

JOSÉ ANTONIO MOURA E SILVA

IRRIGAÇÃO LATERALMENTE ALTERNADA E COM
DÉFICIT CONTROLADO NA VIDEIRA cv. PETITE SYRAH

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586i
2005

Silva, José Antonio Moura e

Irrigação lateralmente alternada e com déficit controlado na videira CV. Petite Syrah / José Antonio Moura e Silva. – Viçosa : UFV, 2005.
x, 92f. : il. ; 29cm.

Orientador: Marcio Mota Ramos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 80-92.

1. Irrigação agrícola. 2. Uva - Irrigação. 3. Uva - Porta-enxertos. 4. Uva - Fisiologia. 5. Uva - Crescimento. 6. Uva - Qualidade. 7. Uva - Fenologia. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 631.587

JOSÉ ANTONIO MOURA E SILVA

IRRIGAÇÃO LATERALMENTE ALTERNADA E COM
DÉFICIT CONTROLADO NA VIDEIRA cv. PETITE SYRAH

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de junho de 2005.

Prof. Rubens Alves de Oliveira

Prof. Fernando Falco Pruski

Pesq. Luís Henrique Bassoi
(Co-orientador)

Prof. Cláudio Horst Bruckner
(Conselheiro)

Prof. Marcio Mota Ramos
(Orientador)

A Deus, que ilumina a todos e mostra o caminho a ser trilhado.

À minha esposa Rozilene, que sempre me apoiou e me encorajou nas horas mais difíceis.

Aos meus pais, que tanto contribuíram para minha formação como ser humano e como profissional.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por ter me permitido o ingresso no Programa de Pós-Graduação e pelos ensinamentos e apoio.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos tão necessária.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semi-Árido), por conceder suas instalações, laboratórios, campo experimental e pessoal para realização do experimento.

Ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA/SR-29), que, com a sensibilidade de seus dirigentes, me permitiu a conclusão deste trabalho.

Especial agradecimento, ao pesquisador Luís Henrique Bassoi e professor Márcio Mota Ramos, que, com grande serenidade e rigor orientaram este trabalho, e pela amizade e confiança que em mim depositaram.

Aos pesquisadores da Embrapa Semi-Árido, José Moacir Pinheiro Lima Filho, Bárbara França Dantas, Maria Auxiliadora Coelho Lima, Patrícia Coelho de

Souza Leão, Davi José Silva e Magna Soelma Bezerra Moura, pelo apoio e boa vontade em dispor de seus equipamentos e laboratórios e pela ajuda na determinação das medidas tão necessárias para realização deste trabalho, e à pesquisadora Cláudia Rita de Souza pelas valiosas sugestões.

Aos funcionários da Embrapa Semi-Árido Genival Nunes Ferreira, Hélio Macedo e Roque, à bolsista do CNPq Joselanne Luiza Trajano Maia Bassoi e aos estagiários, que tanto contribuíram para realização deste trabalho, Navilta Veras do Nascimento, Abílio Teixeira de Moraes, Alexandre S. Ribeiro, Lígia Borges Marinho, Luciana S. Ribeiro, Sara Raquel S. Luz, Joselina S. Correia e Magnus D. Deon pelo apoio na condução do experimento e realização das tarefas de campo.

Agradecimento especial aos pesquisadores, Tâmara Cláudia de Araújo Gomes, João Gomes da Costa e Maria Sonia Lopes da Silva pela amizade e incentivos, fundamentais para o ingresso no programa de mestrado.

Aos colegas de curso do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, pela amizade e apoio nas horas de necessidade.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

ÍNDICE

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Considerações sobre a cultura da videira.....	3
2.1.1 Histórico e situação atual.....	3
2.1.2 A cultivar Petite Syrah.....	5
2.1.3 Porta-enxertos.....	6
2.2 Análise da distribuição radicular.....	8
2.3 Fenologia da videira.....	10
2.4 Os recursos hídricos e a irrigação.....	13
2.5 Manejo de irrigação com RDI e PRD.....	14
2.6 Estimativa da evapotranspiração.....	16
2.7 Dinâmica da água no solo e balanço hídrico <i>in situ</i>	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Localização e caracterização da área experimental.....	23
3.2. Instalação e condução do experimento.....	29
3.3. Manejo de irrigação.....	31
3.4. Distribuição do sistema radicular.....	33

3.5.	Avaliação fenológica.....	38
3.6.	Determinação do consumo hídrico.....	40
3.6.1.	Calibração da sonda de nêutrons.....	40
3.6.2.	Balanço hídrico no solo.....	41
3.6.3.	Evapotranspiração de referência (ET _o).....	46
3.6.4.	Coeficiente de cultura (K _c).....	47
3.7.	Fotossíntese, transpiração, resistência estomatal e potencial de água na folha.....	47
3.8.	Análise de crescimento vegetativo.....	48
3.9.	Avaliação da produção e qualidade da uva e do mosto.....	49
3.10.	Eficiências de uso de água.....	50
3.10.1.	Eficiência de irrigação (E _i).....	50
3.10.2.	Eficiência de uso da água (EUA).....	50
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1.	Características do solo.....	51
4.2.	Calibração da sonda de nêutrons.....	52
4.3.	Distribuição do sistema radicular.....	53
4.4.	Avaliação fenológica.....	58
4.5.	Consumo de água, aspectos de produção e qualidade do mosto e uso eficiente da água.....	60
4.6.	Taxa de fotossíntese e transpiração, resistência estomatal, potencial hídrico na folha e crescimento da planta.....	72
5.	CONCLUSÕES.....	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

RESUMO

SILVA, José Antonio Moura e M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2005. **Irrigação lateralmente alternada e com déficit controlado na videira cv. Petite Syrah.** Orientador: Márcio Mota Ramos. Co-orientador: Luís Henrique Bassoi. Conselheiros: Everardo Chartuni Mantovanni e Cláudio Horst Bruckner.

Na região semi-árida do Nordeste do Brasil, especificamente no Sub-médio São Francisco, o cultivo da uva é uma das principais atividades agrícolas e econômicas. Recentemente, ocorreu o aumento da área de produção de uva de vinho, em decorrência da instalação de vinícolas em Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina, municípios que originaram o Pólo Vitivinícola do Vale do São Francisco. Uma característica importante para a produção de uvas de vinho é o balanço entre o desenvolvimento vegetativo e o reprodutivo da videira, sendo o manejo da água um dos fatores desse equilíbrio. Desta forma, o manejo de irrigação é uma alternativa para o controle do crescimento vegetativo, do rendimento total da uva, e da qualidade das bagas. Como as pesquisas neste campo ainda são incipientes na região, um estudo foi realizado no campo experimental da Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE, onde foram avaliados os efeitos do manejo com irrigação lateralmente alternada (partial rootzone drying - PRD) após a fase de pegamento do fruto, e da irrigação com déficit controlado

(regulated deficit irrigation - RDI) após a maturação, no cv. Petite Syrah, sob os porta-enxertos Paulsen 1103 e IAC 572. A distribuição radicular de ambos os porta-enxertos foi estimada ao final do período de formação, pelo método do perfil, auxiliado pela análise de imagens digitais. A fenologia da videira foi avaliada por meio de visualização do aparecimento de períodos, que foram definidos em função dos dias após a poda (dap) e exigência térmica em graus-dia (GD): F1-poda ao início da brotação; F2-início da brotação ao início da floração; F3-início da floração ao pegamento do fruto; F4-pegamento do fruto ao início da maturação; F5-início da maturação à colheita. O comprimento, diâmetro e a distância entre nós dos ramos foram medidos semanalmente. Aos 37, 78 e 106 dap, a fotossíntese líquida, resistência estomática e transpiração, foram medidas por meio de um sistema portátil para fotossíntese Licor Li-6200, enquanto que o potencial de água na folha foi medido por uma bomba de pressão de Scholander. A evapotranspiração da cultura (ETc) foi estimada por meio do balanço hídrico no solo, enquanto que a evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada pelos métodos de Penman- Monteith FAO e do tanque classe A. Cerca de 80% das raízes dos porta-enxertos IAC 572 e Paulsen 1103 se concentraram até 0,60 m de profundidade, entretanto o IAC 572 apresentou maior quantidade de raízes a 0-0,20 m de profundidade e uma maior distribuição na direção das linhas e das entre-linhas de plantas. A fenologia da videira não foi influenciada pelos fatores irrigação e porta-enxerto. Os manejos de irrigação adotados não influenciaram a produção em termos quantitativos e em termos qualitativos apenas quanto ao teor de fenóis. O comportamento fisiológico, o vigor e o crescimento da videira também não foram afetados pelos manejos de irrigação; entretanto, o porta-enxerto IAC 572 proporcionou maiores vigor, crescimento, produção, peso médio dos cachos e das bagas, e teor de sólidos solúveis totais. Os valores de ETo foram maiores quando obtidos pelo tanque classe A em relação ao método de Penman-Monteith FAO. O volume de água consumido foi menor no PRD, o que acarretou maior eficiência do uso da água.

ABSTRACT

SILVA, José Antonio Moura e. M.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2005.

Partial rootzone drying and deficit irrigation on grapevine cv. Petite Syrah.

Adviser: Márcio Mota Ramos. Co-adviser: Luís Henrique Bassoi. Committee members: Everardo Chartuni Mantovanni and Cláudio Horst Bruckner.

In the semi arid region of northeast Brazil, and in particular in the São Francisco Valley, the grapevine cultivation is one of the most important agricultural and economical activities. Recently, the wineries has become another important alternative, as a consequence of the increase of wine grapes cropping area in Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista and Petrolina Counties, which have formed the Wine and Viticulture Area of São Francisco Valley. An important aspect for the winegrape production is the grapevine balance, i.e., the equilibrium between the vegetative and reproductive phenological phases, and the water management is one of the factors of this equilibrium. Hence, irrigation management is an alternative for the vegetative growing control, grape yield, and berry quality. As researches about these grapevine production aspects are relatively new in that region, a field experiment was carried out at Embrapa Semi-Árido, Petrolina, Pernambuco State, Brazil, to evaluate the effects of partial rootzone drying (PRD) after the fruit set and of the deficit irrigation (DI) after the veraison on grapevine cv.

Petite Syrah grafted on rootstocks Paulsen 1103 and IAC 572. Root distribution of both rootstocks was evaluated at the end of vineyard establishment period by the soil profile method aided by digital image analysis. The grapevine phenology was evaluated by visual observation of phenological period occurrence, and were defined as function of days after pruning (dap) and degree days (DD): F1 - pruning to the bud burst, F2 – bud burst to the flowering, F3 – flowering to fruit set, F4 – fruit set to veraison, F5 – veraison to harvest. The vegetative growth was determined by weekly measurements of shoot length and diameter and internode length. At 37, 78, and 106 days after pruning (dap), net photosynthesis, stomatal resistance and transpiration were measured by a portable IRGA photosynthesis system Licor Li-6200, while leaf water potential was measured by a Scholander pressure pump. The crop evapotranspiration (ET_c) was accounted by the balance in situ while reference evapotranspiration (ET_o) was calculated by both the Penman-Monteith FAO and Class A pan methods. Around 80% of roots from rootstock IAC 572 and Paulsen 1103 were distributed until 0.6 m depth. Nevertheless, IAC 572 showed greater root length in the 0-0.2 m soil layer and a wider distribution inside the plant rows and between the plant rows. No effects of irrigation managements and of rootstocks were observed on grapevine phenology. Both PRD and DI did no influence yield, berry quality, physiologic behavior, vegetative growth, and the vigour, but grapevines grafted on rootstock IAC 572 have presented higher plant vigor, vegetative growth, yield, average bunch weight, average berry weight, and total soluble solids content of berries. Values of ET_o obtained by class A pan were higher than those obtained by Penman-Monteith FAO method. Water volume delivery on PRD plants was lower than DI plants which led to higher water use efficiency.

INTRODUÇÃO

O controle dos processos fisiológicos de algumas plantas é possível através do manejo de água, notadamente nas regiões onde a irrigação é, praticamente, a única fonte de água para as culturas. A região do Sub-médio São Francisco, em especial o pólo Juazeiro/Petrolina, caracteriza-se por apresentar condições favoráveis ao desenvolvimento da fruticultura irrigada, principalmente em razão da sua baixa precipitação anual, da ordem de 400 mm, com chuvas que se concentram nos meses de novembro a março, altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar, e por ter o rio São Francisco como recurso hídrico com grande potencial de exploração.

A produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas dependem, entre outros fatores, do potencial genético das culturas e das condições climáticas da região. A irrigação torna possível a agricultura no semi-árido nordestino, porém a escassez dos recursos hídricos torna a eficiência do uso da água um fator crucial para a continuidade do crescimento da área irrigada, principalmente nessa região. No Brasil, a produção de vinhos e derivados tem aumentado de maneira significativa e o estado de Pernambuco tem se destacado como produtor. Isso é decorrente do surgimento do Pólo Vitivinícola do Vale do São Francisco, com uma área plantada significativa e contando com a presença de várias indústrias. Devido à importância desta atividade para a economia da região, a necessidade

de conservação dos recursos hídricos e o controle da fisiologia da videira para a produção de vinho, o conhecimento dos efeitos de estratégias de manejo de irrigação que visem à diminuição do consumo de água e do controle fisiológico torna-se prioritário.

Este trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos das estratégias de manejo com irrigação lateralmente alternada (PRD) após a fase fenológica de pegamento do fruto e irrigação com déficit controlado (RDI) após a maturação, no cv. Petite Syrah sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e IAC 572, sobre a fenologia, crescimento vegetativo, aspectos fisiológicos, produção e qualidade do mosto, consumo hídrico, eficiência do uso da água e distribuição radicular.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações sobre a cultura da videira

2.1.1 Histórico e situação atual

A videira foi introduzida, no Brasil, em 1532, por Martim Afonso de Souza, na Capitania de São Vicente, e permaneceu sem qualquer importância, no século XVIII e parte do século XIX, quando a cana-de-açúcar e o café monopolizaram todas as atenções. Foi a partir da segunda metade do século XIX que a vitivinicultura brasileira passou a ter importância comercial, com base em variedades americanas labruscas e bourquinas, desenvolvendo-se pólos vitivinícolas em São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, impulsionados pelas correntes migratórias italianas (SOUZA LEÃO & POSSÍDIO, 2002).

No Nordeste brasileiro, a videira já se encontrava presente desde o século XVI, nos Estados da Bahia e Pernambuco, onde alcançaram expressão econômica nas ilhas de Itaparica e Itamaracá, respectivamente. Na ilha de Itamaracá foram explorados os mais importantes vinhedos do Brasil, desde sua introdução até a dominação holandesa, por volta de 1636, quando a atividade desfrutava de estímulos econômicos. Do litoral, a viticultura avançou para o interior, até as fronteiras do agreste e sertão. Nas áreas de clima seco do interior

de Pernambuco e do Nordeste como um todo, a videira encontrou ambiente propício ao seu desenvolvimento, o que pode ser observado nos dias atuais. Todas as castas cultivadas na época eram originárias de Portugal e, portanto, pertenciam à espécie *Vitis vinifera* L, sendo que, até o final dos anos 40 do século XX, o cultivo da videira, no semi-árido do Nordeste brasileiro, mais especificamente no Vale do Submédio São Francisco, não passava de cultura de quintal, em sistema semi-extrativo (SOUZA LEÃO & POSSÍDIO, 2002).

A partir dos anos 50 do século passado, iniciou-se a introdução de práticas de cultivo, como poda racional, desbaste de cachos, controle de doenças e uso de fertilizantes, entre outras.

A partir do final da década de 1980 e em 1990, iniciou-se uma fase de diversificação da viticultura no Submédio São Francisco, onde os produtores buscaram, com maior interesse, novas alternativas de variedades, tão boas como a tradicional variedade 'Itália' e outras variedades vermelhas como a 'Piratininga' e 'Patrícia', e, então, passaram a ser cultivadas comercialmente as variedades Red Globe, Benitaka e, por último, a variedade Brasil, sendo a Benitaka mutação somática natural da variedade Itália, e a Brasil, mutação somática natural da Benitaka. Na década de 1990, observou-se grande expansão das áreas cultivadas e o maior aporte tecnológico no setor, com a implantação de fazendas médias e grandes, dotadas de infraestrutura que permitiram um grande avanço na qualidade das uvas produzidas no Submédio São Francisco, sendo que, nesta época, iniciaram-se as exportações de uva de mesa (SOUZA LEÃO & POSSÍDIO, 2000).

Originárias da Itália e introduzidas no Brasil em meados do século XX pelos imigrantes na região Sul, as uvas viníferas (*Vitis vinifera* L.) que fazem parte daquelas denominadas variedades especiais, como a Barbera, Bonarda, Trebbiano, Moscato e Malvasia ou variedades nobres, originárias da França e trazidas pelas vinícolas a partir da década de 70, deram origem aos vinhos varietais. No Submédio São Francisco cultivam-se as variedades Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Riesling Itálico, Petite Syrah, Sauvignon Blanc e Moscato Canelli (SOUZA LEÃO, 2000).

A produção de vinhos e derivados no Brasil aumentou de 298 milhões em 1995, para 311 milhões de litros em 1999 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENOLOGIA, 2001), sendo os estados produtores RS, SC, PR, SP, MG e PE. Pernambuco apresentou um aumento na produção de mosto e de suco simples de 648 mil em 1995 para 7 milhões de litros em 1999 (EMBRAPA UVA E VINHO, 2003). Isso é decorrente do aumento da área de produção de uva de vinho em Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina, municípios que recentemente originaram o Pólo Vitivinícola do Vale do São Francisco, com uma área estimada de 500 ha em três vinícolas em operação, das dez já instaladas.

A vitivinicultura pernambucana já detém 15% do mercado nacional de vinho (PÓLO..., 2001). A disponibilidade heliotérmica no Vale do São Francisco permite a obtenção de mais de uma colheita de uva por ano. A peculiaridade desse clima tropical o caracteriza como clima vitícola com variabilidade intra-anual, ou seja, apresenta mudança de classe em função do período do ano no qual a uva pode ser produzida. A qualidade e tipicidade do vinho produzido nessas condições são ainda pouco conhecidas, mas alguns elementos dessa tipicidade são distintos das regiões de viticultura tradicional (TONIETTO & CARBONNEAU, 1999).

2.1.2 O cultivar Petite Syrah

A Petite Syrah é um cultivar cujas origens e a escrita de seu nome tem sido assunto de discussão. A uva denominada de Durif, como é conhecida a Petite Syrah atualmente, foi desenvolvida na França por volta do início de 1800 pelo Dr. Durif cruzando a Syrah com Peloursin. A uva Syrah foi trazida do vale do rio Rhone na França onde não se desenvolveu bem, e em aproximadamente 1870 foi chamada de Petite Syrah. O nome Petite Syrah transformou-se no nome de quase todas as videiras de uva vermelha velhas da Califórnia que não eram, de outra maneira, identificadas. Somente através de exame de DNA se pôde identificar corretamente as variedades de uva e assim desvendar o mistério da Petite Sirah.

Petite Sirah é resistente ao oídio, entretanto, é suscetível à filoxera devido aos grupos os quais deram origem. Desta forma, o clima menos chuvoso e ensolarado da Califórnia, onde a uva foi plantada eventualmente, possibilitou seu melhor desenvolvimento. Foi identificada, equivocadamente, na Califórnia por quase um século como Petit Syrah (Petite, também chamada de Syrah, Petit Sirah e Petite Sirah). Somente através do teste de DNA que, no século XX, realizado pelo Dr. Carole Meredith na Universidade da Califórnia em Davis que o erro foi descoberto. Em 2002, o departamento do álcool, tabaco e armas de fogo (BTAF) dos Estados Unidos (observação 941 – de 10 de abril de 2002), resolveu considerar e rotular os vinhos Durif e Petit Syrah como de mesma origem, embora Durif fosse o nome verdadeiro e o original da uva.

A partir de Petite Syrah, se produz vinhos agradáveis, vermelhos e completamente aromáticos, mas nunca foram populares entre os viticultores e consumidores, sendo cultivada, basicamente, na Califórnia e na Austrália. Desenvolve-se melhor em climas mais amenos onde a filoxera não representa problema. A Petite Syrah produz bagas pequenas o que significa uma porcentagem maior da superfície da casca com relação à massa total da baga, portanto os vinhos podem conter mais tanino se o enólogo não limitar o contato da casca durante a fermentação (CELLARNOTES. NET, 2005).

2.1.3 Porta-enxertos

A utilização de porta-enxertos na viticultura teve início a partir da destruição dos vinhedos europeus, em meados de 1860, pela filoxera, inseto que ataca o sistema radicular das plantas. Todas as espécies de videira originárias do Vale do Mississippi, nos Estados Unidos, são resistentes a filoxera, sendo que as espécies *Vitis riparia*, *Vitis rupestris* e *Vitis berlandieri* são mais utilizadas na produção de porta-enxertos híbridos resistentes a esse inseto.

No Submédio São Francisco, cujos solos são predominantemente de textura arenosa, a filoxera não se desenvolve. Porém, os nematóides,

principalmente as espécies do gênero *Meloidogyne*, constituem o principal patógeno de solo da videira que ataca o sistema radicular da planta. Assim, torna-se de grande importância a utilização de variedades de porta-enxertos resistentes ou tolerantes a essas espécies de nematóides, ou seja, híbridos ou seleções de *Vitis rotundifolia*, *Vitis champinii*, *Vitis solonis*, *Vitis rufotomentosa* e *Vitis candicans*, sendo as três últimas espécies resistentes ao nematóide da espécie *Xiphinema index*. Desta forma, os principais critérios a serem observados na seleção do porta-enxerto de videira são os seguintes: resistência a filoxera; resistência a nematóides; adaptação a solos ácidos, calcários e salinos; adaptação à seca ou à umidade excessiva no solo; resistência a doenças fúngicas de folhagem; tolerância à deficiência nutricional; boa afinidade com a variedade produtora; compatibilidade na enxertia; facilidade de enraizamento e de pegamento na enxertia (LEÃO, 2000).

As variedades de porta-enxerto que têm apresentado comportamento satisfatório para uvas de mesa com sementes, no Submédio São Francisco, são os híbridos obtidos no Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, como o IAC 313 ou ‘Tropical’, IAC 572 ou ‘Jales’ e IAC 766 ou ‘Campinas’. Entretanto, outros importantes porta-enxertos também estão sendo utilizados, como o Salt Creek, Dodge Ridge, Courdec 1613, Harmony, 420-A e Paulsen 1103 (LEÃO, 2000).

A variedade IAC 572 ou ‘Jales’ é resultante do cruzamento entre *Vitis caribaea* e 101-14 (Riparia-Rupestris). Este porta-enxerto foi lançado comercialmente em 1970 e, a partir de 1990, tornou-se o mais utilizado no Submédio São Francisco, destacando-se pela sua excelente afinidade com as uvas finas cultivadas na região. Além disso, apresenta alto vigor, adaptação a solos argilosos e arenosos, folhas resistentes às principais doenças, ótimo enraizamento e pegamento (POMMER *et al*, 1997).

O porta-enxerto Paulsen 1103 é originário do cruzamento do Berlandieri Résséguier nº 2 com o Rupestris du Lot, sendo muito vigoroso. Segundo MOTTARD *et al*. (1963) possui um desenvolvimento precoce o que permite proceder à enxertia no próprio ano de plantação, possuindo melhor resposta ao enraizamento que o 110 R e 140 Ru. Sua resposta à enxertia no campo e em

ambiente telado é considerada muito boa (GALET, 1988). Em média, suporta até 17 - 18% de calcário ativo. A sua resistência à seca é bastante elevada, adaptando-se igualmente bem a solos úmidos desde que o subsolo não permaneça úmido por muito tempo na primavera (MOTTARD *et al.*, 1963); possui tolerância à salinidade (GALET, 1988) e apresenta boa adaptação a solos ácidos. É sensível à filoxera galícola e resistente aos nematóides do gênero *Meloidogyne*.

