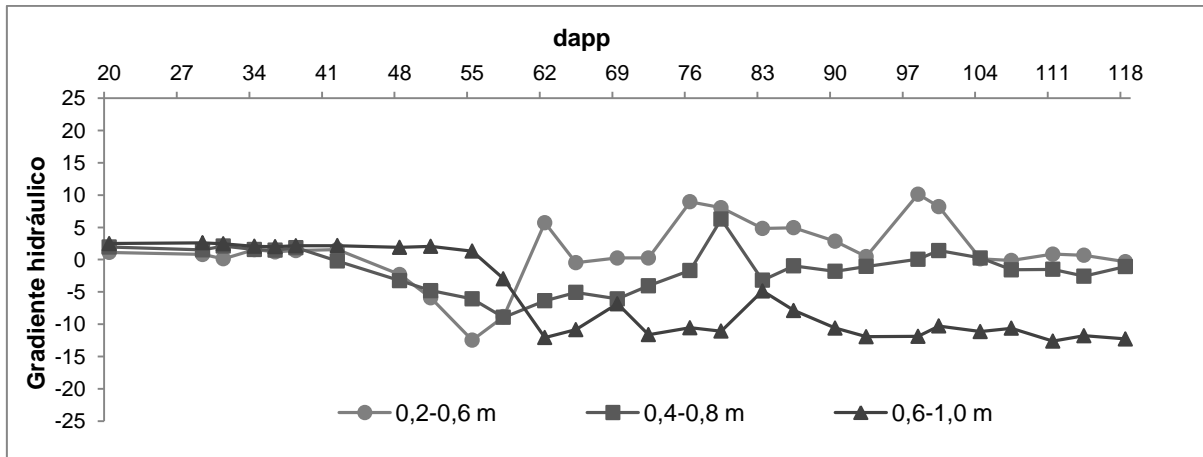


Figura 13: Valores médios do gradiente hidráulico para o tratamento irrigação com déficit - IDC.

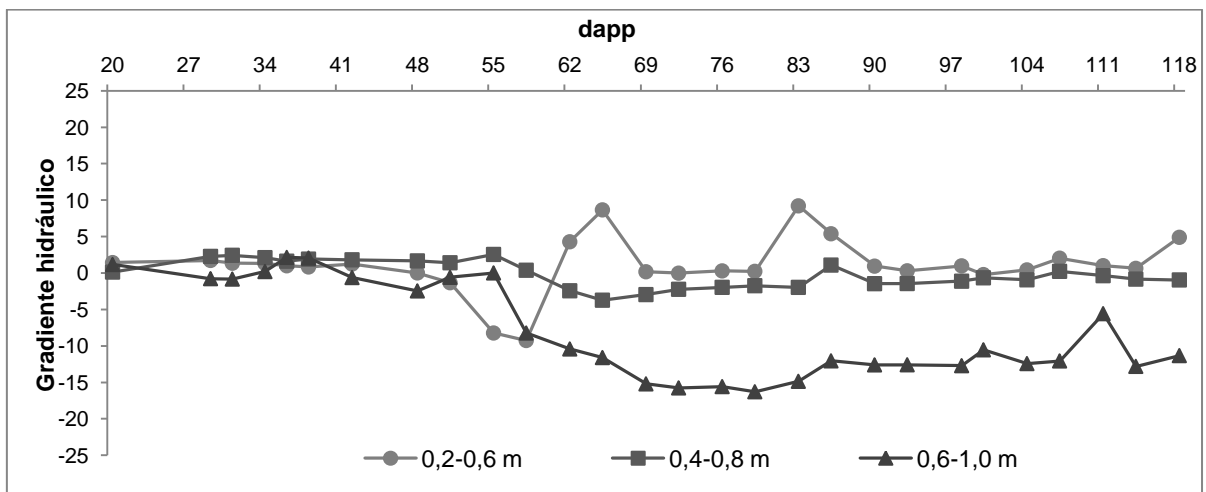


Figura 14: Valores médios do gradiente hidráulico para o tratamento irrigação com déficit - ID.

Assim, entre as camadas de 0,4 e 0,8 m e de 0,6 e 1,0 m de profundidade, os tratamentos IDC e ID apresentaram valores de gradiente hidráulico negativos e de maior magnitude que o tratamento IP, em consequência desse comportamento o gradiente hidráulico indicam uma maior contribuição das camadas de solo abaixo de 0,4 m nos tratamentos IDC e ID, por meio do fluxo de água ascendente, ao processo de evapotranspiração da videira, em decorrência do comportamento da umidade no perfil de solo apresentado nas (Figuras 6 à 11).