2.2 Análise da distribuição radicular

O emprego racional da irrigação localizada, sobretudo em regiões semi-áridas, é primordial para a otimização do uso da água e, conseqüentemente, para a redução do custo de produção, sendo essencial o conhecimento do sistema água-solo-planta-atmosfera para o adequado manejo da irrigação. Nesse contexto, a caracterização da distribuição do sistema radicular e o conhecimento da dinâmica da água no solo são fundamentais para a compreensão dos processos de transferência de água nesse sistema e para tomada de decisão no dimensionamento de sistemas de irrigação.

A quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação deve ser aproximadamente aquela necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo na profundidade efetiva de enraizamento da cultura. Assim, otimiza-se a eficiência de aplicação de água, definida como a relação entre a quantidade de água armazenada na profundidade do sistema radicular e a quantidade de água destinada à área irrigada. Uma irrigação ideal é aquela em que o suprimento de água umedece o solo uniformemente até a capacidade de campo na zona radicular, e essa aplicação de água pode ser verificada, em termos de eficiência, por essa relação. O intervalo de tempo entre as irrigações e a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação para uma cultura depende, entre outros, da capacidade de retenção de água do solo e da profundidade de enraizamento das plantas (THORNE, 1979).

Dentre os métodos de análise da distribuição radicular das culturas, podem ser citados o método da escavação, método do monolito, método do trado, método do perfil do solo, método da parede ou tubos de vidro, e os métodos indiretos (BOHM, 1979) e mais recentemente o método de análise de imagens digitais (CRESTANA *et al.*, 1994).

Os maiores problemas encontrados nas técnicas de estudo do sistema radicular são o alto consumo de tempo e trabalho requerido e a destruição das raízes. Tais inconvenientes levaram ao desenvolvimento de métodos indiretos, que são baseados na determinação de parâmetros físicos correlatos, como a variação no teor de água no perfil do solo e no deslocamento de traçadores radiativos detectado em sucessivas amostragens. A partir dessas variações, pode-se inferir a distribuição radicular no perfil do solo (BOHM, 1979).

O estudo da distribuição radicular auxiliada pela análise de imagens digitais oferece um número significativo de oportunidades de tratamento e análise, entre as quais avaliar a distribuição de raízes que ocorre em um perfil de solo, em uma trincheira, em substituição a quantificação visual, feita mediante quadrados reticulados (método do perfil de solo ou monolito). A densidade de raízes pode ser determinada por meio de algumas etapas de filtragem de imagem e calibração do sistema SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo). Com isso, abrem-se novas perspectivas de estudos mais completos e precisos das interações raiz-solo, e da influência de diferentes práticas culturais em condições de campo (CRESTANA *et al.*, 1994).

A amostragem para obtenção de imagens, através de abertura de trincheiras e preparo do perfil do solo a ser fotografado, não é tão simples e é feita de maneira destrutiva. Por outro lado, comparando-se com outros métodos, essa amostragem não é das mais complicadas (FANTE JR. *et al.*, 1994). O uso de métodos indiretos de determinação da atividade radicular, como a depleção da umidade do solo medida pela técnica de moderação de nêutrons, e a presença de fluxo de água ascendente, baseado no sentido do gradiente do potencial total da água no solo, que por sua vez é estimado a partir do potencial matricial da água no solo obtido por tensiometria, apresentam boa concordância com o método de

análise de imagens digitais no estudo da distribuição radicular no perfil do solo (BASSOI *et al.*, 1994).

Em avaliação realizada por BASSOI *et al.* (2002) em solo de textura arenosa, os porta-enxertos Salt Creek, Dodge Ridge, Courdec 1613 e IAC 572 irrigados por microaspersão, utilizando o método do perfil do solo auxiliado pela análise de imagens digitais, atingiram cerca de um metro de profundidade e 90% das raízes de todos os porta-enxertos estavam distribuídas até 0,60 m. Na profundidade de 0-0,20 m o porta-enxerto Courdec 1613 apresentou a maior presença de raízes seguido pelo IAC 572 e Salt Creek. O Courdec 1613 apresentou maior quantidade em todo o perfil estudado.

Uma análise de métodos para a avaliação da distribuição radicular de videiras 'Itália' enxertada sobre IAC 313 num Latossolo Vermelho Amarelo, irrigada por gotejamento e microaspersão foi realizada em Petrolina – PE e Juazeiro - BA, no Vale do São Francisco. Foram medidas, pelo método do monolito a massa da matéria seca (D_w) e densidade de comprimento de raízes (L_v), enquanto a área de raízes (A_p) foi estimada pelo método do perfil de solo, combinado com a análise de imagens digitais. Nos solos submetidos a ambos os sistemas de irrigação, as raízes estiveram presentes até 1 m de profundidade e se estenderam lateralmente até 1 m de distância do tronco, mas as videiras irrigadas por microaspersão apresentaram maior quantidade de raízes com o aumento da distância do tronco. Os valores de A_p apresentaram boa correlação com D_w e L_v , mas essa correlação foi maior quando se utilizou a distribuição fracional de cada parâmetro (BASSOI, 2003).

2.3 Fenologia da videira

A fenologia estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos e as suas relações com as condições ambientais (DE FINA & RAVELO, 1973). Na viticultura, seu estudo tem como objetivo principal caracterizar a duração das fases de desenvolvimento da videira em relação ao clima, especialmente às variações

estacionais e é utilizada para interpretar como as diferentes regiões climáticas interagem com a cultura (TERRA *et al.*, 1998). Também é possível, através da fenologia se estabelecer a época das diferentes fases de vegetação, que além de servir para dividir o ciclo vegetativo em sub-períodos, pode ser utilizada para se escolher a época de plantio ou o grau de precocidade da variedade, fazendo-se coincidir os períodos críticos relacionados a uma ou outra fase, com os momentos em que a frequência das situações desfavoráveis ou negativas seja a menor possível (AZZI, 1959).

O clima é o principal fator que exerce influência sobre o desenvolvimento da videira. Entretanto, de acordo com SOUZA (1996), considerando-se as mesmas condições climáticas, variedades diferentes poderão apresentar comportamentos fenológicos distintos, podendo-se concluir, portanto, segundo CALÒ *et al.* (1996), que a fenologia é uma clara manifestação da interação genótipo-ambiente. Dentre as variáveis climáticas, a temperatura constitui o principal fator que limita a expansão geográfica da videira no mundo e interfere no seu desenvolvimento. Segundo GALET (1976), a videira necessita de temperaturas entre 10 e 40°C para a obtenção de fotossíntese líquida positiva, situando-se a temperatura ótima entre 15 a 30°C.

O conhecimento dos requerimentos heliotérmicos das variedades e da climatologia de uma zona vitícola possibilita o planejamento do manejo e dos programas fitossanitários, além de permitir a colheita em épocas desejadas do ponto de vista de mercado. Pode-se considerar a possibilidade de se utilizar variedades de baixos requerimentos heliotérmicos, em zonas de pluviosidade escassa para a obtenção de até três colheitas por ano em condições tropicais (BAUTISTA & VARGAS, 1981).

A temperatura basal ou zero de vegetação pode ser definida como aquela abaixo da qual o desenvolvimento das plantas praticamente não ocorre. Esta temperatura é variável segundo os anos e variedades, mas tem sido utilizado 10°C como um valor médio (WINKLER, 1974; Branas, 1974 citado por ANDRADES, 1990; VILLASECA *et al.*, 1986; SENTELHAS, 1998).

A caracterização fenológica e a quantificação das unidades térmicas necessárias para a videira completar as diferentes fases do ciclo produtivo fornecem ao viticultor o conhecimento das prováveis datas de colheita, indicando o potencial climático das regiões para o cultivo da videira (PEDRO JÚNIOR *et al.*, 1993). Em clima tropical semi-árido, a videira apresenta um comportamento totalmente distinto daquele apresentado nas regiões de clima subtropical e temperado, estando condicionada ao controle da irrigação e à época de poda. Pode-se dizer que as condições climáticas influem na fenologia e fisiologia das plantas, e na produção e qualidade dos frutos (ALBUQUERQUE & ALBUQUERQUE, 1982). Em regiões de clima tropical e de baixa altitude, como não ocorrem temperaturas inferiores a 12°C, o repouso da videira só pode ser obtido por suspensão da irrigação, o que implica submetê-la a uma deficiência hídrica (ASSIS & LIMA FILHO, 2000).

Na região de Jales (SP), o ciclo da videira 'Itália' (da poda à colheita) é de aproximadamente 150 dias, enquanto, na região de São Miguel Arcanjo (SP), é de cerca de 180 dias (TERRA *et al.*, 1998). No Nordeste semi-árido brasileiro, o ciclo varia em torno de 120 dias (LEÃO, 2000).

Com relação à videira 'Niagara Rosada', PEDRO JÚNIOR *et al.* (1993) verificaram uma necessidade térmica de 1330 graus-dia, com variação em função do local, de 1248 a 1386 graus-dia. Contudo, a época de poda não afetou o total de graus-dia necessários para completar o ciclo num mesmo local. Para o mesmo cultivar, FERRI (1994) obteve, na região de Jundiaí, um ciclo produtivo médio de 159 dias e uma necessidade térmica de 1589 graus-dia.

MANDELLI (1984) caracterizou a potencialidade climática da região de Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul, para o cultivo de algumas variedades para vinificação e obteve os seguintes resultados expressos em graus-dia utilizando a temperatura basal de 12°C: Riesling Itálico 1299 GD; Semillon 1309 GD; Trebbiano 1340 GD; Isabel 1393 GD; Barbera 1394 GD; Merlot 1400 GD; Bonarda 1403 GD; Petite Syrah 1409 GD; Malvasia de Lipari 1418 GD; Moscatel Branca 1421 GD e Cabernet Franc 1427 GD.

Galet (1983), citado por PEDRO JÚNIOR *et al.* (1993), subdividiu o ciclo da videira nos seguintes períodos: a) crescimento: da brotação ao fim do crescimento; b) reprodutivo: da floração à maturação dos frutos. Segundo TERRA *et al.* (1998), na região de Jales, para podas realizadas em março e colheita em julho, com ciclo aproximado de 150 dias, a videira 'Itália' necessitou de cerca de 1700 graus-dia (temperatura base de 10°C).

A utilização dos índices bioclimáticos, em regiões diferentes daquelas para as quais foram estabelecidas, pode acarretar resultados que não correspondam às expectativas. Por esta razão, estudos que estabeleçam o comportamento da cultura em relação aos fatores do ambiente, em especial o clima, são essenciais para o sucesso da viticultura (MANDELLI, 1984).

O estudo da fenologia da videira tem como principais vantagens a redução dos tratamentos fitossanitários, que passam a ser realizados de maneira mais racional de acordo com as principais pragas e doenças, dentro da fase de desenvolvimento em que a cultura se encontra; melhoria na qualidade dos frutos; economia de insumos; colheita na entressafra brasileira (MURAKAMI *et al.*, 2002), e possibilita melhor controle da irrigação através do uso de coeficientes de culturas definidos para cada subperíodo.

2.4 Os recursos hídricos e a irrigação

A população mundial, no século XX, aumentou três vezes enquanto o consumo de água multiplicou-se por seis. A perspectiva é que o consumo de água dobre nos próximos 25 anos. Esses indicadores atestam a urgência de planejamento, em longo prazo, e indicam que só o manejo eficiente dos recursos hídricos pode assegurar o desenvolvimento econômico e social em bases sustentáveis. Nem o Brasil, que dispõe de 8 a 12% da água doce superficial do planeta, pode viver a ilusão da abundância, pois seus recursos hídricos são mal distribuídos. O crescimento da população pressiona cada vez mais a produção de alimentos. A agricultura irrigada é responsável por mais de 40% das colheitas

mundiais, ocupando apenas 18% da área destinada à exploração agrícola. É uma atividade que gera empregos permanentes e possibilita o uso dos fatores de produção ao longo do ano (ITEM, 2001).

Atualmente a água ainda é utilizada de maneira inadequada e pouco eficiente na irrigação, apesar dos avanços dos equipamentos, nos sistemas, na automação e no manejo. A média observada de uso da água para irrigação, nos países em desenvolvimento, situa-se acima de 13 mil m³ ha⁻¹ano⁻¹, bem superior a 7.500 m³ ha⁻¹ano⁻¹, obtido com a adoção de práticas de manejo adequadas nas mesmas regiões (CHRISTOFIDIS, 2001).

No Submédio São Francisco, o manejo de irrigação não é uma prática comum na maioria das fazendas, apesar dos equipamentos de irrigação serem de tecnologia moderna. A adoção de práticas de manejo de irrigação adequadas é imprescindível para a conservação dos recursos hídricos e do solo, prevenindo os processos de salinização, contaminação do lençol freático e degradação ambiental.

2.5 Manejo de irrigação com RDI e PRD

Uma característica importante para a produção de uvas de vinho é o balanço entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da videira, ou seja, um desenvolvimento vegetativo que não seja excessivo, mas que não diminua a capacidade de produção da planta, e possibilite a obtenção de uvas de qualidade.

O manejo de irrigação é uma boa alternativa para o controle do crescimento vegetativo, do rendimento total da uva, e da qualidade das bagas. Na literatura há numerosos relatos que afirmam que o déficit hídrico produz mudanças significativas no crescimento vegetativo (SCHULTZ & MATHEWS, 1993; PONI *et al.*, 1994; USSAHATANONTA *et al.*, 1996) e a composição química das bagas (JACKSON & LOMBARD, 1993; REYNOLDS & NAYLOR, 1994). Por outro lado, o déficit hídrico influencia também a qualidade do vinho. Diferentes trabalhos têm mostrado resultados contraditórios quando se restringe a oferta de

água, porém existe consenso de que um déficit hídrico controlado resulta em melhor qualidade do vinho, ao diminuir o crescimento vegetativo e favorecer a iluminação dos cachos, o que aumenta a produção de fenóis (FERREYRA *et al.*, 2002).

A irrigação com déficit controlado, “Regulated Deficit Irrigation” (RDI), consiste na redução da quantidade de água disponível à planta durante o desenvolvimento reprodutivo da videira. Antes e após a maturação, a ocorrência de déficit hídrico reduz o potencial de água na folha, o desenvolvimento da baga, a expansão do fruto e a produção, sendo mais severo o déficit anterior à maturação (MATTHEWS & ANDERSON, 1989). Diferenças moderadas na disponibilidade da água no período reprodutivo da planta alteram a composição do fruto na colheita (MATTHEWS & ANDERSON, 1988).

Estudo realizado por FERREYRA *et al.* (2002) mostra que com RDI entre a maturação e a colheita houve aumento dos atributos de cor, concentração de fenóis, antocianinas e acidez titulável do vinho. A melhora na qualidade global do vinho também foi observada.

O manejo de irrigação baseado na irrigação lateralmente alternada, “Partial Rootzone Drying” (PRD) desenvolvido inicialmente na Austrália, consiste na alternância do lado da planta a ser irrigado, durante 10 a 14 dias, entre as fases fenológicas de pegamento do fruto e colheita. A restrição de água às raízes acarreta aumento da concentração de ácido abscísico (ABA), que ao ser transportado pelo xilema até a parte aérea, ocasiona a redução parcial da abertura dos estômatos. Isso implica menor transpiração, taxa fotossintética e crescimento dos ramos. Como parte das raízes continua sendo irrigada, não há decréscimo do potencial de água na folha, não caracterizando déficit hídrico. No entanto, esse efeito é transiente, necessitando da alternância de ciclos de umedecimento e de secamento de cada lado da planta para que o processo ocorra novamente. A produção em termos quantitativos e qualitativos não apresentou diferença em relação às plantas irrigadas sem restrição de água (DRY *et al.*,1996; DRY & LOVEYS,1998; DRY & LOVEYS,1999; DRY *et al.*,2000 a,b).

Em experimento conduzido por KANG *et al.* (2001), em que se trabalhou com PRD em pimenta com umidade de manejo de irrigação de 55 e 65% da água disponível, observou-se que a massa da matéria seca de raízes dos dois lados da planta não foi afetada pelo tratamento, embora tenha sofrido significativa redução em relação ao controle. A taxa de fotossíntese líquida, medida às 10:00 - 11:00 h da manhã, foi afetada somente nos tratamentos com manejo a 55% da água disponível, sendo de 13,67 e 12,10 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para o controle e PRD, respectivamente. A condutância estomática com o PRD também foi significativamente inferior a do controle em ambos os manejos, 55 e 65% de água disponível. Não houve diminuição da produção e a eficiência de uso da água foi significativamente superior no PRD. Portanto, os resultados mostraram que o PRD foi uma estratégia de manejo que possibilitou significativa economia de água, mantendo a produção.

STIKIC *et al.* (2003) também mostraram que, no caso do tomate, a fotossíntese e transpiração não foram afetadas significativamente pelo PRD, assim como a produção por planta. A eficiência de uso da água e o teor de açúcar do fruto, no PRD, foram superiores ao do controle.

Trabalhando com videira, variedade Cabernet Sauvignon enxertada sobre Ramsey, DRY *et al.* (1996) mostraram que a área foliar lateral, massa de ramos após a poda, condutância estomática, taxa de crescimento de ramos e volume de água utilizado na irrigação, foram reduzidos de maneira significativa quando usado o PRD como estratégia de manejo de irrigação, e ainda assim a produção foi mantida. Ocorreu aumento significativo no uso eficiente da água em 46%, na acidez titulável de 5,4 para 8,4 g L^{-1} , e na intensidade colorante e teor de sólidos solúveis totais em 45 e 42%, respectivamente.

2.6 Estimativa da evapotranspiração

A evaporação é o processo físico no qual um líquido é transferido para o estado gasoso. O termo evapotranspiração (ET) é usado para descrever o

processo de transferência de água para a atmosfera resultante da evaporação do solo e da transpiração dos vegetais (ROSEMBERG *et al.*, 1983). A evapotranspiração da cultura, ou demanda ideal (ET_c), refere-se à perda d'água por uma cultura qualquer sem restrição de água em qualquer estágio de desenvolvimento sob ótimas condições agronômicas e manejo de irrigação (DOORENBOS & KASSAN, 1979).

Quanto à evapotranspiração de referência (ET_o), como está apresentado no boletim 56 da FAO, (ALLEN *et al.*, 1998), o conceito refere-se a uma cultura hipotética, que se assemelha a um gramado, em crescimento ativo e mantida a uma altura uniforme de 0,12 m, sombreando completamente o terreno e sem restrições de água. Representa, portanto, uma extensão da definição original de PENMAN (1948) de evapotranspiração potencial.

Desde o plantio até a colheita, uma cultura vai progressivamente crescendo e ocupando a área disponível, onde, nessas condições ocorre a evapotranspiração da cultura (ET_c). O conhecimento da ET_c é fundamental em projetos de irrigação, pois ela representa a quantidade de água que deve ser repostada ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais. No entanto, a determinação da ET_c é difícil, onerosa e requer tempo de pesquisa para sua calibração. Sabe-se que para dar bons resultados, a irrigação deve ser bem quantificada. Irrigações insuficientes repõem a água apenas nas camadas superficiais do solo, não umedecendo a zona das raízes, trazendo prejuízo às plantas. Irrigações excessivas também são contra indicadas, pois acarretam perdas de água, de nutrientes e de energia, por percolação abaixo da zona de raízes, além de trazer problemas de encharcamento em áreas com problemas de drenagem. Para contornar essas dificuldades utilizam-se estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o), corrigidas por um coeficiente de cultura (K_c), que varia com a cultura e seu estágio de desenvolvimento durante o ciclo produtivo (PEREIRA *et al.*, 1997).

Durante o ciclo produtivo, a distribuição do coeficiente de cultura (K_c), é chamada de "curva de cultura", que é obtida experimentalmente, e representa o efeito integrado da mudança na área da folha, da altura da planta, do grau de

cobertura, da resistência do dossel da planta e do albedo sobre a E_{Tc} em relação à E_{To} . Então a estimativa da E_{Tc} é obtida pela multiplicação da E_{To} pelo K_c , que varia com o estágio de crescimento da cultura (SEDIYAMA, 1996).

Segundo THORNTHWAITE (1948), o termo evapotranspiração potencial surgiu primeiramente com a preocupação principal de explicar as variações sazonais do balanço de água no solo, e tentar definir diferenças regionais de clima. A sua equação leva a uma estimativa da evapotranspiração em função apenas da temperatura média do ar, a partir de um índice térmico anual, e da duração do dia de um determinado mês. Preocupado com os processos físicos envolvidos na evaporação PENMAN (1948), desenvolveu uma fórmula que proporcionou uma estimativa da taxa de evaporação da água-livre, da umidade da superfície do solo ou da vegetação, a partir de elementos climáticos relevantes. Posteriormente, combinou o balanço de energia na superfície com um termo aerodinâmico, cuja equação resultante é conhecida como “equação combinada” (SEDIYAMA, 1996).

Em 1948, Penman não incluiu a função de resistência da superfície para a transferência de vapor d’água na sua equação original. Para aplicações práticas, ele propôs uma equação empírica para a função devida ao vento. MONTEITH (1965) desenvolveu, com base na equação de Penman, uma equação, que inclui a resistência aerodinâmica e a resistência ao fluxo de vapor pela folha. A equação combinada com os termos de resistência aerodinâmica e da superfície da planta é chamada de equação de Penman-Monteith. Esta equação não somente concilia os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, mas também inclui a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor d’água no ar (r_a), e a resistência da superfície (planta) à transferência de vapor d’água (r_c). Esse método tem sido usado com sucesso na estimativa da evapotranspiração de culturas e de florestas (ROSEMBERG *et al.*, 1983).

Segundo PEREIRA *et al.* (1997), existem muitos métodos que determinam a evapotranspiração, que pode ser medida em lisímetros e balanço hídrico no solo, ou estimado a partir de modelos tais como o de THORNTHWAITE (1948), Radiação Solar (DOOREMBOS & PRUITT (1977), JENSEN-HAISE (1963),

LINACRE (1977), HARGREAVES (1977), BLANEY-CRIDDLE (1950), MONTEITH (1965), PENMAM-MONTEITH FAO (ALLEN *et al.*, 1998). Os modelos mais complexos fundamentam-se nos processos físicos de evaporação e evapotranspiração, e incluem em suas formulações vários elementos meteorológicos. Os mais empíricos correspondem a equações simples determinadas a partir de correlações entre medidas de ETo e uma ou duas variáveis climáticas, em geral, as mais comumente disponíveis, como a temperatura do ar e umidade relativa. Estas necessitam de ajustes às condições locais, pois podem apresentar, em determinadas épocas do ano, estimativas superiores ou inferiores aos valores reais, dependendo das características do clima de cada região. Conhecendo-se as limitações de cada método e os detalhes de seu desenvolvimento, fica mais fácil utilizá-los numa determinada situação (FERREIRA, 2004).

A estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) pelo método do tanque classe A tem sido utilizada no manejo da irrigação, apresentando como vantagem, o fato de integrar todas as variáveis do clima (temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa, radiação solar, etc) que determinam o processo da evaporação e evapotranspiração, sem que haja necessidade de medir estas variáveis ou estimá-las através de modelos mais complexos (SILVA, 2002).

2.7 Dinâmica da água no solo e balanço hídrico *in situ*

Segundo LIBARDI (1995), para o conhecimento da dinâmica da água no solo, é de fundamental importância o conhecimento da umidade e dos potenciais da água do solo. A umidade é apenas um índice que quantifica a água que o solo possui, enquanto que os potenciais da água dizem respeito aos diferentes tipos de energia potencial que atuam no sistema e podem dar indicação de como a água se encontra no solo, se parada ou em movimento.

A infiltração (processo de entrada de água pela superfície do solo, que perdura enquanto houver fornecimento de água), a redistribuição (movimento de água no solo após a infiltração), a evaporação (passagem da água do estado líquido para o gasoso) e a absorção de água pelas plantas (transpiração) envolvem o fluxo de água no solo, e tais processos são interdependentes, e podem ocorrer simultaneamente. Para estudar o ciclo da água em uma cultura de maneira geral é necessário considerar-se o balanço hídrico que, é realmente a própria lei da conservação das massas, e está intimamente ligado ao balanço de energia, pois os processos envolvidos requerem energia. O balanço de energia por sua vez é a própria lei da conservação da energia. Do ponto de vista agrônomo, o balanço hídrico é fundamental, pois ele define as condições hídricas sob as quais uma cultura se desenvolveu (REICHARDT, 1996).

O balanço hídrico pode ser estudado em várias escalas, desde uma bacia hidrográfica até uma cultura agrícola. Nesse último caso, pode-se alcançar maior detalhamento, onde o balanço hídrico pode ser definido como a contabilização das entradas e saídas de água em um dado volume de solo, durante um intervalo de tempo. O volume de solo considerado depende da cultura em estudo, pois deve englobar seu sistema radicular. Assim é que se considera como limite superior desse volume a superfície do solo e como limite inferior a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura. Se a quantidade de água que entra neste volume de solo num período de tempo for maior que a quantidade de água que dele sai, haverá reposição hídrica, e se sair mais do que entrar, haverá retirada. Esse saldo (positivo ou negativo) de água no solo é obtido pela variação do armazenamento de água do perfil do solo (ΔA). A quantidade de água que entra é proveniente da precipitação (P) e/ou irrigação (I), e a quantidade de água que sai o faz pelos processos de drenagem profunda (D), evapotranspiração (ET) e do escoamento superficial (R). A drenagem profunda, neste caso, representa a perda de água para fora da zona radicular através do limite inferior do volume de solo considerado. Porém, dependendo das condições, ao invés de sair, a água pode entrar através desse limite, sendo esse processo denominado de ascensão capilar (A). O escoamento superficial também pode constituir de uma entrada (positivo)

de água ou saída (negativo) no sistema. Assim, a representação matemática do balanço hídrico de uma cultura, na forma integrada, pode ser expressa pela equação $P + I - D + A - ET \pm R \pm \Delta A = 0$. Cada componente do balanço hídrico é de considerável importância dentro de um determinado ramo da ciência onde pode ser estudado com o nível de detalhe de interesse. Para o propósito de obtenção do componente ET, os detalhamentos de estudo de P, I e R são de medida relativamente fácil, em relação à ΔA e D (LIBARDI, 1995).

A precisão do método do balanço da água no solo depende da precisão com que são medidos os componentes da equação de conservação de água. A maior dificuldade reside na determinação da drenagem profunda ou ascensão capilar. Uma vantagem desse método quando comparado com outros que utilizam medições agrometeorológicas acima da superfície, é a facilidade de obtenção e processamento dos outros dados (precipitação, irrigação e variação do armazenamento de água no solo). As desvantagens são o menor nível de precisão e as dificuldades de obtenção da evapotranspiração nos períodos chuvosos. Este método não é apropriado para estimativas de evapotranspiração em base diária, porém, se a drenagem for bem avaliada, o método é aceitável para intervalos de dois ou três dias. Quando é aplicado em grandes áreas, o maior problema não é propriamente o método, mas a falta de uma boa representatividade devido à variação espacial das chuvas e a falta de homogeneidade da topografia e dos solos (LIBARDI, 1995).

Diversos pesquisadores realizaram estudos de balanço hídrico no solo para a determinação da evapotranspiração (ET_c) e do coeficiente de cultura (K_c), visando a sua aplicabilidade nos cálculos da lâmina de água necessária às culturas (SILVA, 2000; BEZERRA & OLIVEIRA, 1999; RAMOS, 2001; LOPES, 1999; MOURA, 2000; ÁVILA NETO, 1997). No entanto, a aplicabilidade desses coeficientes é restrita às condições climáticas e culturais para as quais foram determinados. Por isso, há a necessidade de calibração para a sua utilização em lugares diferentes de onde foram concebidos (ALLEN *et al.* 1998).

O coeficiente de cultura da mangueira irrigada no vale do São Francisco em Petrolina-PE foi determinado por SILVA (2000) utilizando para estimativa da

evapotranspiração da cultura os métodos do balanço hídrico no solo, e balanço de energia baseado na razão de Bowen, e o método de Penman-Monteith FAO para a evapotranspiração de referência.

BEZERRA & OLIVEIRA (1999) determinaram a evapotranspiração e o coeficiente de cultivo do milho em Fortaleza-CE através do balanço hídrico no solo e o método de Penman-Monteith FAO para obtenção da evapotranspiração de referência.

RAMOS (2001) estudou a distribuição do sistema radicular e consumo de água da bananeira irrigada por microaspersão em Petrolina-PE. Utilizou o método do balanço hídrico no solo para a determinação da evapotranspiração da cultura e o método de Penman-Monteith FAO para a evapotranspiração de referência (ET_o).

O coeficiente de cultivo da videira na Região do Submédio São Francisco foi determinado por ÁVILA NETO (1997). A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi obtida pelo método do balanço hídrico no solo e a evapotranspiração de referência por Penman-Monteith FAO.

LOPES (1999) determinou a evapotranspiração da mangueira para a região do submédio São Francisco em Petrolina-PE utilizando os métodos do balanço de energia baseado na razão de Bowen e balanço hídrico no solo.

FERREIRA (2004) utilizou os métodos do balanço hídrico no solo e Penman-Monteith FAO, para estimativa da evapotranspiração da cultura e evapotranspiração de referência, respectivamente, para determinação do coeficiente de cultura da goiabeira, em Petrolina-PE.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido em um vinhedo localizado no Campo Experimental da Embrapa Semi-Árido, no Perímetro Irrigado de Bebedouro, município de Petrolina-PE. O campo encontra-se geograficamente localizado na latitude 09°09' S e longitude 40°22' W, e a uma altitude de 365,5 m na região do Submédio São Francisco.

O clima da região é do tipo BSw^h semi-árido bastante quente, segundo a classificação de Koeppen. A região caracteriza-se pela irregularidade de chuvas e ocorrência de elevadas temperaturas, que ocasionam elevada deficiência hídrica. O principal período da estação chuvosa estende-se de novembro a abril e pode ser influenciado pela temperatura da água dos oceanos e por fatores atmosféricos de escala global e regional. Dados coletados na Estação Agrometeorológica de Bebedouro de 1963 a 1999 apresentaram temperatura média do ar variando de 24,2 °C a 28,2°C (Figura 1) (TEIXEIRA, 2002).

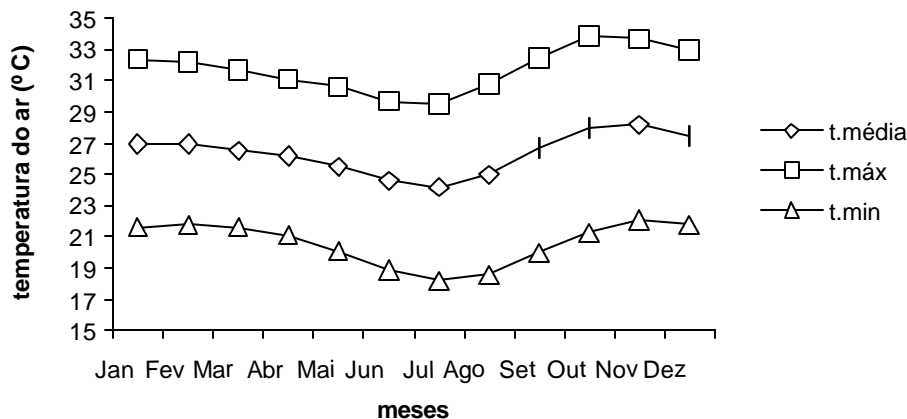


Figura 1 – Temperatura máxima, média e mínima do ar, do período de 1963/99 da estação agrometeorológica de Bebedouro em Petrolina-PE.

A precipitação pluvial nos últimos trinta anos (Figura 2) apresentou um total anual médio de 567 mm, concentrando-se de novembro a abril, com 90% do total anual. O quadrimestre chuvoso, de janeiro a abril, contribui com 68% da precipitação total anual, o mês de março e o de agosto se destacam como o mais e o menos chuvoso, com totais médios de 136,2 mm e 4,8 mm, respectivamente, (TEIXEIRA, 2002).

A evaporação média medida com o tanque classe “A” variou de 177 a 298 mm/mês, com os menores valores ocorrendo de março a julho, e os maiores em setembro e outubro, (Figura 2, TEIXEIRA, 2002).

Com relação à umidade relativa do ar, os meses mais úmidos correspondem àqueles do período chuvoso, variando em média de 66% a 71,5%, os menores valores ocorrem nos meses de setembro e outubro, abaixo de 55%, (Figura 3, TEIXEIRA, 2002).

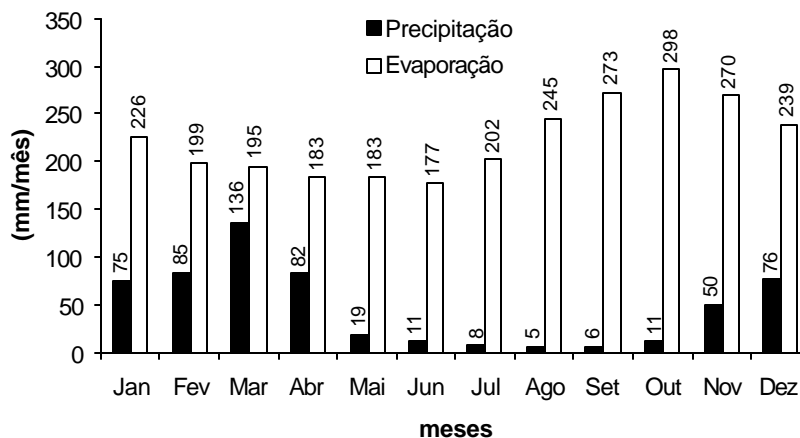


Figura 2 – Precipitação pluvial e evaporação no tanque classe A, médias do período de 1963/99 da estação agrometeorológica de Bebedouro, em Petrolina-PE.

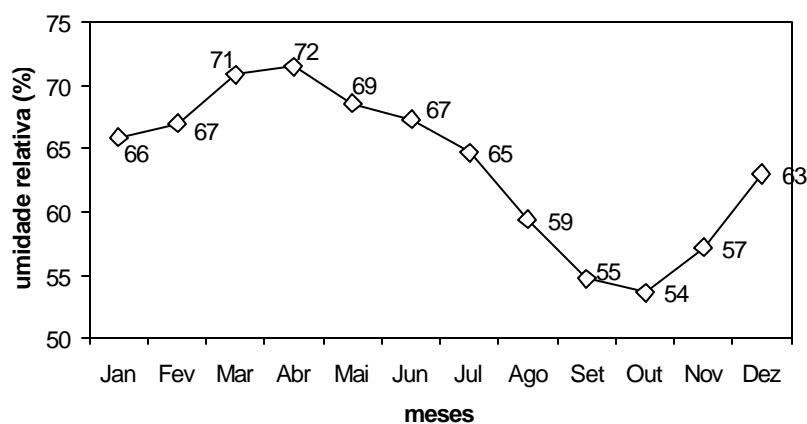


Figura 3 – Umidade relativa média do ar do período de 1963/99 da estação agrometeorológica de Bebedouro, em Petrolina-PE

Os meses que apresentam maiores valores de insolação correspondem ao período mais seco do ano, de agosto a novembro, com valor máximo de 266,6 horas/mês em outubro, enquanto que o menor, 192 horas/mês, ocorre no mês de julho. O valor médio anual de insolação é de 2.668,1 horas. A radiação global tem

comportamento semelhante ao da insolação, com os maiores valores registrados no mês de outubro, e os menores em junho (Figura 4, TEIXEIRA, 2002).

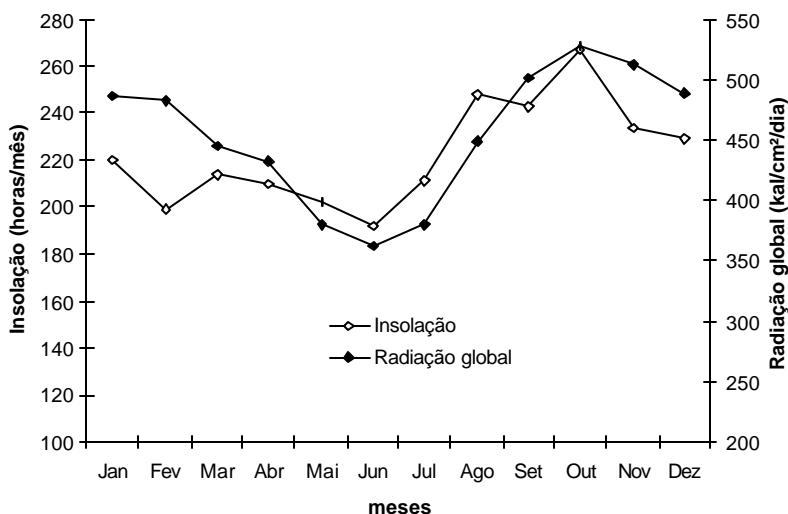


Figura 4 – Insolação e radiação global, médias do período de 1963/99 da estação agrometeorológica de Bebedouro, em Petrolina-PE.

Na Figura 5, observa-se a velocidade média mensal do vento a 2,0 m de altura em relação à superfície do solo, com ocorrência de valores mais elevados no período seco (agosto a outubro), chegando a 256 km/dia, e menores no período chuvoso, em média 139 km/dia (TEIXEIRA, 2002).

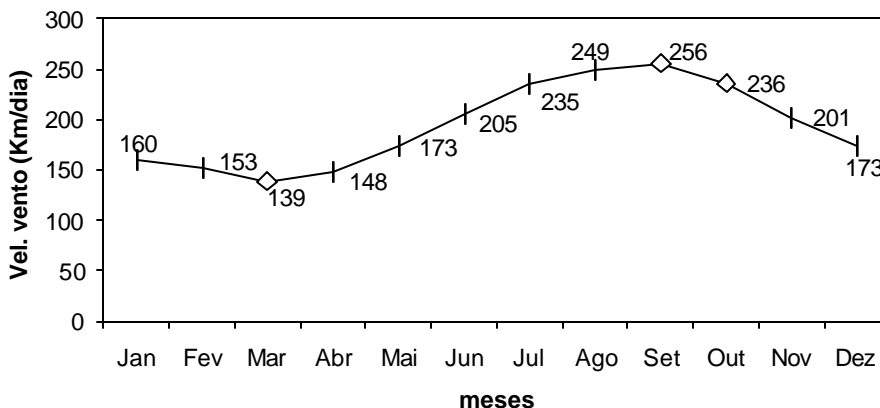


Figura 5 – Velocidade do vento no período de 1963/99 da estação agrometeorológica de Bebedouro, em Petrolina-PE.

O comportamento das variáveis climáticas durante o período do estudo é apresentado nos Quadros 1 e 2. A temperatura média mensal pouco variou durante o período, sendo que em junho atingiu os menores valores. Os valores de umidade relativa média do ar variaram de 59,14 em agosto a 68,68% em abril atingindo o máximo de 93,45% em maio, nas primeiras horas da manhã. Em agosto, mês mais seco, também ocorreu o menor valor de umidade relativa, 32,47%.

Quadro 1 – Média mensal da temperatura e umidade relativa do ar, medidas pela estação automática de Bebedouro durante o período experimental

Mês (2004)	Temperatura (°C)			Umidade do ar (%)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Abr	26,33	32,95	21,47	68,68	90,49	39,34
Mai	25,06	31,55	19,68	70,26	93,45	41,78
Jun	24,59	31,14	18,96	64,55	90,76	37,32
Jul	23,93	30,18	18,67	64,03	88,87	38,21
Ago	24,93	31,80	18,80	59,14	86,49	32,47

Quadro 2 – Média mensal da radiação global, velocidade do vento a 2 metros de altura e ETo PM-FAO e precipitação pluvial acumulada, medida pela estação automática, e evaporação do tanque classe A durante o período experimental

Mês (2004)	Radiação	Veloc.	Precipitação	ETo	Ev.
	Global	Vento (2m)		PM-FAO	Classe A
	(MJ)	(m s ⁻¹)	(mm)		
Abr	18,36	1,59	18,04	141,50	150,34
Mai	15,72	1,82	5,33	129,80	156,78
Jun	14,53	2,35	10,67	130,30	171,53
Jul	14,65	2,67	2,54	137,10	188,50
Ago	18,40	2,86	2,79	161,80	206,12

Ocorreu uma diminuição da radiação global nos meses de maio, junho e julho, voltando a crescer em agosto, o mesmo ocorrendo com ETo PM-FAO. A velocidade do vento a 2 metros de altura aumentou no decorrer do período estudado de 1,59 para 2,86 m s⁻¹. Poucas chuvas ocorreram no período, o que contribuiu para aplicação dos manejos de irrigação com restrição de água.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico com fragipã, textura média, fase caatinga hiperxerófila e relevo plano (*). Para a caracterização físico-química do solo, foram coletadas amostras nas profundidades de 0 a 1,00 m, com intervalos de 0,20 m. Foram determinados os conteúdos de areia, silte, argila, argila dispersa em água, pH, carbono orgânico, condutividade elétrica e teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, alumínio e hidrogênio, de acordo com os métodos descritos na literatura (EMBRAPA, 1997). Para determinação da densidade do solo, de partículas e curva de retenção, amostras foram retiradas pontualmente de 0,20 a 1,00 m, em intervalos de 0,20 m. Os métodos utilizados foram o do anel volumétrico, balão volumétrico e equivalente de umidade (EMBRAPA, 1997), para determinação das densidades do solo e de partículas e da curva de retenção, respectivamente. Os resultados estão descritos nos Quadros 3 e 4 e na Figura 6. As curvas de retenção foram ajustadas pelo modelo de Van GENUCHTEN (1980).

Quadro 3 - Características químicas do Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico eutrófico do campo experimental de Bebedouro, em Petrolina-PE

Prof. (m)	PH ¹ H ₂ O	C.E. ²	Complexo sortivo (mmol _c /dm ³)						V ³ %	M.O. g kg ⁻¹	P mg ₃ dm ⁻³
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H+Al	Al ³⁺			
0-0,20	6,5	0,77	25	11	0,7	7,0	8,2	0,5	84	10,1	131
0,20-0,40	6,1	0,33	24	11	0,4	3,2	14,8	0,5	72	8,3	7,9

¹ Proporção 1:2,5.

² Condutividade elétrica a 25°C dS m⁻¹ no extrato de saturação.

³ Percentagem de saturação por bases.

(*) Solo classificado em 2000 pelo Dr. Antonio Cabral Cavalcanti, pesquisador da Embrapa Solos – UEP/Recife-PE.

Quadro 4 – Características físicas do Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico eutrófico do campo experimental de Bebedouro, em Petrolina-PE

Profundidade (m)	Granulometria (%)			Argila Dispersa em H ₂ O (%)	Profundidade (m)	Densidade (kg dm ⁻³)	
	Areia	Silte	Argila			Solo	Partículas
0-0,20	81	13	6	3	0,20	1,62	2,61
0,20-0,40	74	12	14	7	0,40	1,69	2,59
0,40-0,60	75	9	16	8	0,60	1,52	2,65
0,60-0,80	67	15	18	9	0,80	1,54	2,71
0,80-1,00	72	2	19	9	1,00	1,53	2,61

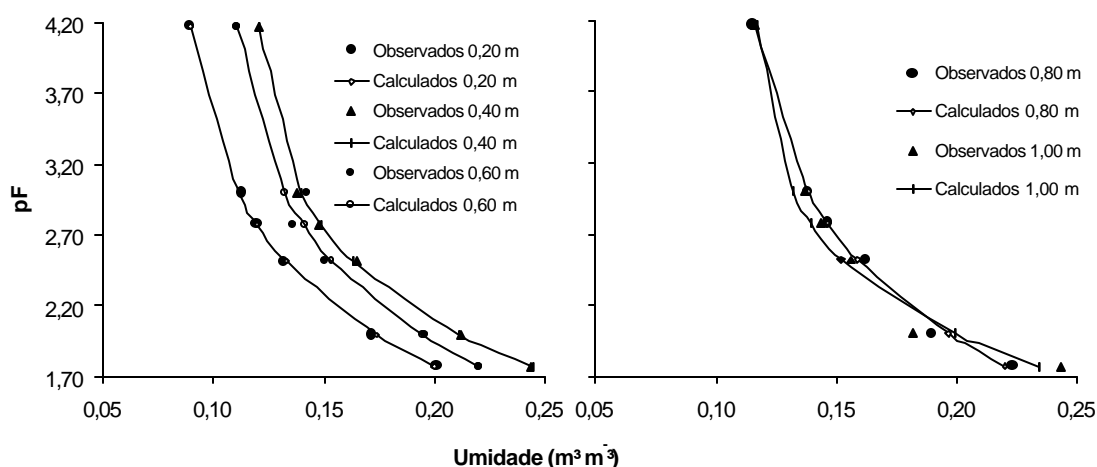


Figura 6 – Curvas de retenção com os pontos observados e calculados pelo modelo de van Genuchten para as profundidades de 0,20, 0,40, 0,60, 0,80 e 1,00 m, em Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico eutrófico do campo experimental de Bebedouro, em Petrolina-PE.

3.2 Instalação e condução do experimento

O plantio da videira de vinho cultivar Petite Syrah, sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e IAC 572, foi realizado em 24 de setembro de 2002 em uma área de 2.430 m².

A condução do vinhedo foi realizada no sistema de espaldeira, com três fios, e espaçamento de 3 m entre fileiras e 1,5 m entre plantas, na direção norte-

sul. A poda de formação foi efetuada doze meses após o plantio e a poda de produção aos 19 meses após o plantio, em 28 de abril de 2004. Em cada lado, permaneceram cinco ramos terciários, com quatro ou cinco gemas em cada um (Figura 7).



Figura 7 – Vista parcial do parreiral logo após a poda de produção.

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com emissores auto-compensados espaçados de 0,5 m com vazão de $4,34 \text{ L h}^{-1}$ até a implantação dos manejos de irrigação diferenciados. Foram efetuados testes de vazão e de distribuição de água pelos emissores. O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi determinado pela relação entre a vazão média dos menores valores correspondentes a um quarto do total de emissores e a vazão média de todos os emissores e o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) (KELLER & BLIESNER, 2000). Os testes foram realizados com periodicidade mensal para certificação da vazão desejada.

A adubação das plantas foi aplicada antes da poda de produção com 10 kg de N na forma de uréia, 5 kg de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo, 16,67 kg de K_2O na forma de cloreto de potássio, 20 m^3 de esterco de curral e 20 m^3 de bagaço de cana, por hectare, seguindo recomendação baseada na análise de solo e de tecido foliar coletado no ciclo anterior.

Foram realizadas podas verdes para a eliminação de ramos sem cachos e superbrotações (gemas com várias brotações). Quando necessário, foram realizadas pulverizações com inseticidas e fungicidas para o controle de pragas e doenças, bem como capinas mecanizadas nas ruas do plantio e manuais nas linhas de plantas.

3.3 Manejo de irrigação

No período de formação do vinhedo, até 18 meses após o plantio, não houve restrição na aplicação de água. No primeiro ciclo de produção, iniciado em abril de 2004 com a poda de produção, conduziram-se dois manejos de irrigação: a irrigação com déficit controlado ou “regulated deficit irrigation” (RDI), baseada na redução da disponibilidade de água no solo em cerca de 60% da água disponível após o início da maturação; e irrigação lateralmente alternada ou “partial rootzone drying” (PRD), entre o pegamento do fruto e a colheita, com aplicação alternada de água em cada lado da planta a cada quatorze dias. As parcelas contendo os tratamentos de manejo de irrigação sobre os porta-enxertos foram distribuídos em blocos completos casualizados em esquema fatorial. Cada parcela teve três fileiras de plantas, cada uma com nove plantas e a fileira central compôs as plantas úteis (Figura 8). No manejo PRD, os emissores foram instalados em duas mangueiras, uma de cada lado da linha de plantas, e válvulas de derivação de fluxo de água controlaram o lado da planta a ser irrigado. Em cada mangueira, os emissores foram instalados em espaçamento alternado de 0,5 e 2,5 m, de modo que cada intervalo entre plantas era coberto pelos emissores de uma das mangueiras, alternadamente (Figura 9). A aplicação de água por planta foi feita apenas por um emissor. No manejo RDI o sistema utilizado até então foi mantido com três emissores por planta, ou um a cada 0,50 m. O PRD foi iniciado em 16 de junho 2004 (47 dias após a poda – dap) e o RDI em 28 de julho 2004 (91 dap). Até a fase de pegamento do fruto a irrigação foi feita sem restrição, (FI), no tratamento com PRD e até o início da maturação no tratamento com RDI.