Grande parte dos solos irrigados do Semiárido apresentam problemas relacionados à drenagem, o que pode estar relacionado à presença de camadas subsuperficiais adensadas, com pequena a média profundidade do solo, e que aliado à prática da irrigação constante ao longo do ano, contribui para o acúmulo de

água nas camadas de solo potencialmente exploradas pelas plantas. A profundidade efetiva do sistema radicular da videira foi de 0,6 m de profundidade, mas algumas raízes alcançam a profundidade de 1 m, a partir do final do período de formação do parreiral, 16 meses após o plantio (SILVA, 2005). Portanto, mesmo ocorrendo práticas de irrigação com déficit em parte do ciclo, a umidade do solo apresentou valores elevados abaixo de 0,75 m de profundidade (Figuras 9, 10 e 11), o que pode proporcionar à planta uma condição hídrica que supra suas necessidades.

4.4 - Potencial hídrico de água na folha

O potencial de água na folha (Figura 15) foi maior no tratamento IP ao longo do período de determinações. Aos 73 dapp, 25 dias após o início da interrupção da irrigação, o tratamento IP foi superior aos demais. Aos 80 dapp, os tratamentos IP e IDC foram estatisticamente semelhantes, devido à irrigação realizada aos 73 e 76 dapp para reposição de água no tratamento IDC, e maiores que o do tratamento ID; em todos os tratamentos, os valores de Ψ_{pd} foram maiores que os observados na primeira determinação, aos 73 dapp. Aos 92 dapp, os tratamentos IDC e ID foram, estatisticamente semelhantes entre si, mas menores que o tratamento IP. Aos 101 dapp o comportamento observado aos 80 dapp se repetiu em função das irrigações ocorridas aos 94 e 97 dapp. Aos 113 dapp, os tratamentos diferenciaram entre si, pois as precipitações ocorridas aos 106 e 108 dapp foram de baixa magnitude (10 mm) não influenciando nos resultados. Aos 120 dapp, os valores Ψ_{pd} para o tratamento IDC e ID foram iguais estatisticamente e diferentes do tratamento IP que novamente teve maior leitura de Ψ_{pd} .

Os valores médios do potencial hídrico foliar foram próximos aos encontrados por Bassoi et al (2011) em experimento localizado na mesma área e no primeiro ciclo de produção da videira, quando os valores médios de potencial foram -0,25 MPa para o tratamento IP, -0,37 MPa para o tratamento IDC e -0,38 MPa para o tratamento ID. Os valores de Ψ_{pd} obtidos por Correia (2012), também na mesma área e no segundo ciclo de produção da videira, foram -0,33 MPa para o tratamento IP, -0,45 MPa para o tratamento IDC, e -0,46 MPa para o tratamento ID. Os

potenciais encontrados foram maiores dos obtidos por Favero et al. (2008), onde os valores médios de potencial foram inferiores a - 0,1 MPa, os baixos valores encontrados pela autora, pode está relacionado as condição climáticas, que mesmo em vinhedo não irrigado, as temperaturas amenas e precipitação maior que 600 mm bem distribuídas ao longo do ciclo faz com que a planta não tenha déficit hídrico conforme indicações de Carbonneau (1998) os valores de Ψ_{pd} foram observados no ciclo de inverno, nas safras de 2005 e 2006 em Três Corações, Minas Gerais.