O manejo de irrigação foi conduzido baseado no monitoramento da umidade do solo, com duas baterias de tensiômetros digitais (tubo tensiométrico e tensímetro digital) instalados a 0,20, 0,40 e 0,60 m de profundidade, em cada tratamento, visando a assegurar a condição de umidade do solo para que ocorresse a evapotranspiração máxima da cultura (ETc) até a fase de maturação no RDI, e em todo o ciclo no PRD. Nesse tratamento, utilizaram-se tensiômetros instalados em ambos os lados da planta, em função da alternância do umedecimento. Para este objetivo, procurou-se manter o potencial matricial com valores superiores a -10 kPa. No RDI, após a maturação, o potencial matricial de manejo foi reduzido para -32, -18,7 e -35,7 kPa nas profundidades de 0,20, 0,40 e 0,60 m, respectivamente, valores estes correspondentes a 60% de água disponível. As leituras de tensiômetros eram feitas três vezes por semana, sempre antes da irrigação.

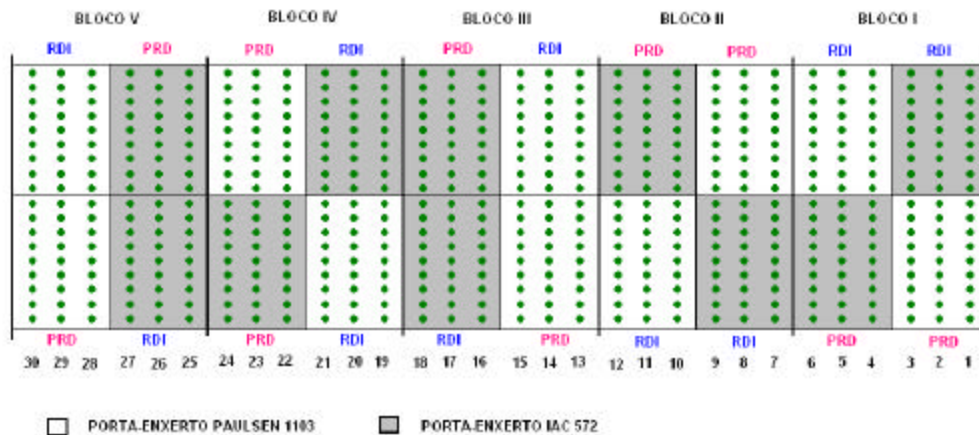


Figura 8- Croqui da área experimental.

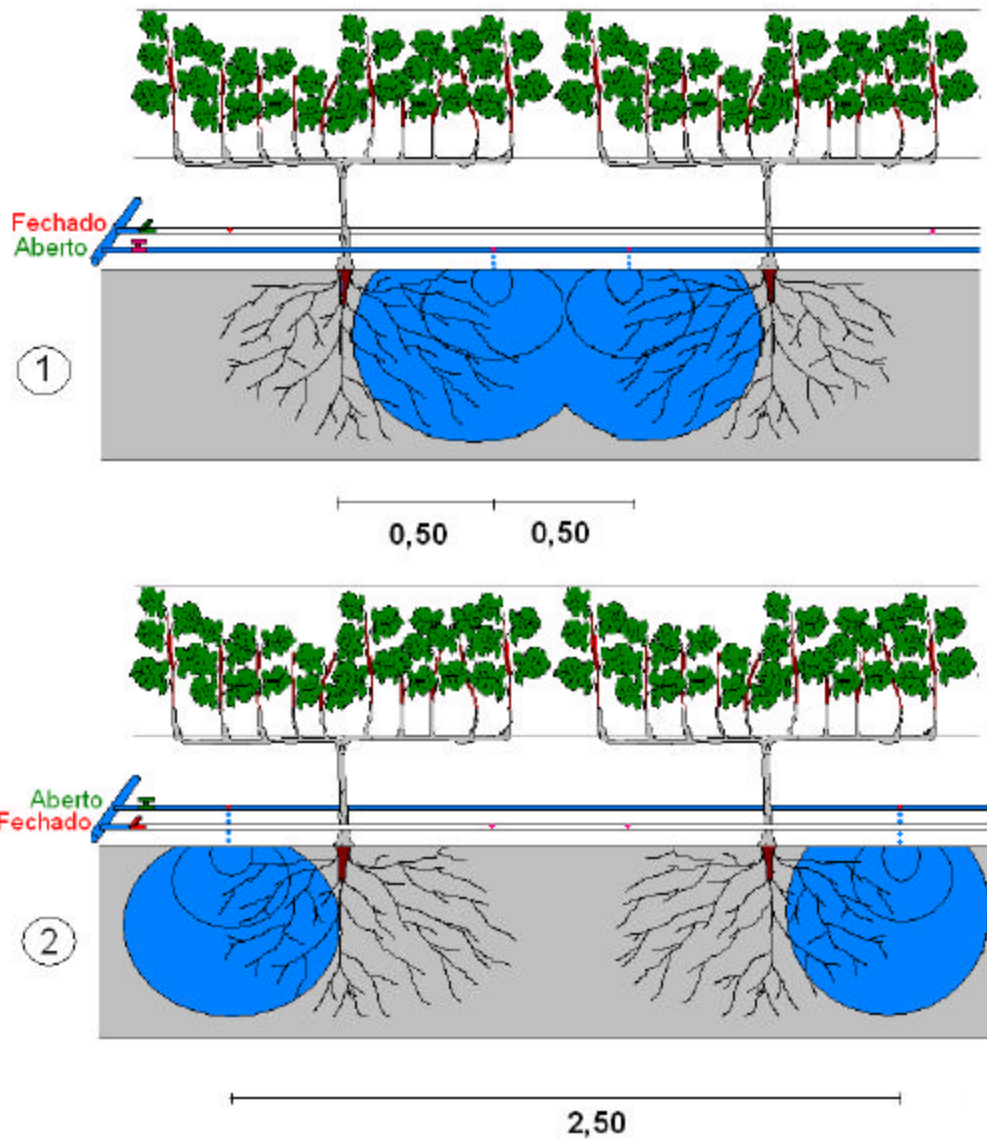


Figura 9 – Ilustração do funcionamento do sistema de irrigação utilizando o manejo PRD: 1- irrigação em um lado da planta; 2- irrigação no lado alternado.

A porcentagem de área molhada foi de 33%, determinada conforme KELLER & BLIESNER (2000) e a largura da faixa molhada foi determinada através da observação da frente de molhamento a 0,30 m de profundidade no sentido perpendicular à linha de irrigação. Para isso foram escavadas pequenas

trincheiras no mesmo sentido em vários pontos da área cerca de três horas após a irrigação.

O potencial matricial (\emptyset_m , kPa) foi calculado conforme a equação:

$$\emptyset_m = Lt \times 7,031 - (ht + hc) \quad (1)$$

em que:

Lt – leitura do tensímetro, psi;

hc – profundidade de instalação do tensiômetro, cm;

7,031 – fator de conversão de psi para kPa;

ht – altura do tubo tensiométrico acima do solo, cm.

Utilizou-se o modelo de Van GENUCHTEN (1980) para a representação matemática da curva do potencial matricial da água no solo, em função da umidade do solo (θ , $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + |\alpha \emptyset_m|^n\right]^m} \quad (2)$$

em que:

θ_r – umidade residual, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

θ_s – umidade de saturação, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

Ψ_m – potencial matricial, cmca;

α - parâmetro dependente do solo, cm^{-1} ;

n, m – parâmetros dependentes do solo, adm.

Os parâmetros empíricos da equação 2 foram estimados com o *software* Curvaret (DOURADO NETO & VAN LIER, 1993). A lâmina líquida de irrigação para cada faixa de profundidade (Llx, mm) foi determinada pela seguinte equação:

$$Llx = (\theta_m - \theta_a) \cdot P \quad (3)$$

em que:

θ_m – umidade do solo, correspondente ao potencial matricial de manejo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

θ_a – umidade do solo imediatamente antes da irrigação, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

P – profundidade de irrigação de cada faixa, mm.

A lâmina total de irrigação (L_{lt}, mm) foi a soma das lâminas de cada faixa de profundidade, 0-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. A umidade na primeira faixa foi considerada uniforme e igual à equivalente ao potencial matricial a 0,20 m. Nas profundidades de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, a umidade foi obtida pela média entre a equivalente ao potencial matricial superior e inferior de cada camada.

$$L_{lt} = L_{l_{x1}} + L_{l_{x2}} + L_{l_{x3}} \quad (4)$$

em que L_{lx} é a lâmina de irrigação para cada profundidade, mm;

Para o cálculo da lâmina bruta de irrigação (L_b, mm) utilizou-se a seguinte equação:

$$L_b = \frac{L_{lt}}{E_f} \quad (5)$$

em que E_f é a eficiência de irrigação, decimal, adotada igual ao CUC.

O tempo de irrigação (T_i, horas) foi determinado pela seguinte equação:

$$T_i = \frac{L_b \times A \times Pw}{q \times n} \quad (6)$$

em que

A – área ocupada pela planta, m²;

Pw – porcentagem de área molhada, decimal;

q – vazão do emissor, L h⁻¹;

n – número de emissores por planta.

Devido à complexidade dos cálculos, utilizou-se uma planilha eletrônica para determinação do tempo de irrigação baseada nas leituras dos tensiômetros.

3.4 Distribuição do sistema radicular

Para a análise da distribuição do sistema radicular do cultivar Petite Syrah, foram abertas seis trincheiras distribuídas ao acaso e paralelas à linha de três plantas, com 1,0 m de profundidade, 1,0 m de largura e 3,0 m de comprimento (Figura 10). O trabalho foi realizado em março de 2004, antes da poda de produção.



Figura 10 – Esquema da trincheira para análise das raízes.

O método de análise utilizado foi o do perfil de solo auxiliado pela análise de imagens digitais (CRESTANA *et al.*, 1994; BASSOI *et al.*, 2003), que consistiu na escarificação da parede da trincheira para retirada de 2 cm de solo com o objetivo de melhorar a visualização das raízes. Em seguida, uma pintura das raízes foi realizada com tinta látex de cor branca diluída em água, a fim de realçar o contraste destas com o solo.

Para delimitar a área a ser fotografada, utilizou-se um quadrado de madeira de 1,0 x 1,0 m, subdividido em quadrados de 0,2 x 0,2 m (Figura 10). Cada um dos quadrados foi identificado segundo sua localização horizontal e vertical na parede da trincheira. A imagem de cada um dos quadrados foi obtida com câmara fotográfica digital.



Figura 11 – Quadrado de madeira para delimitar a área a ser fotografada.

As imagens das raízes foram analisadas pelo SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo) (JORGE, 1996), onde o comprimento (cm) das raízes expostas em cada quadrado de 0,2 x 0,2 m foi determinado. Os valores desse parâmetro foram integralizados em cada perfil e sua distribuição absoluta e relativa foram obtidas em todas as profundidades e distâncias da planta no sentido das linhas e transversal a elas.

A profundidade efetiva das raízes, correspondente a 80 % do sistema radicular, foi determinada através do percentual acumulado a cada 0,20 m.

Para a análise do comprimento de raízes, utilizou-se o delineamento de medidas repetidas (MORANO & KLIEWER, 1994; BASSOI *et al.*, 2003), pois o comprimento de raiz a uma profundidade não é independente de uma outra na próxima profundidade. A variável foi analisada em função dos porta-enxertos e das profundidades do solo, em seis repetições.

3.5 Avaliação fenológica

As fases fenológicas avaliadas foram gema algodão, início da brotação, brotação plena, início da floração, floração plena, pegamento do fruto, início da maturação, maturação plena e colheita. Foram considerados os subperíodos mais importantes da poda ao início da brotação (F1), início da brotação ao início da floração (F2), início da floração ao pegamento do fruto (F3), pegamento do fruto ao início da maturação (F4) e início da maturação à colheita (F5) (Figura 12).

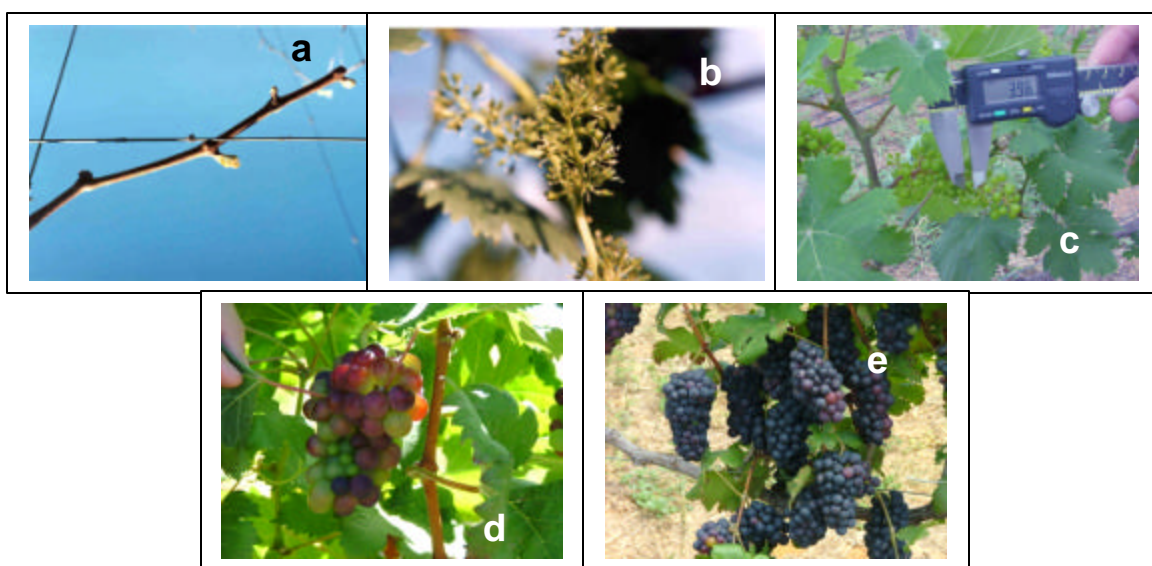


Figura 12 – Principais fases fenológicas do cultivar Petite Syrah: (a) Início da brotação, (b) Início da floração, (c) Pegamento do fruto, (d) Início da maturação e (e) Maturação completa e colheita.

Após a poda de produção, foram selecionadas duas varas, uma de cada lado da planta, duas plantas por parcela, para avaliação dos estádios fenológicos de gema algodão e brotação. Foi considerado início das gemas-algodão o momento em que as mesmas, inchando, romperam as escamas protetoras, fazendo aparecer a “plumagem”, atingindo o 2º estágio da descrição proposta por Baggioline (1952), citado por GALET (1983). Considerou-se o início da brotação o momento em que as gemas iniciaram o estágio de ponto verde, 3º da descrição do

autor citado anteriormente, ou seja, começando a aparecer o broto jovem sobre as gemas, Branas *et al.* (1946) e Hidalgo (1993) citados por BOLIANI & PEREIRA (1996). A brotação plena foi atingida quando 50% das gemas dos ramos observados atingiram o estágio de ponto verde.

A determinação dos estádios fenológicos de floração, pegamento do fruto, maturação e colheita foram baseados nas observações dos cachos localizados nos sarmentos principais (ramos apicais) oriundos das varas selecionadas. A floração foi caracterizada pela abertura do botão floral, e da mesma forma que a brotação, a floração plena foi atingida quando 50% das flores se abriram. O estágio de pegamento de fruto foi atingido com as bagas entre 3 e 4 mm de diâmetro. O início da maturação caracterizou-se pela mudança de cor dos cachos e a maturação plena com 50% das bagas vermelhas. A fase de colheita foi alcançada com o teor de sólidos solúveis totais de 21 a 22° brix.

As fases fenológicas foram relacionadas com o número de dias após a poda e as exigências térmicas em número de graus-dia acumulados. O número de graus-dia acumulados foi calculado através do somatório da diferença entre a temperatura média do ar e a temperatura basal de 10°C (Koblet & Zwicky citados por WINKLER *et al.* (1974); Branas, 1974 citado por ANDRADES, 1990; VILLASECA *et al.*, 1986; SENTELHAS, 1998). A temperatura média diária foi obtida através da média das temperaturas calculadas a cada 30 segundos e registradas a cada 30 minutos por uma estação agrometeorológica automática instalada no campo experimental. O delineamento estatístico, após a fase de pegamento de fruto foi o de blocos ao acaso com cinco repetições, e com esquema fatorial 2 x 2 (manejo de irrigação e porta-enxerto). Antes do início dos manejos de irrigação com PRD e RDI, foram analisadas em blocos completos casualizados com 10 repetições. A média das observações dos quatro ramos de cada parcela (duas plantas) constituiu a repetição.

3.6 Determinação do consumo hídrico

3.6.1 Calibração da sonda de nêutrons

A calibração da sonda de nêutrons consistiu em se obter uma relação entre as leituras do aparelho e a umidade do solo θ ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$). Os dados para a calibração foram coletados em duas parcelas de 3,0 x 3,0 m em uma área próxima ao experimento, contendo cada uma três tubos de acesso de alumínio para a sonda de nêutrons até a profundidade de 1,20 m (Figura 13).

Inicialmente as leituras foram realizadas nas profundidades de 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 e 1,2 m, com o solo com baixa umidade (parcela seca). Posteriormente, na parcela úmida (obtida com o umedecimento do solo) as leituras foram realizadas nas mesmas profundidades. Em ambas as parcelas, foram coletadas amostras indeformadas de solo com anéis de volume conhecido, para determinação da umidade na base de massa e da densidade do solo.

Trabalhou-se com a leitura relativa (L_r), utilizando a blindagem de proteção da sonda de nêutrons como leitura padrão. Dessa forma, foi utilizada a seguinte equação:

$$L_r = \frac{L_s}{L_p} \quad (7)$$

em que:

L_r – leitura relativa;

L_s – leitura obtida no solo e

L_p – leitura padrão.

A umidade com base em volume, foi determinada pela função linear:

$$\theta = b \times L_r + a \quad (8)$$

em que:

θ - umidade do solo, em volume, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

a , b – coeficientes linear e angular.



Figura 13 – Parcelas seca e umedecida, usadas para calibração da sonda de nêutrons, próximas ao local do experimento no Campo Experimental de Bebedouro em Petrolina-PE.

3.6.2 Balanço hídrico no solo

O consumo de água da videira cultivar Petite Syrah, submetidas ao RDI e PRD sobre os porta-enxertos Paulsen 1103 e IAC 572, foi estimado entre 28 de abril de 2004 (poda de frutificação – 0 dap) e 30 de agosto de 2004 (colheita – 124 dap), dividido nas cinco fases fonológicas citadas anteriormente. A evapotranspiração (ET_c) foi estimada nestas fases da cultura, por serem as mais importantes para aplicação das estratégias de manejo de irrigação.

Realizou-se o balanço hídrico no solo por meio da contabilização da precipitação pluvial (P), da irrigação (I), da variação do armazenamento da água no solo (ΔA), do fluxo de água através da camada limítrofe (q), escoamento superficial (R) e da evapotranspiração (ET).

$$P + I \pm q \pm \Delta A \pm R = ET \quad (9)$$

Devido à topografia da área experimental ser plana e o solo do horizonte A arenoso, o componente escoamento superficial (R), foi desconsiderado, assim

como o escoamento subsuperficial devido à sua pequena magnitude e às dificuldades de determinação. Foram definidas como condições de contorno para o balanço hídrico no solo a profundidade de 0,80 m e a largura de 1,0 m, que correspondeu à faixa molhada pelos gotejadores. Os dados de precipitação pluvial foram obtidos do pluviômetro instalado na estação agrometeorológica de Bebedouro. A lâmina de irrigação infiltrada foi calculada pela seguinte equação, derivada da Equação 6:

$$L = T_i \times \left(\frac{q \times n}{A \times P_w} \right) \times E_f \quad (10)$$

em que L é a lâmina de irrigação em mm.

O armazenamento da água no solo foi determinado a partir dos valores de umidade estimados pela sonda de nêutrons. Para cada porta-enxerto, foram instaladas três baterias de tubos de acesso para leitura da sonda de nêutrons nos tratamentos com RDI e seis baterias para o PRD, sendo metade de cada lado da planta. As leituras foram realizadas semanalmente, antes da irrigação, a 0,20, 0,40, 0,60, 0,80, 1,0 e 1,2 m de profundidade. Tubos tensiométricos também foram instalados próximos aos tubos de acesso para sonda de nêutrons, nas profundidades de 0,20 até 1,0 m e intervalos de 0,20 m. Suas leituras foram realizadas concomitantes com as da sonda de nêutrons (Figura 14).



Figura 14 – Detalhe da leitura dos tensiômetros com tensímetro digital.

O armazenamento foi calculado até a profundidade de 0,80 m usando a regra do trapézio (LIBARDI,1995):

$$A = \int_0^L \theta(z) dz \cong \left[1,5\theta(z_1) + \sum \theta(z_i) + 0,5\theta(z_n) \right] \Delta z \quad (11)$$

em que:

- A – armazenamento de água no solo, mm;
- θ - umidade volumétrica, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;
- $\theta(z_1)$ – umidade da primeira camada, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;
- $\theta(z_i)$ - umidade das camadas intermediárias, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;
- $\theta(z_n)$ – umidade da última camada, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;
- Δz – largura da camada, mm.

A variação do armazenamento da água no solo foi calculada durante os períodos de tempo considerado, pela seguinte equação:

$$\Delta A = A_f - A_i \quad (12)$$

em que:

- ΔA – variação do armazenamento de água no solo, mm;
 A_f – armazenamento médio no tempo final, mm;
 A_i – armazenamento médio no tempo inicial, mm.

Para a determinação da drenagem profunda ou ascensão capilar (fluxo descendente ou ascendente) no limite inferior do volume de solo considerado ($z=0,80$ m) utilizou-se a equação de Darcy–Buckingham, citado por LIBARDI (1995):

$$q = -K(\theta) \frac{\partial \phi_t}{\partial z} \quad (13)$$

em que :

- q – fluxo de água no solo, mm dia⁻¹;
 $K(\theta)$ – condutividade hidráulica, mm dia⁻¹;
 $\frac{\partial \phi_t}{\partial z}$ - gradiente do potencial total;
 ϕ_t – potencial total da água no solo, cm;
 z – coordenada vertical de posição, cm.

A determinação da condutividade hidráulica do solo não saturado foi realizada no campo pelo método do perfil instantâneo e o método da umidade, proposto por LIBARDI (1995), foi utilizado para resolver a equação geral do fluxo de água no sentido vertical, considerando o gradiente do potencial total igual a um, de acordo com o modelo:

$$K(\theta) = K_0 e^{\gamma(\theta - \theta_0)} \quad (14)$$

em que:

- $K(\theta)$ – condutividade hidráulica do solo não saturado, mm dia⁻¹;
 K_0 – condutividade hidráulica do solo saturado, mm dia⁻¹;
 γ - constante dependente do solo;
 θ - umidade do solo, cm³ cm⁻³;

θ_0 – umidade do solo saturado, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

Saturou-se uma parcela de solo de 25 m^2 ($5 \times 5 \text{ m}$) próxima à área experimental, de maneira que os processos em seu centro não fossem afetados pelos seus limites. Na região central da parcela foram instalados três tubos de acesso de alumínio para a medida da umidade do solo com a sonda de nêutrons nas profundidades de 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 e 1,2 m, como mostra a Figura 15.