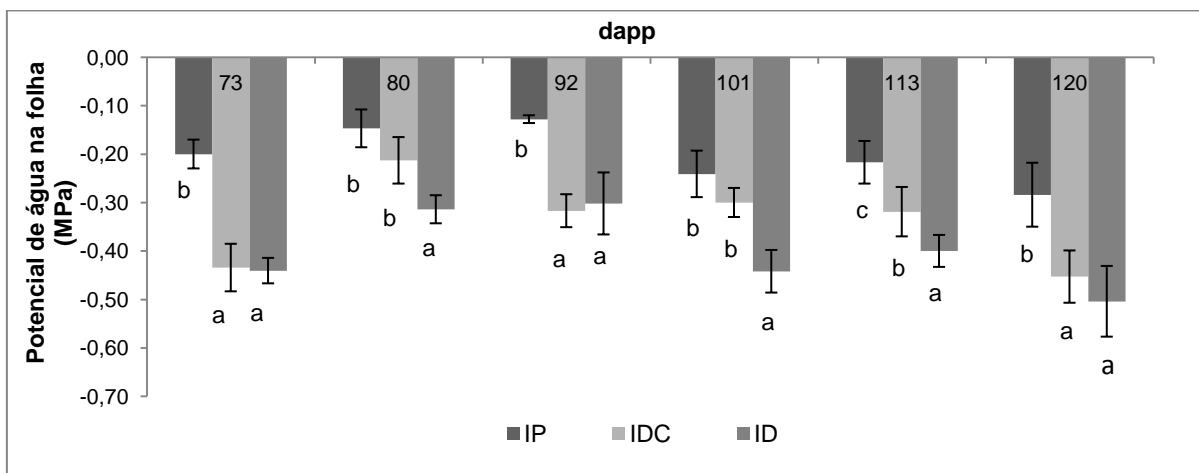


Figura 15: Valores médios do potencial de água na folha aos 73, 80, 92, 101, 113 e 120 dias após a poda de produção (dapp). Foi aplicado o teste de Tukey a 5 % de probabilidade e as médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si.

4.5 - Determinação da área foliar

A área foliar da folha individual (Figura 16), das folhas presentes nos ramos (Figura 17) e das folhas presentes na planta (Figura 18) aos 69, 87, 100 e 113 dapp não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Mesmo não obtendo diferença entre os tratamentos, a área foliar individual (Figura 16) mostrou uma pequena redução nos resultados apresentados aos 113 dapp, em relação às demais datas de medidas fato que pode ser explicado devido à evolução da idade das folhas.

A fase fenológica e o período de tempo em que os manejos de irrigação foram aplicados não foram suficientes para que a área foliar apresentasse diferenças significativas, além disso, as condições climáticas na região do vale do Submédio do São Francisco onde se tem elevadas temperaturas, aceleram o processo de maturação dos frutos encurtando o ciclo que no nosso caso foi de 121 dias, sendo quase 70 dias a menos que algumas regiões no sul do Brasil. Os valores encontrados de área foliar das plantas ou superfície foliar primária foi de 3,72 m² para o tratamento IP, o que está entre os valores encontrados por Favero et al. (2008), que foi 3,11 m² e 3,78 m² para o ciclo inverno nos anos de 2005 e 2006, respectivamente. Já para os outros tratamentos, os valores médios de área foliar da planta foram inferiores aos encontrados por Favero et al. (2008), com 2,79 m² para o tratamento IDC e 2,96 m² para o tratamento ID. Isso ocorreu devido a menor lâmina de água aplicada a para esses tratamentos, fazendo com que o haja uma diminuição das folhas, principalmente pela menor pressão de turgor (turgescência) imposta as células devido à falta de água, fazendo com que não haja a expansão celular o que implica no tamanho das folhas.

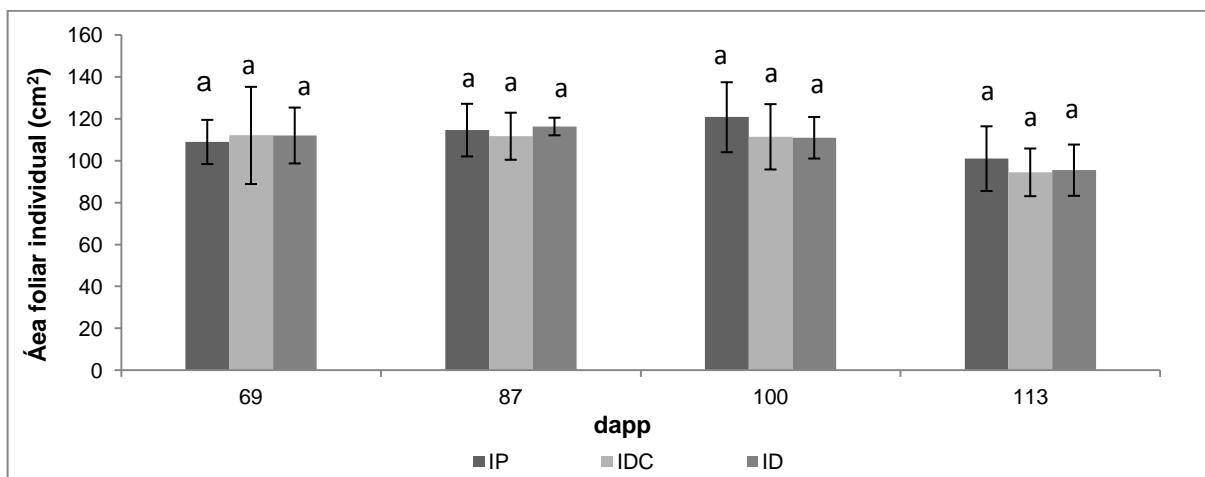


Figura 16: Valores médios da área foliar das folhas aos 69, 87, 100 e 113 dias após a poda de produção (dapp). Foi aplicado o teste de Tukey a 5 % de probabilidade e as médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si.