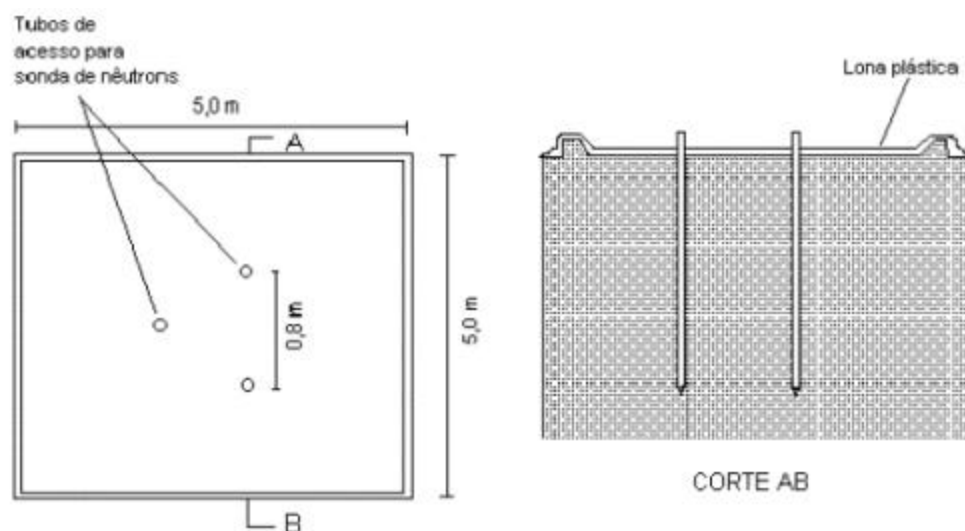


Figura 15 – Esquema da parcela para determinação do $K(\theta)$.

Colocou-se água na superfície da parcela para umedecimento do perfil do solo, e depois da constatação de umidade constante com o tempo, a parcela foi coberta com uma lona plástica para evitar a evaporação direta e a entrada de água através da superfície. Durante o processo de redistribuição da água no perfil do solo, foram efetuadas medidas periódicas de umidade com a sonda de nêutrons nas profundidades pré-estabelecidas.

3.6.3 Evapotranspiração de referência (ET_o)

Para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o, mm dia⁻¹), foram utilizados os métodos de Penman-Monteith FAO e do tanque classe A, através de dados coletados na estação agrometeorológica automática, para o primeiro, e convencional para o segundo, em Bebedouro, nas proximidades do experimento. Na estação automática, as observações seguiram os padrões internacionais recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e foram efetuadas automaticamente a cada 30 segundos e médias registradas a cada 30 minutos. Considerou-se uma cultura hipotética, com altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s m⁻¹ e coeficiente de reflexão de 0,23 (ALLEN *et al.*, 1994; SEDIYAMA, 1996), conforme a equação:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (15)$$

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;

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.

Com relação ao método do Tanque Classe A, utilizou-se a expressão seguinte:

$$ET_o = ET \cdot K_p \quad (16)$$

em que:

ET - evaporação no tanque classe A, mm dia⁻¹;

K_p - coeficiente de tanque (DOOREMBOS & KASSAM, 1979).

3.6.4 Coeficiente de cultura (K_c)

O coeficiente de cultura foi estimado através da razão (ALLEN *et al.*, 1998):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (17)$$

em que K_c é o coeficiente de cultura, dependente da cultura e de seu estágio de desenvolvimento, adimensional.

3.7 Fotossíntese, transpiração, resistência estomática e potencial de água na folha

Medidas de taxas de fotossíntese, condutância e resistência estomática, temperatura da folha e transpiração foram realizadas com analisador de gás infravermelho (IRGA) modelo LI-6200, e o potencial de água na folha com câmara de pressão de Scholander portátil (Figuras 16A e 16B). As medidas foram feitas nos dias 4 de junho, 15 de julho e 12 de agosto de 2004 aos 37, 78 e 106 dias após a poda, respectivamente, entre 12:00 e 13:30h, em uma folha por planta em todas as parcelas. A folha escolhida foi uma totalmente expandida localizada no terço médio dos ramos diretamente exposta aos raios solares, nas proximidades do cacho. Por ocasião da 1ª medição, na fase final de floração, os tratamentos

RDI e PRD ainda não estavam implementados, portanto, não havia restrição de irrigação (FI). Na segunda medição, após o pegamento do fruto, apenas o PRD havia sido implementado. Na terceira medição, durante a fase de maturação, o PRD e RDI estavam sendo praticados. Para as análises das variáveis, após a fase de pegamento do fruto, foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, e com esquema fatorial 2 x 2 (manejo de irrigação e porta-enxerto). Antes do início dos manejos de irrigação com PRD e RDI foram analisadas em blocos completos casualizados com 10 repetições, sendo que nos dois casos as medidas foram realizadas em apenas uma folha por parcela.

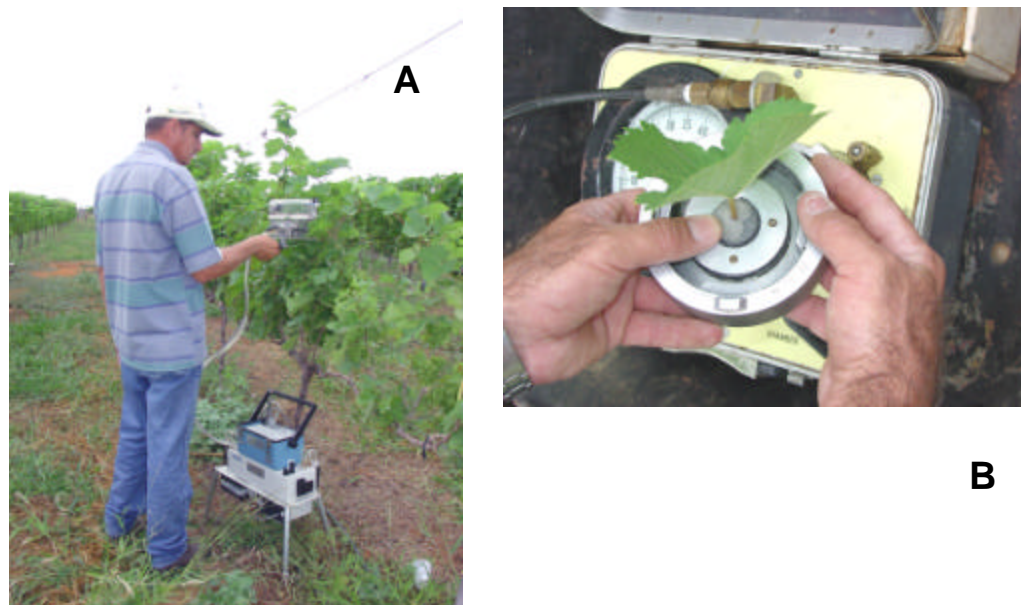


Figura 16 – Detalhes das medidas com o analisador de gás infravermelho (IRGA) modelo LI-6200 (A) e câmara de pressão de Scholander portátil (B).

3.8 Análise de crescimento vegetativo

Nos mesmos ramos selecionados para observação das mudanças dos estádios vegetativos de floração, pegamento de fruto e maturação, foram feitas, semanalmente, medidas de comprimento e diâmetro de ramos e número de nós. A

distância média entre nós foi estimada pela relação entre o comprimento de ramos e número de nós. Para isso, foram utilizados uma trena flexível e um paquímetro digital para medidas de comprimento e diâmetro de ramos, respectivamente. As análises estatísticas foram realizadas da mesma forma que para as análises fisiológicas.

3.9 Avaliação da produção e qualidade da uva e do mosto

A produção foi avaliada quanto ao peso total de cachos, número e peso dos cachos por planta e peso e número de bagas por cacho. A acidez total titulável (% de ácido tartárico) foi determinada por titulação da amostra com solução de NaOH 0,1 M até o pH 8,1, conforme metodologia sugerida por IAL (1985); o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado por leitura em refratômetro digital, com compensação automática de temperatura (AOAC, 1992); os compostos fenólicos (% da matéria fresca) foram dosados, após fracionamento, conforme metodologia descrita por REICHER *et al.* (1981). Para cada fração, pesou-se 5,0 g de amostra e adicionou-se aproximadamente 50 mL de metanol absoluto, metanol 50% ou água, para extração respectiva de fenóis dímeros, oligoméricos e poliméricos. Na extração dos fenóis poliméricos, as amostras foram colocadas em banho-maria a 60°C, por 15 min. Para os outros tipos, o material foi submetido a refluxo por 15 min. Após a extração, todas as amostras foram agitadas por 15 min e, em seguida, filtradas a vácuo. O filtrado foi, então, evaporado até o volume aproximado de 5 mL e diluído para 50 mL. Alíquotas de 4 mL foram utilizadas para o doseamento. As leituras foram feitas em espectrofotômetro, a 720 nm; as antocianinas foram extraídas a partir de 1 g da película das bagas em solução de etanol + HCl 1,5 N, na proporção de 85:15. O material foi homogeneizado por 2 minutos e transferida para balão volumétrico de 50 ml. A leitura foi realizada em espectrofotômetro, a 535 nm, após repouso em geladeira por uma noite, com proteção contra luz. O delineamento estatístico foi o

de blocos ao acaso, com cinco repetições, e com esquema fatorial 2 x 2 (manejo de irrigação e porta-enxerto).

3.10 Eficiências de uso de água

3.10.1 Eficiência de irrigação (Ei)

O desempenho do sistema foi avaliado pela eficiência de irrigação e calculada pela seguinte relação (BURT & STYLES, 1999).

$$Ei = \frac{L_{et}}{W} \times 100 \quad (18)$$

em que:

Ei - eficiência de irrigação, %;

L_{et} – lâmina de água utilizada (água evapotranspirada), mm;

W – lâmina bruta de irrigação mais a variação de armazenamento entre a poda e a colheita, mm.

3.10.2 Eficiência de uso da água (EUA)

A eficiência de uso da água foi determinada pela relação entre a produtividade total dos frutos e a quantidade de água aplicada através da irrigação, conforme a equação:

$$EUA = \frac{Pt}{W} \quad (20)$$

em que:

EUA - eficiência de uso da água, kg m^{-3} ;

Pt – produtividade total, kg ha^{-1} ;

W – $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características do solo

No Quadro 5 encontram-se os parâmetros de ajuste da equação de van Genuchten (1980), calculados com o *software* Curvaret (DOURADO NETO & VAN LIER, 1993).

Quadro 5 – Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água no solo

Prof. (m)	α	M	n*	θ_r (cm ³ cm ⁻³)	θ_s (cm ³ cm ⁻³)
0,20	0,3315	0,3298	1,4921	0,0820	0,5990
0,40	0,1507	0,3724	1,5933	0,1160	0,5960
0,60	0,3692	0,3283	1,4888	0,1030	0,6380
0,80	0,5094	0,3125	1,4545	0,1070	0,6420
1,00	0,1303	0,4063	1,6842	0,1140	0,6120

n dependente de m

θ_r = umidade residual; θ_s = umidade de saturação; α , m e n = parâmetros de ajuste que dependem do solo.

O Quadro 6 mostra os parâmetros das equações de condutividade hidráulica determinadas para três profundidades segundo LIBARDI *et al.* (1995).

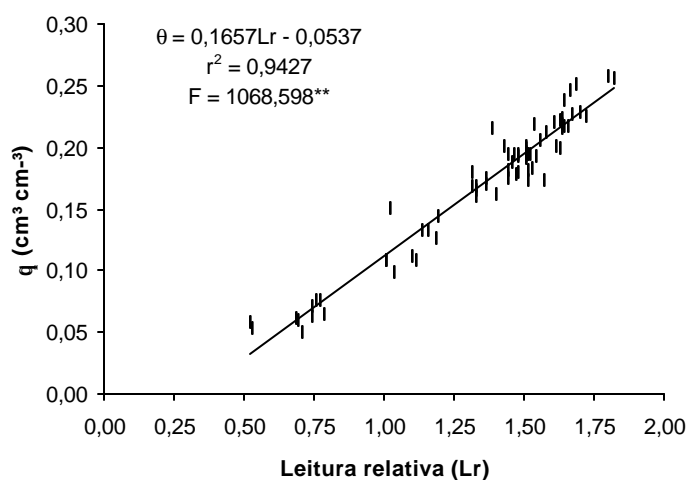
Quadro 6 – Parâmetros da equação de condutividade hidráulica

Prof. (m)	Ko* (mm/dia)	γ	θ_0 (cm ³ cm ⁻³)
0,60	6,881	112,9872	0,2162
0,80	7,786	112,7907	0,2316
1,00	8,396	120,9280	0,2530

* Obtido pelo método da umidade de Libardi (LIBARDI et al, 1995).

4.2 Calibração da sonda de nêutrons

A calibração da sonda de nêutrons foi realizada em uma área próxima (20 m) à área experimental, sendo possível a obtenção de uma única equação de calibração até a profundidade de 1,2 m (Figura 17).



** Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 17 – Equação de calibração da sonda de nêutrons para o Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico eutrófico do campo experimental de Bebedouro, em Petrolina-PE

4.3 Distribuição do sistema radicular

Nas profundidades estudadas, não ocorreu diferença significativa quanto ao comprimento de raízes entre os porta-enxertos, exceto na camada de 0-0,20 m, onde o IAC 572 teve maior comprimento médio de raízes por quadrícula de 0,20 x 0,20 m (Figura 18). Entretanto na distribuição relativa, 44,50% das raízes do IAC 572 estiveram presentes na camada superficial contra 31,88% do Paulsen 1103, e na camada de 0,20-0,40 m foi observada maior presença de raízes do Paulsen 1103, cerca de 32,90 contra 25,56% do IAC 572 (Figura 19).

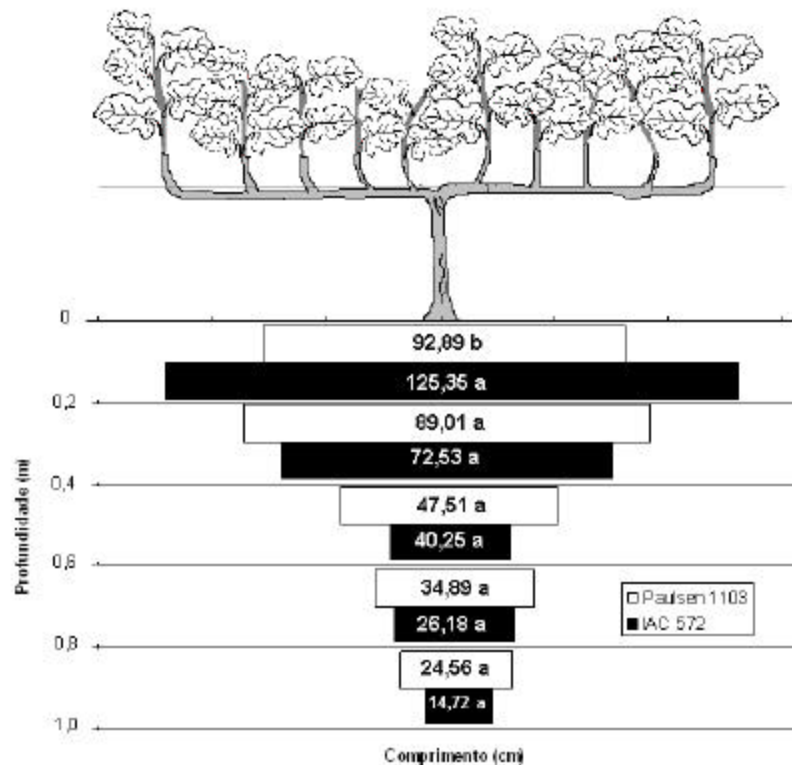


Figura 18 – Distribuição radicular média do cultivar Petite Syrah sobre os porta-enxertos IAC 572 e Paulsen 1103. Médias seguidas pela mesma letra, em cada profundidade, não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

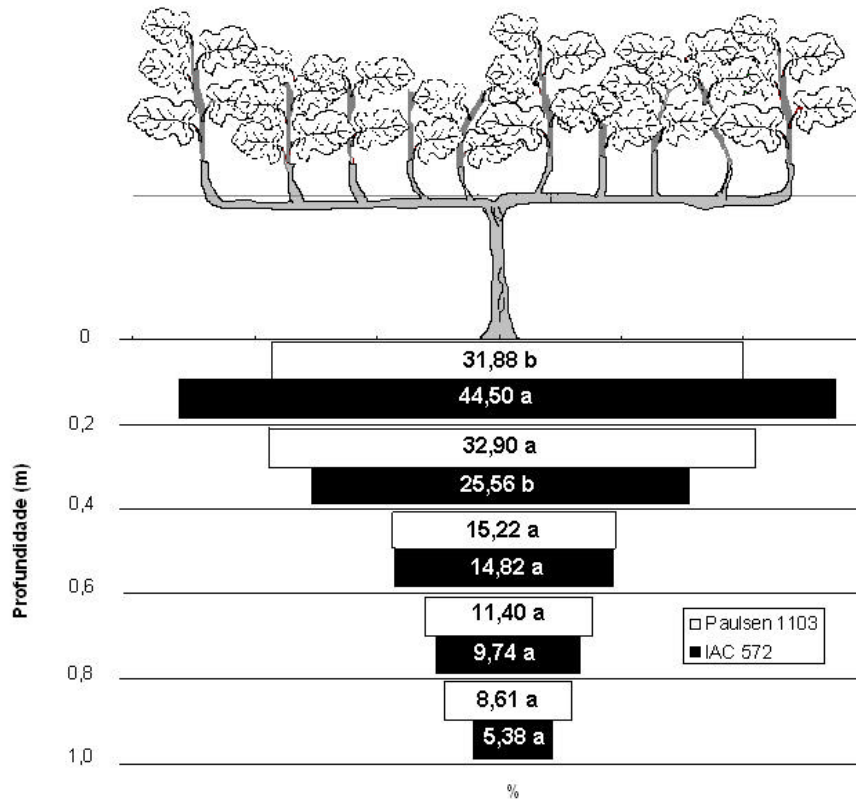


Figura 19 – Distribuição radicular média relativa do cultivar Petite Syrah sobre os porta-enxertos IAC 572 e Paulsen 1103. Médias seguidas pela mesma letra, em cada profundidade, não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Cerca de 80% das raízes de ambos os porta-enxertos estudados se concentraram até 0,60 m de profundidade, e 91 e 95% de Paulsen 1103 e IAC 572 até 0,80 m, respectivamente. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por BASSOI *et al.* (2002), quando estudou o sistema radicular da videira cultivar Festival sobre o porta-enxerto IAC 572, irrigada por microaspersão, em solo de textura arenosa.

Ao contrário do que ocorreu em profundidade, a maior presença de raízes, nos primeiros 0,20 m de distância da planta no sentido da linha de planta, foi observada no Paulsen 1103. Entretanto na camada de 0,60-0,80 m de distância, o IAC 572 apresentou maior quantidade de raízes. Nas demais distâncias estudadas não ocorreram diferenças significativas (Figura 20).

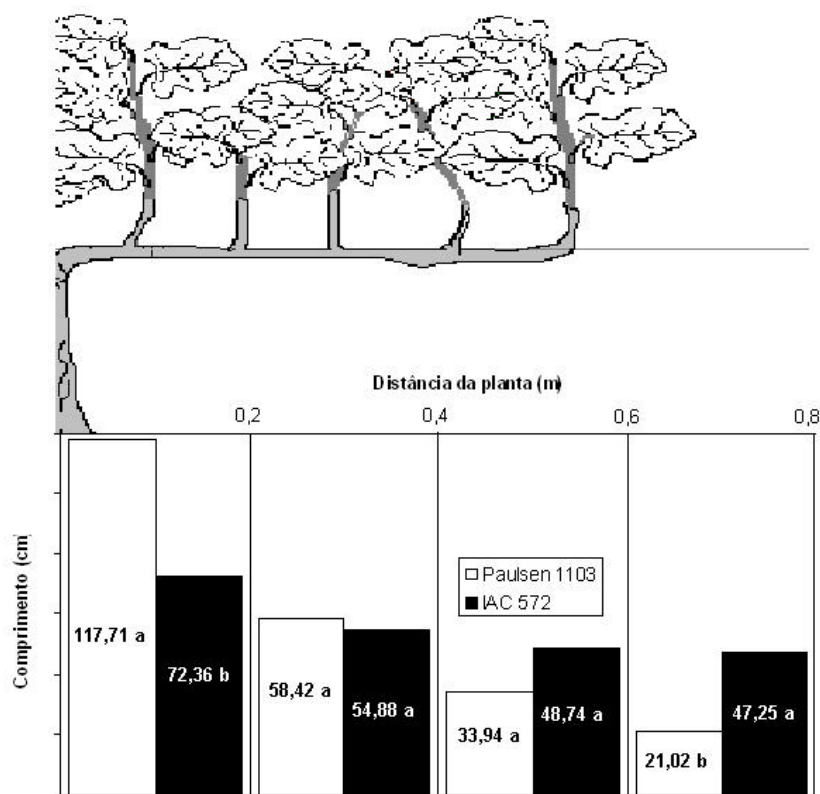


Figura 20 – Distribuição radicular média, em relação à distância à linha de planta, do cultivar Petite Syrah sobre os porta-enxertos IAC 572 e Paulsen 1103. Médias seguidas pela mesma letra, em cada distância, não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Quando se analisou a distribuição relativa, observaram-se diferenças significativas entre os porta-enxertos nas distâncias de 0-0,20, 0,40-0,60 e 0,60-0,80 m, onde o Paulsen 1103 foi maior na primeira enquanto o IAC 572 nas últimas (Figura 21). O Paulsen 1103 parece ter como característica desenvolver suas raízes próximas ao tronco da planta, enquanto o IAC 572 a de distribuí-las melhor pelas demais distâncias, fato esse que não ocorreu no sentido vertical.

Cerca de 78 e 91% das raízes estiveram presentes até 0,40 e 0,60 m de distância das plantas, respectivamente, no porta-enxerto Paulsen 1103. No IAC 572, apenas 57 e 79%, mostrando a melhor distribuição das raízes em todas as distâncias estudadas.

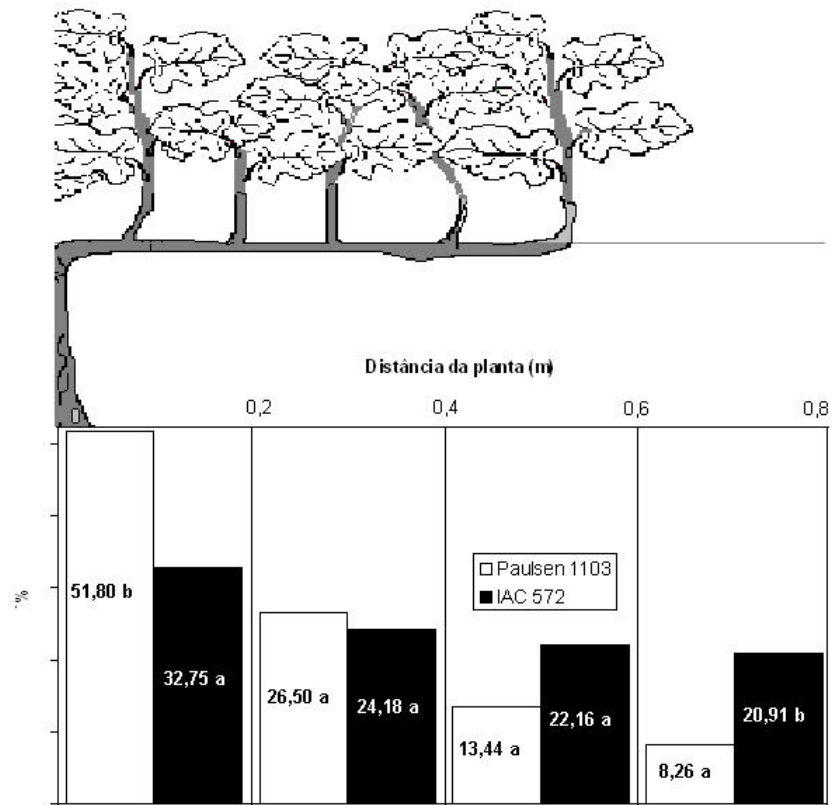


Figura 21 – Distribuição radicular relativa média, em relação à distância à linha de planta, do cultivar Petite Syrah sobre os porta-enxertos IAC 572 e Paulsen 1103. Médias seguidas pela mesma letra, em cada distância, não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Figura 22 observa-se a distribuição radicular na direção transversal à linha de plantas.