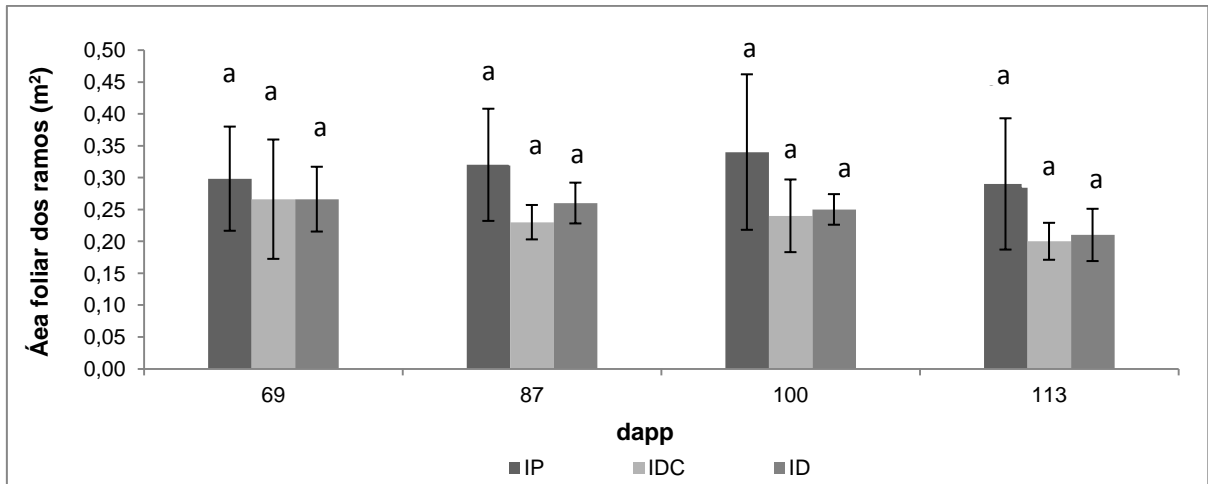


Figura 17: Valores médios da área foliar dos ramos aos 69, 87, 100 e 113 dias após a poda de produção (dapp). Foi aplicado o teste de Tukey a 5 % de probabilidade e as médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si.

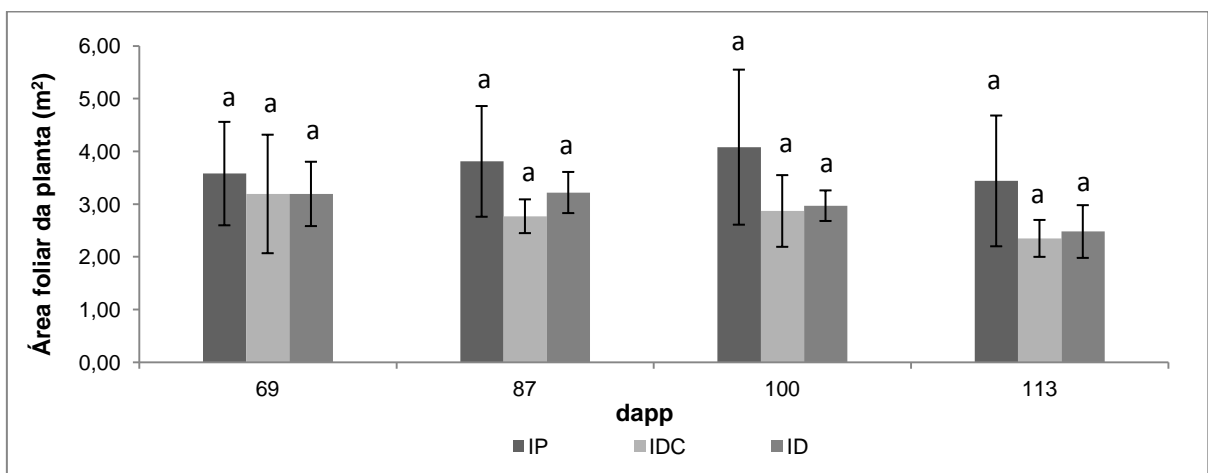


Figura 18: Valores médios da área foliar da planta aos 69, 87, 100 e 113 dias após a poda de produção (dapp). Foi aplicado o teste de Tukey a 5 % de probabilidade e as médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si.