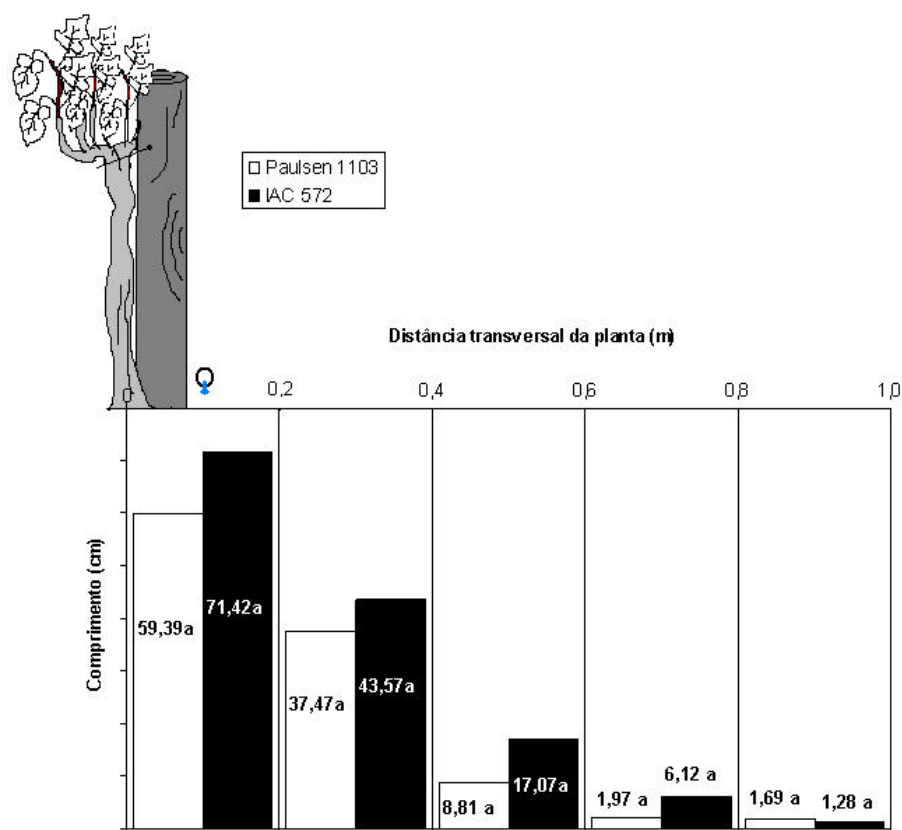


Figura 22 – Distribuição radicular média, em relação à distância transversal à linha de planta, do cultivar Petite Syrah sobre os porta-enxertos IAC 572 e Paulsen 1103. Médias seguidas pela mesma letra, em cada distância, não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

A distribuição neste sentido se estendeu até 1,00 m de distância para ambos os porta-enxertos, não apresentando diferenças significativas em nenhuma distância analisada. A distância atingida pelo sistema radicular, nos dois porta-enxertos, foi maior que a umedecida pela linha de gotejadores, que foi de 0,50 m para cada lado da planta. É provável que este acontecimento seja resultado do umedecimento do solo proveniente das chuvas intensas ocorridas nos meses de janeiro e fevereiro de 2004. Ressalta-se que as avaliações foram realizadas em março do mesmo ano.

Da mesma maneira, em termos relativos, não houve diferenças significativas entre os porta-enxertos analisados (Figura 23).

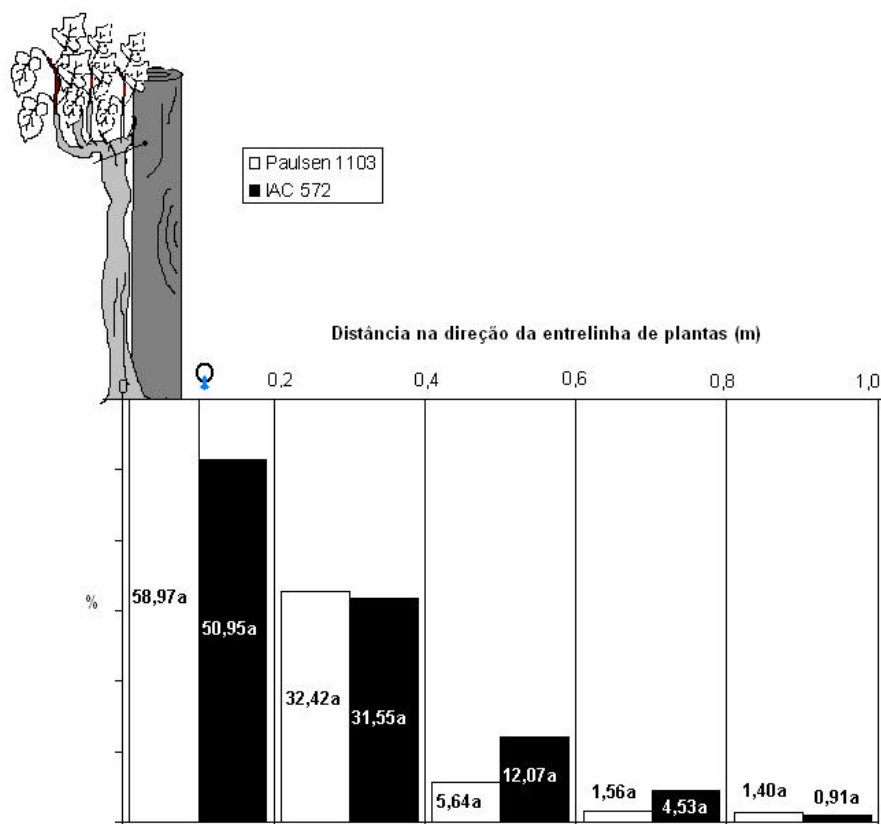


Figura 23 – Distribuição radicular relativa média, em relação à distância transversal à linha de planta, do cultivar Petite Syrah sobre os porta-enxertos IAC 572 e Paulsen 1103. Médias seguidas pela mesma letra, em cada distância, não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

4.4 Avaliação fenológica

O período entre a poda e a colheita foi de 124 dias e a soma térmica de 1812,7 graus-dia (GD). Os valores de exigência térmica obtidos são pouco superiores àqueles citados por TERRA *et al.* (1998), que consideraram 1700GD a necessidade térmica da videira 'Itália' na região Noroeste do Estado de São Paulo. Contudo, esses valores são inferiores aos 1989GD, acumulados da poda à

colheita, obtidos na cultivar 'Itália' por BOLIANI (1994), em Jales, São Paulo. MANDELLI (1984) trabalhou com diversas variedades de uva para vinificação no Rio Grande Sul, e obteve 1409 GD como exigência térmica para o cultivar 'Petite Syrah', utilizando 12°C como temperatura basal. Esse valor difere bastante de 1812,7 GD, em parte, devido à adoção de uma temperatura basal maior. SOUZA LEÃO (1999), também usando temperatura basal de 12°C, estimou a exigência térmica, da poda à colheita, em Petrolina, dos cultivares de uva sem sementes 'Vênus', 'Arizul', 'Beauty Seedless', 'Tompson Seedless', 'Marroo Seedless' e 'Canner', em 1446,8 GD, 1838,9 GD, 1631,9 GD, 1710,5 GD, 1686,6 GD e 1966,4 GD, respectivamente.

Pelo Quadro 7 podem-se analisar os subperíodos selecionados como os mais importantes para o manejo da irrigação, F1 (poda ao início da brotação), F2 (Início da brotação ao início da floração), F3 (Início da floração ao pegamento do fruto), F4 (Pegamento do fruto ao início da maturação) e F5 (Início da maturação à colheita) (Figura 24). Até o subperíodo F3, quando nenhum tratamento de manejo tinha sido implementado (irrigação sem restrição de água), não foram observadas diferenças entre os porta-enxertos, assim como nos subperíodos F4 e F5 quando as estratégias de manejos já estavam em prática. Vale ressaltar que não houve interações significativas em nenhuma das análises estatísticas com esquema fatorial, desta forma, pôde-se analisar os fatores de forma conjunta.

Ainda no Quadro 7 encontram-se as fases fenológicas em função dos dias após a poda e exigência térmica acumulada.

Quadro 7 – Duração e exigência térmica médias dos principais subperíodos fenológicos, expressas em dias e graus-dias, em função do manejo de irrigação e porta-enxertos, para o cultivar Petite Syrah, em Petrolina-PE

Subperíodo	Dias		Graus-dia		Dias		Graus-dia	
	RDI	PRD	RDI	PRD	P1103	IAC572	P1103	IAC572
F1	-	-	-	-	8,54 a	8,59 a	131,14 a	131,91 a
F2	-	-	-	-	24,85 a	24,57 a	370,98 a	367,71 a
F3	-	-	-	-	7,90 a	8,17 a	119,54 a	121,70 a
F4	40,58 a	41,44 a	586,88 a	600,20 a	41,43 a	40,59 a	598,99 a	588,08 a
F5	42,08 a	41,28 a	603,49 a	591,92 a	41,28 a	42,08 a	592,08 a	603,33 a
Total	124,00	124,00	1812,73	1812,73	124,00	124,00	1812,73	1812,73

Fase	DAP		Graus-dia acum.		DAP		Graus-dia acum.	
In. Brotação	-	-	-	-	8,54	8,59	131,14	131,91
In. Floração	-	-	-	-	33,39	33,16	502,12	499,62
Peg. Fruto	-	-	-	-	41,29	41,33	621,66	621,32
In.Maturação	81,92	82,72	1209,25	1220,81	82,72	81,92	1220,65	1209,40
Colheita	124,00	124,00	1812,73	1812,73	124,00	124,00	1812,73	1812,73

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, nos fatores (RDI e PRD) e (Paulsen 1103 e IAC 572), em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

F1 - Poda ao início da brotação; F2 - Início da brotação ao início da floração; F3 - Início da floração ao pegamento do fruto; F4 - Pegamento do fruto ao início da maturação; F5 - início da maturação à colheita.

RDI= regulated deficit irrigation; PRD= partial rootzone drying; DAP= dias após a poda; Graus-dia acum.= Número de graus-dias acumulados.

4.5 Consumo de água, aspectos de produção e qualidade do mosto e eficiência no uso da água

Pelas Figuras 24, 25 e 26 observa-se o volume de água aplicado em todo o ciclo da cultura nas duas estratégias de manejo de irrigação. Até no início da aplicação do RDI, cerca de 91 dias após a poda, fase de maturação, as irrigações eram realizadas em torno de três vezes por semana, de acordo com a demanda

hídrica da planta, sendo que após o final de semana, quase sempre o volume de água aplicado foi maior devido ao déficit ocasionado pelo período de dois dias sem irrigação. O mesmo ocorreu até o início da aplicação do PRD aos 47 dias após a poda, após a fase de pegamento do fruto. Durante a aplicação do PRD foi feito um cuidadoso monitoramento do conteúdo de água no solo, que permitiu definir a lâmina a ser repostada por irrigação. Desta forma, observa-se, pelas Figuras 27 e 28, que ocorreu aplicação de um volume de água sempre maior no momento da alternância do lado da planta a ser irrigado visando à reposição da água do lado seco.

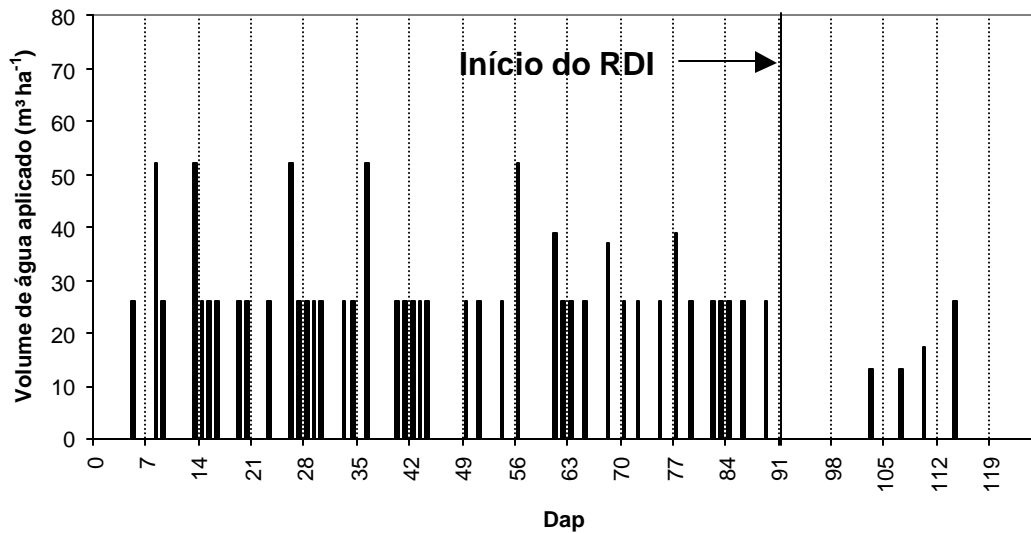


Figura 24 – Volume de água aplicado por irrigação durante todo o ciclo do cultivar Petite Syrah submetido ao manejo RDI.

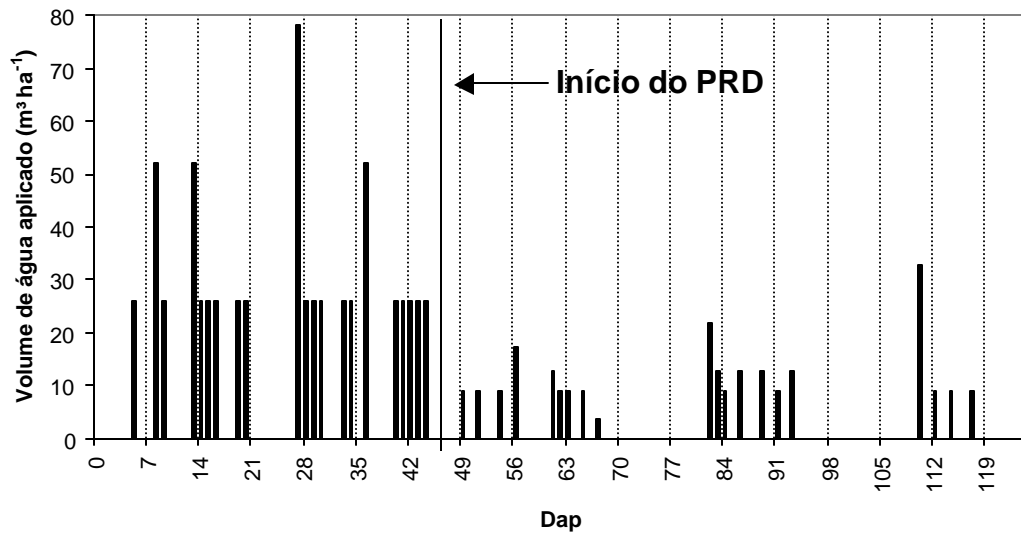


Figura 25 – Volume de água aplicado por irrigação durante todo o ciclo do cultivar Petite Syrah submetido ao manejo PRD, interstício anterior da planta a partir do início deste manejo.

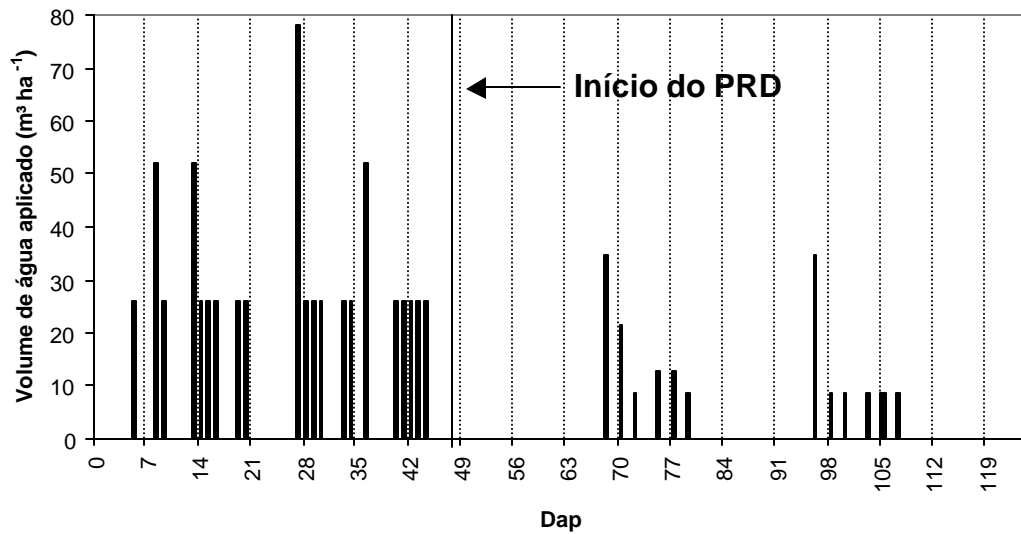


Figura 26 – Volume de água aplicado por irrigação durante todo o ciclo do cultivar Petite Syrah submetido ao manejo PRD, interstício posterior da planta a partir do início deste manejo.

Nas Figuras 27 a 32 observa-se a variação no conteúdo de água no solo nos tratamentos com RDI e PRD. No RDI, após o início da maturação, por volta de 91 dias após a poda, o conteúdo de água no solo começa a diminuir devido à queda no potencial de manejo de irrigação equivalente a um conteúdo de água de 60% da água disponível, sendo mais percebida a 0,2, 0,4 e 0,6 m de profundidade. No PRD, após o pegamento do fruto, por volta de 47 dias após a poda, pode-se observar uma variação no conteúdo de água no solo, sendo mais acentuada nas profundidades de 0,2 e 0,4 m. Essa variação ocorreu dos dois lados da planta de forma alternada. O conteúdo de água medido nas profundidades de 0,8, 1 e 1,2 m, praticamente não sofreu variação durante todo o ciclo da videira, e manteve-se sempre elevado.

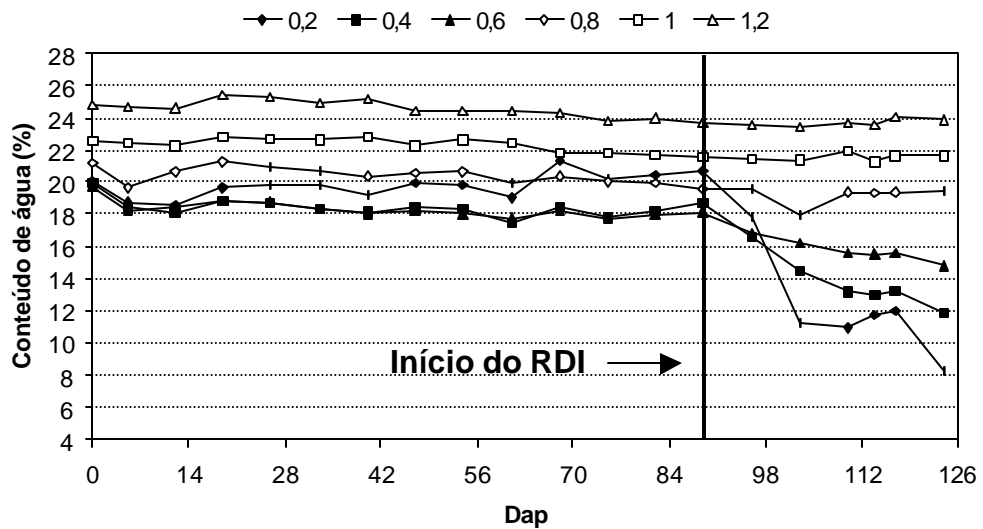


Figura 27 – Variação do conteúdo de água no solo no tratamento RDI/Paulsen 1103 em várias profundidades no cultivar Petite Syrah.

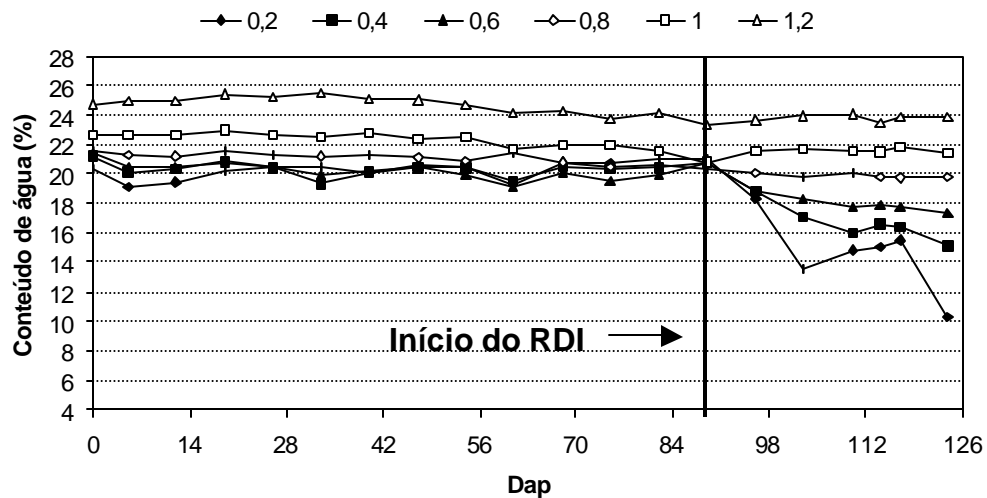


Figura 28 – Variação do conteúdo de água no solo no tratamento RDI/IAC 572 em várias profundidades no cultivar Petite Syrah.

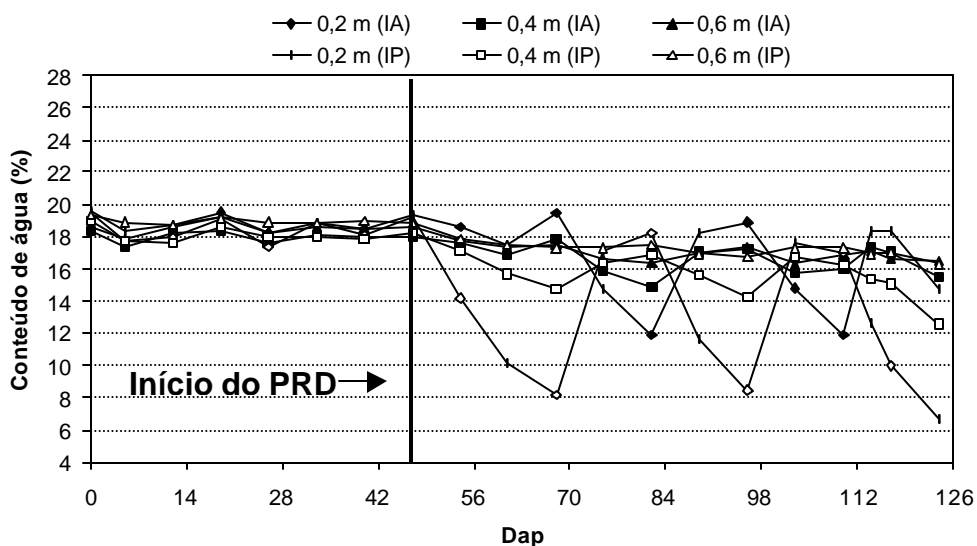


Figura 29 – Variação do conteúdo de água no solo no tratamento PRD/Paulsen 1103 nas profundidades de 0,2, 0,4 e 0,6 m dos dois lados da planta no cultivar Petite Syrah. IA= Interstício anterior; IP= interstício posterior.