4.6 - Aspectos quantitativos e qualitativos da produção das uvas

Na avaliação quantitativa da produção de uvas (Tabela 1), o número de cachos não apresentou diferença significativa entre os tratamentos de manejo de irrigação. Porém, ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos para o peso total dos cachos por planta e o peso médio dos cachos. O tratamento IP obteve valores maiores que os tratamentos IDC e ID, que por sua vez diferiram entre si

quanto ao peso total, mas não quanto ao peso médios dos cachos. O número médio de cacho por planta foi de 13,15; 12,61 e 10,91 obtendo uma fertilidade média de 1,09; 1,05 e 0,91 cachos por ramo para os tratamentos IP, IDC e ID. O peso médio dos cachos foi de 0,150, 0,120 e 0,110 gramas, o que levou a uma produção média de 1,98; 1,54 e 1,20 Kg. planta⁻¹, ou seja, 6,60 t. ha⁻¹; 5,13 t. ha⁻¹ e 4,0 t. ha⁻¹, considerando a densidade de 3333 plantas.ha⁻¹.

Os valores de produção foram inferiores ao encontrado por Amorim et al. (2005), em experimento realizado durante o ciclo de outono com videira/cv. Syrah em Três Corações-MG, onde a produção foi de 8,45 t. ha⁻¹ se considerarmos a densidade de 2.666 plantas.ha⁻¹, fato que é explicado pela quantidade de cachos por planta que foi em média de 19,83 cachos por planta, indicando uma fertilidade média de 1,56 cachos por ramo.

A produção obtida foi superior aos encontrados por Correia (2012) em experimento conduzido na mesma área, isso pode ser explicado pela idade das plantas, pois se trata do ciclo anterior, com produção de 4,89 t. ha⁻¹; 5,06 t. ha⁻¹; 4,96 t. ha⁻¹, para os tratamentos IP, IDC e ID, respectivamente.

Níveis de produtividade elevada em vinhedos tendem a proporcionar uvas com menor potencial enológico (Tonietto, 2002). Com isso, as menores produtividades nos tratamentos com déficits podem proporcionar vinhos de maior qualidade.

Tabela 1 - Valores médios do número de cacho, peso total dos cachos (Kg.planta⁻¹) e o peso médio do cacho (Kg), em função dos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	Número de cachos por planta	Peso total dos cachos (Kg planta ⁻¹)	Peso médio do cacho (Kg)
IP	13,15 a	1,98 a	0,15 a
IDC	12,61 a	1,54 b	0,12 b
ID	10,91 a	1,20 c	0,11 b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na avaliação qualitativa da produção de uvas (Tabela 2), o pH não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Sendo que os valores de pH encontrados estão dentro da faixa dos vinhos produzidos na Região do Vale do Submédio São Francisco que está entre 3,5 e 4,0. Os valores de pH encontrados foram semelhantes aos encontrados por Mota et al. (2010) que foi de 3,4 e 3,6 para

os ciclos de verão e inverno, respectivamente. Segundo Reynier (2007) os valores de pH são diretamente proporcionais a quantidade de potássio assimilada pela videira, ou seja, quanto menos desse nutriente a planta absorver, mais fácil será a estabilização do pH. O pH do mosto depende do tipo e da concentração dos ácidos orgânicos e da concentração de cátions, especialmente do cátion potássio, elemento intimamente relacionado com as condições edáficas do local de produção (BOULTON, 1980; RIZZON et al., 1998).

Para os valores de ATT (g.L^{-1} ac. Tart) o tratamento IP apresentou maior valor, diferindo estatisticamente dos tratamentos com déficits, esse maior valor de ATT pode está relacionado a maior quantidade de água atribuída ao tratamento IP, fazendo com que haja uma maior diluição de açúcar e conseqüentemente a redução do teor de SST. Segundo Giovannini (2004), os teores de açúcares evoluem de forma inversa aos teores de ATT.

Os valores de SST foram maiores para os tratamentos com déficits, diferindo estatisticamente do tratamento IP, por conta da menor quantidade de água imposta aos tratamentos ID e IDC, ocasionando uma menor diluição dos açúcares. Segundo Sato et al. (2009) a redução ou suspensão da irrigação ocasiona, acúmulo de SST nas bagas, já que o desenvolvimento da parte área é inibido e os nutrientes são direcionados aos frutos. Os valores de ATT e SST foram superiores aos encontrados por Mota et al. (2010) que foi de 5,0 e 5,6 g.L^{-1} ácido tartárico e 14,9 e 18,2 °Brix, nos ciclos de verão e inverno, respectivamente).

Tabela 2 – Valores médios do pH, da acidez total titulável (ATT) e do teor de sólidos solúveis totais (SST) do mosto, em função dos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	pH	ATT (g.L^{-1} ac. Tart)	SST (° Brix)
IP	3,53 a	6,79 a	22,63 b
IDC	3,58 a	5,89 b	25,30 a
ID	3,58 a	5,63 b	24,95 a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.7 - Eficiência de uso da água

A eficiência de uso da água - EUA (Tabela 3) foi avaliada considerando a lâmina bruta ou volume de água aplicada, adicionados ou não pela precipitação pluvial ocorrida durante o ciclo de produção de uvas. O tratamento IP apresentou menor EUA em ambas as situações, enquanto que os tratamentos IDC e ID não diferiram entre si. Os valores de EUA com e sem chuva foram superiores aos encontrados por Correia (2012), que foram de 1,27, 1,98 e 2,02 kg.m⁻³ (com chuva) e de 0,77, 1,00 e 1,00 kg.m⁻³ (sem chuva), para os tratamentos IP, IDC e ID, respectivamente. Trabalhando com cultivar Syrah/paulsen, Silva (2005) encontrou valores de EUA 3,16 Kg.m⁻³ para o tratamento IDC e 3,56 Kg.m⁻³ para o tratamento com secamento parcial do sistema radicular (partial rootzone drying - PRD).

Tabela 3 – Valores médios da eficiência do uso da água (EUA) com e sem precipitação pluvial, em função dos tratamentos irrigação plena (IP), irrigação com déficit controlado (IDC), e irrigação com déficit (ID).

Tratamentos	EUA sem chuva	EUA com chuva
IP	3,02 b	2,34 b
IDC	4,93 a	3,05 a
ID	4,64 a	2,66 ab

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

5 - CONCLUSÃO

A estratégia de irrigação baseada na aplicação de água durante todo o ciclo de produção da videira cv. Syrah apresentou diferenças em relação à estratégia de irrigação com déficit, a partir da fase fenológica de cacho fechado, houve um maior conteúdo de água no solo na profundidade efetiva das raízes das plantas, a partir da restrição de água às videiras. Assim, o potencial hídrico foliar apresentou diferenças entre as estratégias de irrigação, mas não houve influencia na área foliar da planta.

A estratégia de irrigação com déficit proporcionou menores valores de peso total do cacho por planta, peso médio de cacho e acidez total titulável, e de maiores valores de sólidos solúveis totais e eficiência do uso de água.

Os resultados obtidos no terceiro ciclo de produção da videira cv. Syrah demonstram a viabilidade da estratégia de irrigação com déficit em videira de vinho cv. Syrah nas condições edafoclimáticas de Petrolina – PE.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE, C. L. T. Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14p. (Circular técnica, 10).
- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and drainage paper, 56).
- AMORIM, D. A.; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A. Produção extemporânea da videira, cultivar Syrah, nas condições do Sul de Minas Gerais. Rev. Bras. Frut., Jaboticabal – SP, agosto, 2005. v. 27, n. 2, p. 327 – 331.
- BAGGIOLINI, M. Les stades reperes dans le developpement anual de la vigne. **Revue Romande d'Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture**, Lausanne, 1952. v. 8, p. 4-6.
- BASSOI, L. H.; ASSIS, J. S. de. Distribuição do sistema radicular de videiras irrigadas em Latossolo vermelho amarelo do trópico semi-árido. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1.; SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBTRRE MICORRIZAS, 6.; REUNIÃO RASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Aguas de Lindóia. **Anais...** Piracicaba: USP-ESALQ: SBCS: SBM, 1996. 1 CD-ROM.
- BASSOI, L. H.; GONÇALVES, S. O.; SANTOS, A. R. L.; SILVA, J. A.; LIMA, A. C. M. Influência de manejo de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e produção da videira cv. Syrah. **Irriga**, Botucatu - SP, 2011. v.16, n. 4, p. 395-402.
- BASSOI, L. H.; DANTAS, B. F.; LIMA FILHO, J. M. P.; LIMA, M. A. C.; LEÃO, P. C. S.; SILVA, D. J.; MAIA, J. L. T.; SOUZA, C. R.; SILVA, J. A. M.; RAMOS, M. M. Preliminary results of a long term experiment about RDI and PRD irrigation strategies in wine grape in São Francisco Valley, Brazil. **Acta Horticulturae**. 2007. v. 754, p. 275-282.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, 2000. v. 35, n. 8, p. 1531-1540.

BLANKE, M. M.; LEHYE, A. Stomatal and cuticular transpiration of the cap and berry of grape. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, 1988. v. 132, p. 250-253.

BOULTON, R. B. The relationships between total acidity, titratable acidity and pH in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 1980.v.31, n. 1, p. 76 - 70.