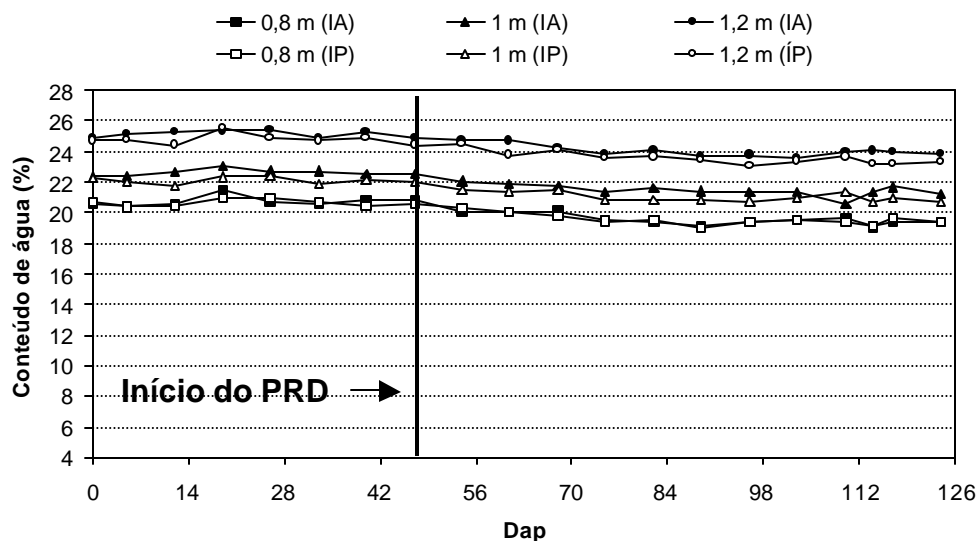


Figura 30 – Variação do conteúdo de água no solo no tratamento PRD/Paulsen 1103 nas profundidades de 0,8, 1 e 1,2 m dos dois lados da planta no cultivar Petite Syrah. IA= Interstício anterior; IP= interstício posterior.

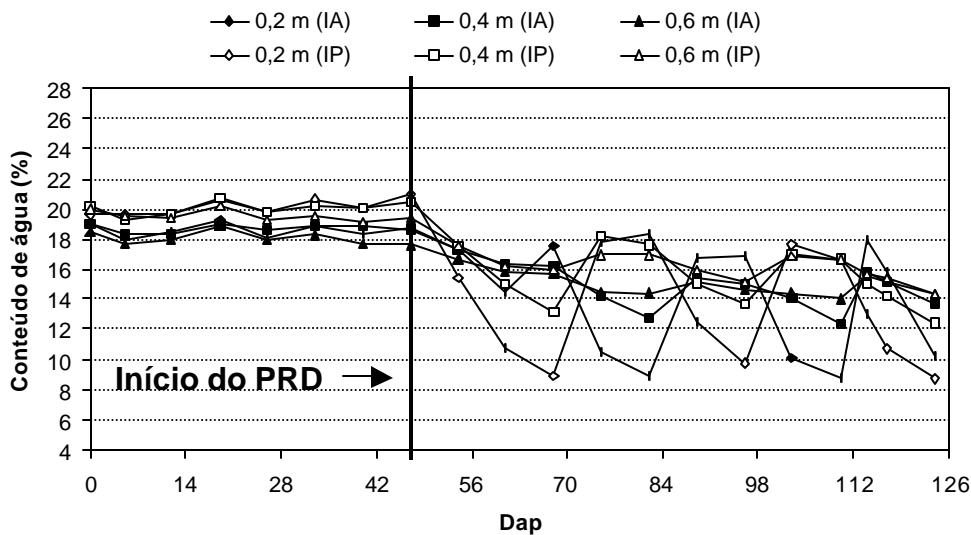


Figura 31 – Variação do conteúdo de água no solo no tratamento PRD/IAC 572 nas profundidades de 0,2, 0,4 e 0,6 m dos dois lados da planta no cultivar Petite Syrah. IA= Interstício anterior; IP= interstício posterior.

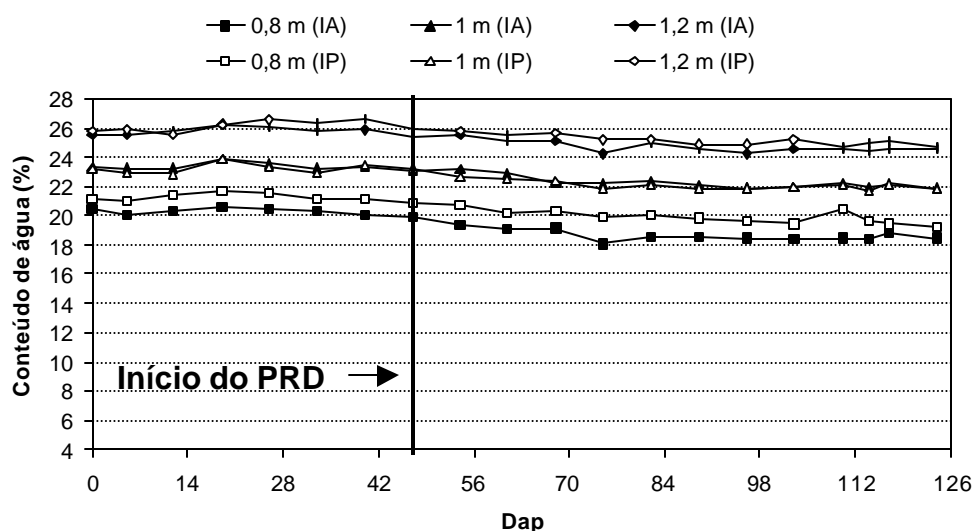


Figura 32 – Variação do conteúdo de água no solo no tratamento PRD/IAC 572 nas profundidades de 0,8, 1 e 1,2 m dos dois lados da planta no cultivar Petite Syrah. IA= Interstício anterior; IP= interstício posterior.

O fluxo de água através da camada de 0,80 m de profundidade, definida como limite inferior para o balanço hídrico, foi negativo durante praticamente todo o ciclo da cultura em todos os tratamentos, indicando sentido descendente. Ocorreu uma diminuição do fluxo próximo à fase de pegamento do fruto devido à diminuição do conteúdo de água no solo decorrente da aplicação das estratégias de manejo e aumento da demanda hídrica (Figura 33).

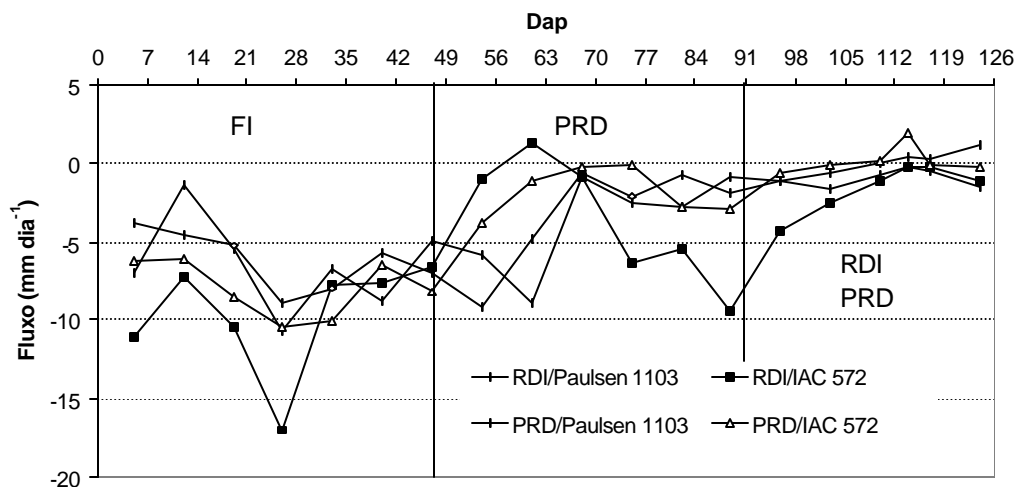


Figura 33 – Fluxo de água no solo na profundidade de 0,80 m.

No Quadro 8 encontram-se os valores médios diários da evapotranspiração de referência, obtidos pelo método de Penman-Monteith FAO e tanque classe A, a evapotranspiração da cultura pelo balanço hídrico no solo e os coeficientes de cultura (K_c) médios, estimados com base na E_{To} obtidas pelos métodos acima mencionados, para os principais subperíodos fenológicos. Observa-se que os valores da evapotranspiração de referência obtidos pelo método do tanque classe A foram, de modo geral, mais altos que os obtidos pelo de Penman-Monteith FAO. Desta forma, os valores de K_c estimados com base na E_{To} (PM-FAO) foram maiores, concordando com os relatos de FERREIRA (2004).

A evapotranspiração média diária para todo o ciclo da cultura foi de 3,6, 3,7, 3,6 e 4,0 mm dia^{-1} para o RDI/Paulsen 1103, RDI/IAC 572, PRD/Paulsen 1103 e PRD/IAC 572, respectivamente. Esses valores foram, de modo geral, mais baixos que os encontrados por TEIXEIRA *et al.* (1999) que relataram entre 3,8 a 6,5 mm dia^{-1} e um valor médio para todo o ciclo de 4,2 mm dia^{-1} para a videira cultivar 'Itália' em Petrolina-PE. Os autores WINKLER *et al.* (1974) e DOREMBOS & KASSAM (1979) encontraram valores dentro desses limites. Vale ressaltar, que o consumo de água depende do cultivar, porta-enxerto, tipo de condução e direção do dossel, tipo de solo e clima (ROSIER, 1995).

Das fases fonológicas F1 a F3 (irrigação sem restrição), os maiores valores de K_c foram observados no porta-enxerto IAC 572. Nas fases F4 e F5, após o início das estratégias de manejo PRD e RDI, respectivamente, os valores de K_c foram maiores no PRD, sendo mais evidentes no porta-enxerto IAC 572.

Quadro 8 – Evapotranspiração de referência média diária (ET_o) por Penman-Monteith FAO e tanque classe A, evapotranspiração média diária da cultura (ET_c) e coeficientes de cultura médios (K_c) estimados pelos dois métodos, para o cultivar Petite Syrah submetida a duas estratégias de manejo de irrigação sobre dois porta-enxertos para os subperíodos fenológicos estudados

Subperíodo	ET _o (mm dia ⁻¹)		RDI/Paulsen 1103			RDI/IAC 572		
	PM-FAO	TCA	ET _c (mm dia ⁻¹)	K _c		ET _c (mm dia ⁻¹)	K _c	
				PM-FAO	TCA		PM-FAO	TCA
F1	5,0	5,0	3,5	0,7	0,7	3,4	0,7	0,7
F2	4,0	4,3	4,1	1,0	1,0	4,5	1,1	1,0
F3	4,5	4,7	4,2	1,0	0,9	5,0	1,1	1,1
F4	4,3	4,8	3,3	0,8	0,7	3,6	0,9	0,8
F5	5,0	6,1	2,8	0,5	0,4	2,2	0,4	0,3
Média	4,6	5,0	3,6			3,7		
Subperíodo	ET _o (mm dia ⁻¹)		PRD/Paulsen 1103			PRD/IAC 572		
	PM-FAO	TCA	ET _c (mm dia ⁻¹)	K _c		ET _c (mm dia ⁻¹)	K _c	
				PM-FAO	TCA		PM-FAO	TCA
F1	5,0	5,0	3,5	0,7	0,7	3,4	0,7	0,7
F2	4,0	4,3	4,1	1,0	1,0	4,5	1,1	1,0
F3	4,5	4,7	4,2	1,0	0,9	5,0	1,1	1,1
F4	4,3	4,8	3,6	0,8	0,7	4,3	1,0	0,9
F5	5,0	6,1	2,5	0,6	0,5	2,9	0,9	0,7
Média	4,6	5,0	3,6			4,0		

F1 - Poda ao início da brotação; F2 - Início da brotação ao início da floração; F3 - Início da floração ao pegamento do fruto; F4 - Pegamento do fruto ao início da maturação; F5 - início da maturação à colheita; RDI= regulated deficit irrigation; PRD= partial rootzone drying.

De F1 até F3 a irrigação foi feita sem restrição.

Nos valores de K_c estão embutidos os valores de K_s (coeficiente que depende da umidade do solo).

Observando o Quadro 9, percebe-se que o volume de água aplicado foi o mesmo nos tratamentos RDI/Paulsen 1103 e RDI/IAC 572, assim como em PRD/Paulsen 1103 e PRD/IAC 572, devido ao sistema de irrigação não fazer distinção entre os porta-enxertos. A lâmina de água consumida durante o ciclo foi de 425,74, 381,35, 418,21 e 530,25 mm, nos tratamentos na mesma ordem acima, respectivamente. Observa-se uma maior lâmina de água consumida no PRD/IAC 572 fato que explica os maiores coeficientes de cultura, e menor no RDI/IAC 572. De modo geral, a lâmina de água média consumida não foi muito diferente nas duas estratégias de manejo, porém o volume médio de água aplicado e consumido foi sensivelmente maior no RDI, cerca de 22 e 18,5%, respectivamente. Isso se deve ao fato do volume de solo a ser umedecido no PRD ser 50% menor que no RDI. Um maior volume de água consumido foi observado no porta-enxerto Paulsen 1103, no RDI. Contrariamente, no PRD, o porta-enxerto

IAC 572 possibilitou à videira um maior volume de água consumido. Ressalta -se, que o início do manejo com PRD foi retardado em cerca de cinco dias. O mesmo deveria ter sido iniciado aos 42 dias quando teve início a fase de pegamento do fruto, portanto, essa economia de água poderia ter sido maior. Autores como DRY *et al.* (1996), também apuraram que uma significativa redução do consumo de água da cultivar Cabernet Sauvignon ocorreu, quando se utilizou o PRD como estratégia de manejo de irrigação, porém mais evidente que neste estudo, cerca de 39% a menos de consumo de água no PRD em relação à irrigação sem restrição. KANG *et al.* (1998) relataram que ocorreu um decréscimo no volume de água aplicado em plantas de milho da ordem de 26% no manejo com PRD (55% da capacidade de campo) em relação a irrigação normal com 55% da capacidade de campo. O mesmo autor, trabalhando com a cultura da pimenta, observou redução bem mais significativa do consumo de água, em torno de 40%.

A eficiência de irrigação (Ei), utilizada como instrumento de avaliação do desempenho do sistema de irrigação, mostrou valores que variaram de 73,34 até 90,54% no PRD/Paulsen 1103 e PRD/IAC 572, respectivamente.

A eficiência do uso da água (EUA) foi maior no PRD, sendo o porta-enxerto IAC 572 mais eficiente que o Paulsen 1103, 4,10 e 3,56 kg m⁻³, respectivamente. Como dito, no RDI a média dos valores de EUA foi menor não passando de 3,16 kg m⁻³. Valores mais expressivos foram relatados por LOVEYS *et al.* (1997, 1998, 1999) e DRY *et al.* (2000a,b), nos cultivares 'Shiraz', 'Cabernet Sauvignon' e 'Riesling' em estudos realizados na Austrália. Valores na ordem dos encontrados neste estudo foram sugeridos por KANG *et al.* (1998) para a cultura do milho.

Quadro 9 – Volume de água de irrigação, evapotranspiração da cultura (ETc), volume de água consumido, eficiência de irrigação (Ei), eficiência de aplicação (Ea) e eficiência do uso da água (EUA) no cultivar Petite Syrah em função de duas estratégias de manejo de irrigação e dois porta-enxertos

Variáveis	RDI/Paulsen	RDI/IAC	PRD/Paulsen	PRD/IAC
	1103	572	1103	572
Lâmina bruta de Irrigação (m ³ ha ⁻¹)	1.463,28	1.463,28	1.200,02	1.200,02
Variação* de armazenamento (m ³ ha ⁻¹)	-208,18	-171,14	-141,88	-191,62
ETc (mm)	425,74	381,35	418,21	530,25
Vol. cons. (m ³ ha ⁻¹)	1.401,64	1.258,46	984,22	1.259,97
Ei (%)	83,86	77,00	73,34	90,54
EUA (kg m ⁻³)	3,16	3,17	3,56	4,10

*Variação do armazenamento de água no solo entre a data da poda e a colheita. RDI= regulated deficit irrigation; PRD= partial rootzone drying.

A produtividade, número médio de cachos por planta, peso médio de cachos, número médio de bagas por cacho, peso médio de bagas, sólidos solúveis totais e acidez total titulável não foram afetados pelas estratégias de manejo de irrigação. Porém, a produção, peso médio de cachos e bagas e teor de sólidos solúveis totais foram maiores quando utilizado o porta-enxerto IAC 572 (Quadro 10). O porta-enxerto IAC 572 possui um sistema radicular mais concentrado na camada de 0-0,2 m e explora maior volume de solo, o que pode ter ajudado o mesmo a possibilitar à cultura um maior consumo de água, com PRD, e maior produção. O número de cachos por planta não foi afetado pelos porta-enxertos, sendo que no IAC 572 o maior peso de cachos foi resultado do maior peso de bagas. Diferenças significativas não foram observadas no teor de antocianinas, porém a concentração de fenóis foi maior no PRD.

SANTOS *et al.* (2003) não encontraram diferenças significativas no teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e antocianinas entre os manejos PRD (50% da ETc) e irrigação normal com 50% da ETc. Ainda nesse estudo apenas o teor de fenóis foi afetado positivamente pelo PRD. Segundo DRY *et al.* (1996), a

acidez total titulável, a cor e o conteúdo de glicose foram maiores quando utilizado o PRD.

Com relação ao RDI, estudos conduzidos por FERREYRA *et al.* (2002) concluíram que a acidez total titulável e o teor de antocianinas foram maiores nesse manejo de irrigação, em uma das safras estudadas, em relação aos manejos com 100% da ETc durante todo o ciclo, 40% da ETc durante todo o ciclo e, sem irrigação até o início da maturação e 100% da ETc durante o restante do ciclo. Os teores de fenóis e intensidade colorante foram significativamente maiores com o manejo RDI entre a maturação e a colheita em relação ao manejo com 100% da ETc durante todo o ciclo.

Quadro 10 – Produção, número de cachos por planta, peso médio de cachos, número médio de bagas por cacho, peso médio de bagas, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT, % em ácido tartárico), concentração de antocianinas e fenóis no cultivar Petite Syrah em função de duas estratégias de manejo de irrigação e dois porta-enxertos

Variáveis	RDI	PRD	Significância	CV(%)
Produção (kg ha ⁻¹)	5.286,84	5.187,36	*****ns	16,38
N.º cachos planta ⁻¹	27,00 a	25,50 a	0,33634 ns	12,70
P. médio cacho(g)	100,88 a	111,12 a	0,26865 ns	11,49
N.º médio de bagas cacho ⁻¹	92,60	92,76	*****ns	10,94
P. médio bagas (g)	1,08	1,20	0,29240 ns	21,50
SST (°Brix)	19,94	19,97	***** ns	5,13
ATT (% ac. tart.)	0,90 a	0,87 a	***** ns	10,42
Antocianinas (mg 100g ⁻¹)	206,71	217,53	***** ns	25,98
Fenóis (g 100g ⁻¹)	0,22	0,27	0,04698 *	17,69
	Paulsen 1103	IAC 572		
Produção (kg ha ⁻¹)	4.774,01	5.700,18	0,3266 *	16,38
N.º cachos planta ⁻¹	25,41	27,09	0,28302 ns	12,70
P. médio cacho(g)	93,05	118,95	0,01479 *	11,49
N.º médio de bagas cacho ⁻¹	93,62	91,73	*****ns	10,94
P. médio bagas (g)	0,99	1,30	0,01435 *	21,50
SST (°Brix)	19,39	20,52	0,02950 *	5,13
ATT (% ac. tart.)	0,90	0,87	***** ns	10,42
Antocianinas (mg 100g ⁻¹)	204,82	219,42	***** ns	25,98
Fenóis (g 100g ⁻¹)	0,23	0,26	0,18979 ns	17,69

*= significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns= não significativo; RDI= regulated deficit irrigation; PRD= partial rootzone drying; CV= coeficiente de variação.

Vários autores concluíram que, em termos quantitativos e qualitativos, não ocorreram diferenças em relação às plantas irrigadas com manejo sem

restrição de água e com PRD (DRY & LOVEYS,1998; DRY & LOVEYS,1999; DRY *et al.*,2000 a,b; KANG *et al.* 2001). Vale ressaltar que, o manejo com RDI foi considerado padrão para estabelecer comparações com o PRD, haja vista que a irrigação sem restrições até o final do ciclo não teria sentido, pois a qualidade do fruto seria prejudicada.

4.6 Taxas de fotossíntese e transpiração, resistência estomática, potencial hídrico na folha e crescimento da planta

Pelo Quadro 11, observa-se que não foram encontradas diferenças significativas entre os fatores estudados, nas taxas de fotossíntese líquida e transpiração e resistência estomática, e a eficiência de transpiração (calculada pela relação entre as taxas de fotossíntese líquida e transpiração), medidos entre 12:00 e 13:30h, aos 37 dap (época em que a irrigação era realizada sem restrição), aos 78 dap (apenas o PRD estava sendo praticado) e aos 106 dap (as duas estratégias de manejo).

KANG *et al.* (1998) relataram que, em milho, não ocorreu diferença significativa na fotossíntese, entretanto a transpiração e a resistência estomática, medidos entre 10:00 e 11:00h, foram significativamente menor e maior no PRD, respectivamente. Estudando a cultura da pimenta, KANG *et al.* (2000) observaram resultados semelhantes. DRY *et al.* (1996) também relataram que ocorreu um significativo aumento da resistência estomática no cultivar 'Cabernet Sauvignon', quando utilizou o PRD como estratégia de manejo de irrigação. Portanto, os valores encontrados neste estudo não concordam com os autores citados, exceto para a taxa de fotossíntese líquida.

Na Figura 34, observam-se os valores médios de radiação global (Rg), temperatura média do ar (Ta), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (Vv), nos dias das medidas de fotossíntese, resistência estomática, transpiração e potencial hídrico na folha. É possível notar uma variação da Rg no horário das medições aos 78 dias após a poda, o que pode ter prejudicado as mesmas, causando variação nas medidas.

Quadro 11 – Taxas de fotossíntese líquida (PN) e transpiração (T), resistência estomática (RS) e eficiência de transpiração medidas entre 12:00 e 13:30h, para o cultivar Petite Syrah submetida às estratégias de manejo e porta-enxertos

Fatores	Dia 4 de junho de 2004, 37 dias após a poda								
	Taxa de PN ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	RS (s cm^{-1})	Taxa de T ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Ef. de T ($\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$)					
FI	8,98	0,53	18,12	0,50					
Paulsen 1103	7,47 a	0,56 a	17,83 a	0,42 a					
IAC 572	10,48 a	0,50 a	18,41 a	0,57 a					
Dia 15 de julho de 2004, 78 dias após a poda									
FI	7,33 a	2,14 a	5,28 a	1,39 a					
PRD	6,97 a	2,00 a	5,65 a	1,23 a					
Paulsen 1103	8,40 a	1,81 a	6,14 a	1,37 a					
IAC 572	5,90 a	2,32 a	4,79 a	1,23 a					
Dia 12 de agosto de 2004, 106 dias após a poda									
RDI	8,58 a	0,99 a	12,90 a	0,67 a					
PRD	8,70 a	0,95 a	13,06 a	0,67 a					
Paulsen 1103	8,26 a	1,00 a	12,34 a	0,67 a </tr <tr> <td>IAC 572</td> <td>9,02 a</td> <td>0,94 a</td> <td>13,62 a</td> <td>0,66 a</td> </tr>	IAC 572	9,02 a	0,94 a	13,62 a	0,66 a
IAC 572	9,02 a	0,94 a	13,62 a	0,66 a					

Médias seguidas pela mesma letra nos fatores (FI, RDI e PRD) e (Paulsen 1103 e IAC 572) não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste F. FI= Irrigação sem restrição; RDI= regulated deficit irrigation; PRD= partial rootzone drying.