CAMARGO, H. Porta-enxerto e cultivares. In: PROTAS, J. F. da S. **Uvas viníferas para processamento em Regiões de Clima Temperado**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. (Embrapa Uva e Vinho. Sistema de Produção, 4). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/cultivar.htm>> Acesso em: 10 dez. 2011.

CARBONNEAU, A. Aspects qualitatifs. In: **Traité d' irrigation**. Tiercelin J. R. Tec. Et Doc. Lavoisier Ed. 1998. p. 258-276.

CARBONNEAU, A. Principes et methodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans Le genre Vitis. **Anales Amélioration Des Plantes**, Bordeaux, July 1976. v.28.p327-343.

CARBONNEAU, A. The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. **American Journal of Enology and Viticulture**, 1985. Davis, v. 36, n. 3, p. 195-198.

CHAVES, M. M. C. C. F. **Fotossíntese e repartição dos produtos de assimilação em *Vitis vinifera* L.** 1986. 220 f. Tese (Doutorado) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

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

CORREIA, J. S. **Irrigação deficitária em videira de vinho cv. Syrah durante o período chuvoso no Semiárido**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus Botucatu, Botucatu, SP. 2012.

COSTACURTA A.; ROSELLI, G. Critères climatiques et edaphiques pour l' établissement des vignobles, *Bulletin De L' Oiv*, Paris, 1980. v.53, n. 596, p. 783-786.

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

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

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

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

ETABLISSEMENT NATIONAL TECHNIQUE POUR L'AMELIORATION DE LA VITICULTURE. **Catalogue des variétés et clones de vigne cultivées en France**. Le Grau du Roi, 1995. p.357.

FAVERO, A.C.; AMORIM, D.A.; MOTA, R.V.; SOARES, A.M.; REGINA, M.A. Viabilidade de produção da videira 'Syrah', em ciclo de outono inverno, na região sul de Minas Gerais. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, 2008. v. 30, n. 3, p. 685- 690.

FERREYRA, R.; SELLES, G.; SILVA, H.; AHUAMADA, R.; MUÑOZ, I.; MUÑOZ, v. Efecto Del água aplicada em las relaciones hídricas y productividad de la vid 'Crimson Seedles'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, jul. 2006. v.41, n. 7, p. 1109-1118.

FITTER, A.H.; HAY, R.K.M. **Environmental physiology of plants**, Academic Press, London, 1983. p. 355.

FREEMAN, B. M.; SMART, R. E. Research note: a root observation laboratory for study with grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, 1976. v. 27, n. 1, p. 36-9.

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. 2. ed. Porto Alegre: Renascença, 2005. p.364.

GIOVANNINI, Eduardo. Syrah. **Sociedade da Mesa**, São Paulo, out. 2008. v.67, p. 6-7.

GIOVANNINI, E. **Viticultura, gestão para qualidade**. Porto Alegre: Ed. Renascença, 2004. p.104.

GONÇALVES, S. de O. **Influência de manejos de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e de produção da videira cv. Syrah/paulsen 1103**. 2011. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

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.

GUERRA, C. C. Maturação da uva e condução da vinificação para elaboração de vinhos finos. In: REGINA, M. A. (Coord.). **Viticultura e enologia** – atualizando conceitos. Caldas : EPAMIG-FECD, 2002. p. 179-192.

GUERRA, C. **Uvas americanas e híbridas para processamento em clima temperado: maturação e colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003.

HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da irrigação por pivô central na cultura do milho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1994, Viçosa – MG. Anais...Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1994. 13 p. (Artigo 286).

HIDALGO, L. **Tratado de viticultura**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1993.

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

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

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

KANELIS, A. K.; ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A. Grape. In: SEGMOUR, G.; TAYLOR, J. TUCKER, G. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. Cap. 6. p. 189-234.

KLIEWER, W. M. **Fisiologia da videira: como produz açúcar uma videira**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1990.p. 20. (Documentos IAC, 20).

KLIEWER, W. M.; DOKOOZLIAN, N. K. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. **American Journal Enology and Viticulture**, Davis, 2005. v. 56, n. 2, p.170-181.

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.

MARINHO, L. B. **Déficit hídrico regulado na fase de maturação da uva “Superior Seedless” na Região do Submédio São Francisco**. 2008. 105f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia – UFRP.

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

MOTA, R. V.; SILVA, C. P. C.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. A. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Rev. Bras. Frut.**, Jaboticabal – SP, Dezembro, 2010. v. 32, n. 4, p. 1127 – 1137.

MOTTARD, G.; NESPOULOUS, J.; MARCOUT, P. **Les porte-greffes de la vigne: caractères distinctifs, aptitudes culturales**. Paris: Institut des Vins de Consommation Courant, 1963. 36 p. (Bulletin technique d'information des ingénieurs des services agricoles, 182).

NETTO, J. A.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SOARES, J. M.; TEIXEIRA, A. H. C. Exigências hídricas da videira na Região do Submédio São Francisco. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília - DF agosto, 2000. v.35, n.8, p.1559-1566.

OJEDA, H.; DELOIRE, A.; WANG, Z.; CARBONNEAU, A. Detrminación y control del estado hídrico de la vid. Efectos morfológicos y fisiológicos de la restricción hídrica em vides. **Viticultura Enologia Profesional, Castelldefels**, 2004. v.90, p.27-43.

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.

OREN, R.; SPERRY, J. S.; KATUL, G. G.; PATAKI, D. E.; EWERS, B. E.; PHILLIPS, N.; SCHAFER, K. V. R. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. **Plant, Cell and Environment**, Oxford,1999. v. 22, n. 12, p. 1515-1526.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE LA VIGNE ET DU VIN – OIV. **Rcuell des méthodes internationales d' analyse des vins et des moûts**. Paris: O.I.V., 1990. p. 368.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, R. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 70.

PEREIRA, G. E.; CAMARGO, U. A.; GUERRA, C. C.; BASSOI, L. H.. **Técnicas de manejo e vinificação em condições de clima tropical** – I Simpósio Internacional de Vitivinicultura do Submédio São Francisco, 2008. Disponível em:<http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB2078.pdf> Acesso em 03 de abril de 2013.

PIVETTA, M. Água, sol e vinho: modelo brasileiro de classificação de climas qualifica em regiões vinícolas de 30 países. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, 2003. n. 89, p. 50-53.

REGINA, M. de A.; PEREIRA, G. E.; CANÇADO, G. M. A.; RODRIGUES, D. J. Cálculo da área foliar em videira por método não destrutivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, 2000. v.22, n.3, p.310-313.

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

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

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 18, v. 2, 1998.

SAAD, A. M.; LIBARDI, P. L. **Aferição do controle da irrigação feito pelos agricultores utilizando tensiômetro de faixas**. São Paulo: IPT, 1994. p.14. (Publicação, 2147).

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

SATO, A. J.; SILVA, B. J.; BERTOLUCCI, R.; CARIÉLO, M.; GUIRAUD, M. C.; FONSECA, I. C. B.; ROBERTO, S. R. Evolução da maturação e características físico-químicas de uvas da cultivar Isabel sobre diferentes porta-enxertos na Região Norte do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 11-20, jan./mar. 2009

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

SCIENZA, A.; FREGONI, M.; BOSELLI, M. Influenza del portinnesto sulla resistenza stomatica, sul potenziale idrico e sul contenuto di acido abscissico di foglie di Barbera.. **VigneVini**, Bologna, 1980. v. 1, p. 39-44.

SILVA, E.C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia - Série Botânica**, Porto Alegre, 2004. v. 59, n. 2, p. 201-205.

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.

SOARES, J. M.; BASSOI, L. H. Distribuição do sistema radicular de videiras em vertisso los sob irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 25., 1995, Viçosa, MG. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**: resumos. Viçosa, MG: SBCS: UFV, 1995. v. 4, p.1865-1867.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F.; SANTOS, C. R. Manejo de irrigação em fruteiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 281-309.

SOUSA, J.S.I. **Viticultura brasileira**: principais variedades e suas características. Piracicaba: Fealq, 2002. p. 368.

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

TEIXEIRA, A.H.C.; SOUZA, R. A.; RIBEIRO, P. H. B.; REIS, V. C. S.; SANTOS, M. G. L. Aptidão agroclimática da cultura da videira no Estado da Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2002. v.6, n.1, p. 107-111.

TODA, F. M. **Biologia de la vid**: fundamentos biológicos de la viticultura. Madrid: Ed. Mundi-Prensa. 1991. p. 346.

TONIETTO, J. O Conceito de denominação de origem como agente promotor da qualidade dos vinhos In: Regina, M. A. (Coord.). **Viticultura e enologia** – atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002. P. 151-163.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. **Meteorologia descritiva**: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1984. p. 374.

WEYAND, K. M.; SCHULTZ, H. R. Light interception, gas exchange and carbon balance of different canopy zones of minimally and cane-pruned field-grown Riesling grapevines. **Vitis**, Geneva, 2006. v. 45, p. 105-114.

WILLIAMS, L. E.; DOKOOZLIAN, N. K.; WAMPLE, R. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. Grape. In:_____. **Handbook of environmental physiology of fruit crops**: temperate crops. 1994. V. 1. Chap. 4, p. 85-133.