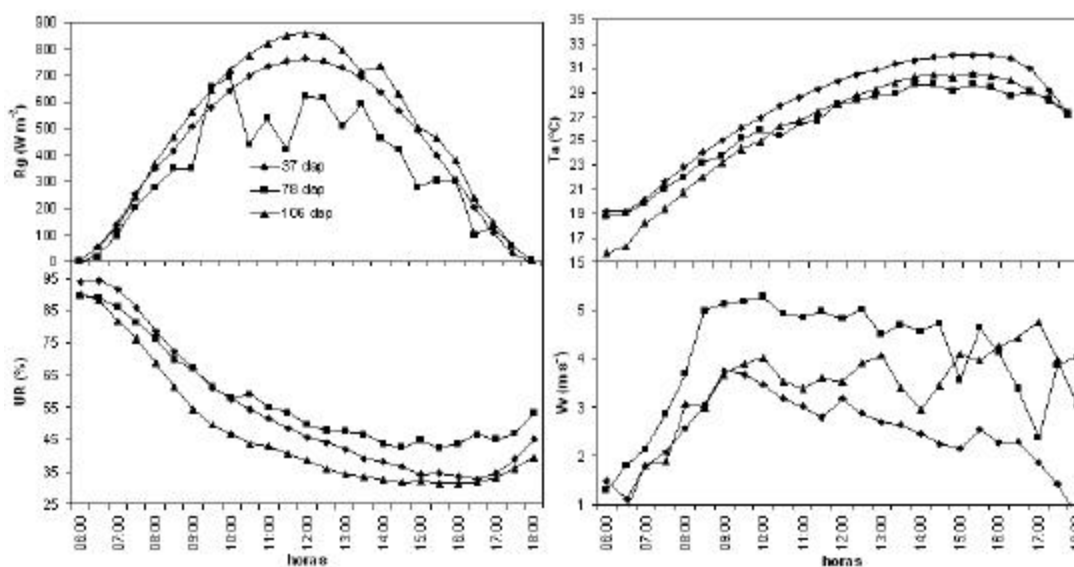


Figura 34 – Radiação global (Rg), temperatura média (Ta), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (Vv), medidos nos dias das avaliações fisiológicas.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de potencial hídrico foliar entre os fatores analisados (Figura 35). Entretanto, ocorreu uma queda substancial na última medida, feita aos 106 dias após a poda, devido à diminuição do conteúdo de água no solo.

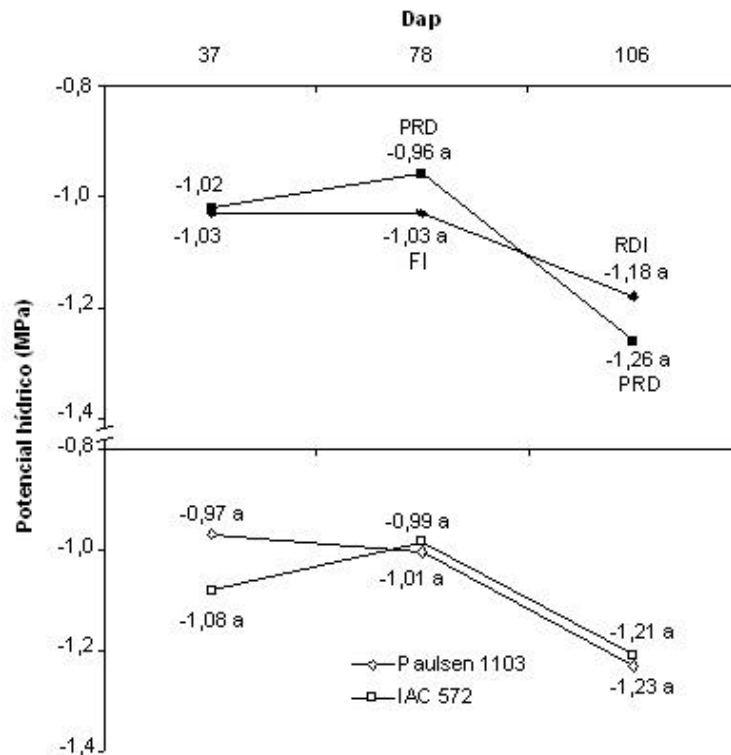


Figura 35 – Potencial hídrico foliar do cultivar Petite Syrah submetida a duas estratégias de manejo e dois porta-enxertos. Médias seguidas pela mesma letra nos fatores (RDI e PRD) e (Paulsen 1103 e IAC 572) não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

O crescimento da videira foi acompanhado durante todo o ciclo através das variáveis crescimento e diâmetro de ramos, e o vigor pela distância média entre nós (Figura 36).

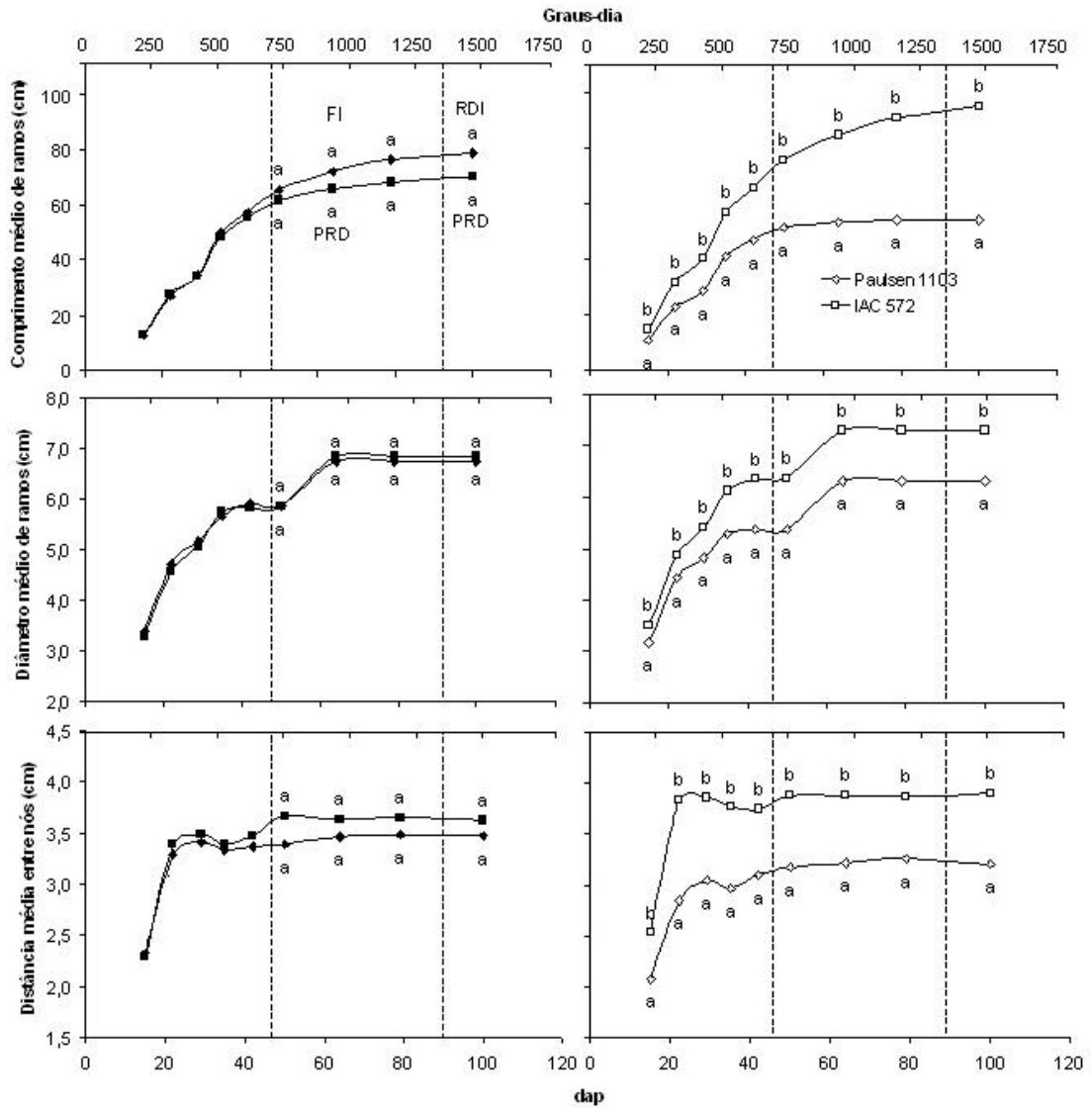


Figura 36 – Comprimento e diâmetro médio de ramos e distância média entre nós, ao longo do tempo e soma térmica, no cultivar Petite Syrah sobre os fatores estudados. Médias seguidas pela mesma letra nos fatores (RDI e PRD) e (Paulsen 1103 e IAC 572) não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Não ocorreram diferenças significativas entre as estratégias de irrigação em nenhuma das variáveis de crescimento ou vigor. O porta-enxerto IAC 572 apresentou maior crescimento e vigor que o Paulsen 1103 indicados pelos maiores valores de crescimento e diâmetro médio de ramos e distância média

entre nós, respectivamente, explicando, desta forma seu maior consumo de água, quando sob PRD, e maiores produção e peso médio de cachos.

Entre as estratégias de manejo de irrigação, diferenças significativas de taxa de crescimento de ramos não foram encontradas. Entretanto, entre os porta-enxertos diferenças puderam ser observadas no sub-período F4, de 43 a 50 dap 0,58 e 1,23 cm dia⁻¹, 51 a 64 dap 0,20 e 0,73 cm dia⁻¹, 65 a 79 dap 0,05 e 0,48 cm dia⁻¹, no Paulsen 1103 e IAC 572, respectivamente (Figura 37). O comportamento da taxa de crescimento em função do tempo em relação aos porta-enxertos foi bastante semelhante aos das estratégias de manejo de irrigação. Nos demais períodos as diferenças não foram significativas.

A temperatura média diária do ar variou de 21,31 a 28,31 °C e a mínima de 14,10 e 24,10 °C durante o ciclo da videira e as menores temperaturas ocorreram aos 28 e 46 dap, 15,99 e 14,45 °C, respectivamente (Figura 38). A cerca de 30 dap ocorreu um aumento na temperatura média diária o que poder ter contribuído para o incremento na taxa de crescimento absoluto no período de 22 a 29 dap.

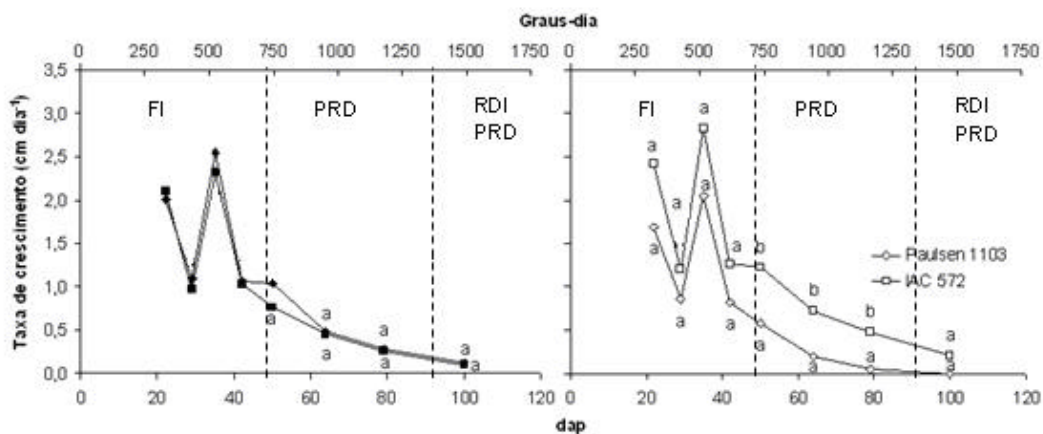


Figura 37 – Taxa de crescimento absoluto de ramos ao longo do tempo e soma térmica no cultivar Petite Syrah, sob duas estratégias de manejo de irrigação e dois porta-enxertos. Médias seguidas pela mesma letra nos fatores (RDI e PRD) e (Paulsen 1103 e IAC 572) não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

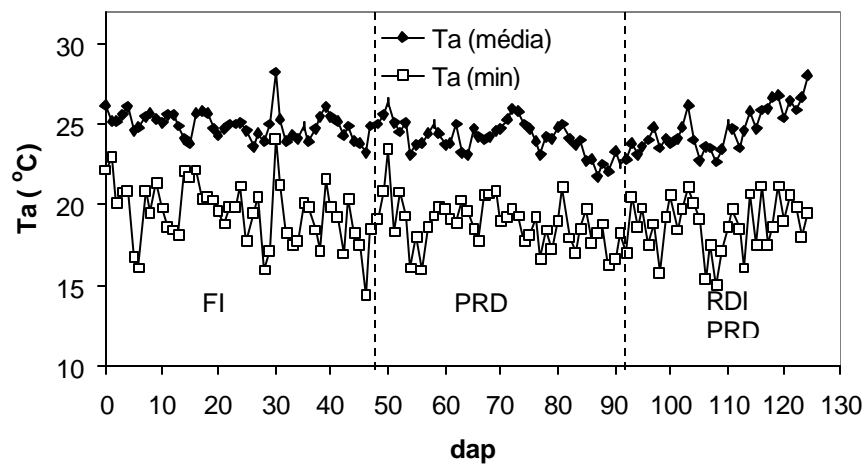


Figura 38 – Temperatura média e mínima do ar durante o ciclo da cultivar Petite Syrah em Petrolina-PE.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados e nas condições em que o experimento foi conduzido chegou-se às seguintes conclusões:

- Cerca de 80% das raízes dos porta-enxertos IAC 572 e Paulsen 1103 se concentraram até 0,60 m de profundidade. Entretanto, o IAC 572 apresentou maior quantidade de raízes a 0-0,20 m de profundidade e uma maior distribuição na direção das linhas e das entre linhas de plantas;
- As estratégias de manejo de irrigação e os porta-enxertos não exerceram influência sobre a fenologia da videira;
- O volume de água consumido foi menor no PRD, o que acarretou maior eficiência do uso da água;
- As estratégias de manejo de irrigação não influenciaram a produção, em termos quantitativos e qualitativos, exceto para a concentração de fenóis que foi maior no PRD; porém, o porta-enxerto IAC 572 proporcionou maior produção, peso médio de cachos e de bagas e teor de sólidos solúveis totais;
- As estratégias de manejo de irrigação não influenciaram o comportamento fisiológico, o crescimento e o vigor da videira cv. Petite Syrah; o porta-enxerto IAC 572 proporcionou um maior crescimento e vigor das plantas;

- Devido às diferenças sutis entre o RDI e PRD, outros estudos precisam ser realizados para melhor avaliação da estratégia de manejo de irrigação a ser adotada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, T. C. S. de; ALBUQUERQUE, J. A. S. de. **Comportamento de dez cultivares de videira na região do Submédio São Francisco**. Petrolina-PE: EMBRAPA – CPATSA, 1982. 20 p. (Embrapa-CPATSA. Documento, 12).

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 330 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLEN, R. G.; SMITH, M.; PERRIER, A.; PERREIRA, L. S. An update for the definition of reference evapotranspiration. **ICID Bulletin**, New Delhi, v. 43, p. 1-34, 1994.

AMERINE, M.; BERG, H. W.; CRUESS, W. V. **The technology of wine making**. 3rd ed. Westport: Avi. 1976.

ANDRADES, M.S. La vid: clasificación morfología. Ciclo vegetativo y reproductor. Habitat. **Viticultura Enología Profesional**, Barcelona, n. 8, p. 18-23, 1990.

ASSIS, J. S. de; LIMA FILHO, J. M. P. Aspectos fisiológicos da videira irrigada. In: LEÃO, P. C. de S.; SOARES, J. M., (Ed.) **A viticultura no semi-árido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2000. p. 129-142.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENOLOGIA. Dados estatísticos: produção de vinhos e derivados 1985-1999. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/enologia>>. Acesso em: 25 fev. 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS.* **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists***. 11^a . ed. Washington; 1992, 1115 p.

ÁVILA NETO, J. **Necessidades hídricas da videira na região do Submédio São Francisco**. 1997. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

AZZI, G. **Ecologia agrária**. Barcelona: Salvat, 1959. 449 p.

BASSOI, L. H.; FANTE JÚNIOR, L.; JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S.; REICHARDT, K. Distribuição do sistema radicular do milho em terra roxa estruturada latossólica: comparação entre cultura irrigada e ferirrigada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, p. 541-548, 1994.

BASSOI, L.H.; GRANGEIRO, L.C.; SILVA, J.A.M.; SILVA, E.E.G. da. Root distribution of irrigated grapevine rootstock in a coarse texture soil of the São Francisco Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p.35-38, abr. 2002.

BASSOI, L. H.; HOPMANS, J. W.; JORGE, L. A. C.; ALENCAR, C. M.; SILVA, J. A. M. Grapevine root distribution in drip and microsprinkler irrigation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 377-387, 2003.

BAUTISTA, D.; VARGAS, G. Estudio del ciclo y determinación de los requerimientos heliotérmicos de algunas variedades de vid en condiciones tropicales. **Agronomía Tropical**, Maracay, v. 31, n. 1-6, p. 11-23, 1981.

BEZERRA, F. M. L.; OLIVEIRA, C. H. C. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura para o milho em Fortaleza, CE. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 8-17, set. 1999.

BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. D. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data**. Washington: USDA, 1950. 48 p.

BOHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979. 194 p.

BOLLIANI, A. C.; PEREIRA, F. M. Avaliação fenológica de videiras (*Vitis vinifera* L.), cultivares Itália e Rubi, submetidas à poda de renovação na região oeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 2, p. 193-200, 1996.

BURT, M.; STYLES, S. W. **Drip and micro irrigation for trees, vines, and row crops. Design and management**. San Luis Obispo: Blake Printery, 1999.

CALÒ, A., LIUNI, C. S.; COSTACURTA, A.; COLAPIETRA, M.; RENNA, D. Relationship between environmental factors and the dynamics of growth of the grapevine. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 427, p. 217-31, 1996.

CELLARNOTES. NET. Petit Sirah / Petite Sirah / Petit Syrah / Petite Syrah - It's all the same. Disponível em: <http://www.cellarnotes.net/petit_sirah_grape.html>, acesso em 13 jan. 2005.

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. In: **ITEM**, Brasília, n. 49. 1º trimestre, 2001.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M. F.; JORGE, L. A. C.; RALISH, R.; TOZZI, C. L.; TORRE, A.; VAZ, C. M. P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 365-371, 1994.

DE FINA, A. L.; RAVELO, A. C. Fenologia. In: _____. **Climatologia y fenologia agrícolas**. Buenos Aires: EUDEBA, 1973. p. 201-209.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOOREMBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

DOURADO NETO, D.; LIER, Q. J. van. Estimativa de armazenamento de água no solo para realização do balanço hídrico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 9-15, 1993.

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R. Grapevine shoot growth and stomatal conductance are reduced when part of the root system is dried. **Vitis**, Siebeldingen, v.39, n.4, p.151-156, 1999.

DRY, P.; LOVEYS, B. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. **Australian Journal Grape Wine Research**, East Melbourne, v. 4, n. 3, p. 140-148, 1998.

DRY, P.; LOVEYS, B.; BOTTING, D.; DURING, H. Effects of partial rootzone drying on grapevine vigour, yield, composition of fruit and use of water. In: AUSTRALIAN WINE INDUSTRY TECHNICAL CONFERENCE, 9. 1995, Adelaide. Proceedings..., Adelaide: 1996. p. 128-131.

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R.; DURING, H. Partial drying of the rootzone of grape. I. Transient changes in shoot growth and gas exchange. **Vitis**, Siebeldingen, v.39, n. 1, p. 3-7, 2000a.

DRY, P. R.; LOVEYS, B. R.; DURING, H. Partial drying of the rootzone of grape. II. Changes in the pattern of root development. **Vitis**, Siebeldingen, v. 39, n. 1, p. 9-12, 2000b.

EMBRAPA UVA E VINHO. Dados da vitivinicultura: produção de vinhos e mosto nos estados. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br>>. Acesso em: 12 jun. 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FANTE JÚNIOR, L.; REICHARDT, K.; JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. Distribuição do sistema radicular do milho em terra roxa estruturada latossólica: I – Comparação de metodologias. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 513-518, 1994.

FERREIRA, M. N. L. **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada por microaspersão em Petrolina-PE**. 2004. 106 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERREYRA E., R.; SELLES V., G.; PERALTA A., J.; BURGOS R., L.; VALENZUELA B., J. Efectos de la restricción del riego en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon sobre producción y calidad del vino. **Agricultura Técnica**, Santiago de Chile, v. 62, n. 3, p. 406-417, 2002.

FERRI, C. P. **Caracterização agrônômica e fenológica de cultivares e clones de videira (Vitis spp.) mantidos no Instituto Agrônômico**. 1994. 89 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAIS, P. **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p. 281-207.

GALET, P. **Cépages et vignoble de France; Tome I, les vignes américaines.**, Montpellier: Déhan, 1988. t. 1.

GALET, P. **Précis d'ampelographie pratique**. Montpellier: Imprimerie Dehan, 1976. 266p.

GALET, P. **Précis de viticulturae**. 4. ed. Montpellier: Déhan, 1983. 584 p.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science American Journal**, Haiston, v. 44, n.1, p. 898-982, 1980.

HARGREAVES, G. H. **Water requirements manual for irrigated crops and rainfed agriculture**. Logan: Utah State University, 1977. 41 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. ***Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos***. São Paulo: IAL, 1985. v. 1, 371 p.

ITEM, Brasília, DF, n. 50, 2º trimestre, 2001.

JACKSON, D.; LOMBARD, P. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 44, n. 4, p. 409-430, 1993.

JENSEN, E. M.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of Irrigation and Drainage**, New York, v. 89, p. 15-41, 1963.

JORGE, L. A. C. Recomendações práticas para aquisição de imagens analisadas através do SIARCS. São Carlos: **Embrapa-CNPDIA**, 1996 (Embrapa-CNPDIA, Circular técnica, 1).

KANG, S.; ZHANG, L.; HU, X.; LI, Z.; JERIE, P. An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n.89, p. 257-267, 2001.

KANG, S.; LIANG, Z.; HU, W.; ZHANG, J. Water use efficiency of controlled root-division alternate irrigation on maize plants. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 38, p. 69-76, 1998.

KANG, S.; LIANG, Z.; PAN, Y.; SHI, P.; ZHANG, J. Alternate furrow irrigation for maize production in arid area. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 45, p. 267-274, 2000.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. Caldwell: The Blackburn Press, 2000, 652 p.

LEÃO, P. C. de S. Principais variedades. In: LEÃO, P. C. de S.; SOARES, J. M., (Ed). **A viticultura no semi-árido brasileiro**. Petrolina, PE, Embrapa Semi-Árido, 2000. cap. 4, p. 45-64.

LEÃO, P. C. de S.; POSSÍDIO, E. L. de. Histórico da videira. In: LEÃO, P.C. de S.; SOARES, J.M., (Ed), **A viticultura no semi-árido brasileiro**. Petrolina,PE, Embrapa Semi-Árido, 2000. cap. 1, p. 13-17.

LIBARDI, P. L. **A dinâmica da água no solo**. Piracicaba: Ed. do autor, 1995. 497 p.

LINACRE, E. T. A simple formula for estimating evaporation in various climates using temperature alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 18, p. 409-424, 1997.

LOPES, P. M. O. **Evapotranspiração da mangueira na região do Submédio São Francisco**, 1999, 108 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

LOVEYS, B. R.; DRY, P. R.; McCARTHY, M. G. Progress in the development of partial root-zone drying. **The Australian Grapegrower & Winemaker**, Adelaide, v. 403, p. 18-20, 1997.

LOVEYS, B. R.; DRY, P. R.; McCARTHY, M. G. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 537, p. 187-199, 1999.

LOVEYS, B. R.; STOLL, M.; DRY, P. R.; McCARTHY, M. G. Partial root-zone drying stimulates stress responses in grapevine to improve water use efficiency while maintaining yield and quality. **The Australian Grapegrower & Winemaker**, Adelaide, v. 414a, p. 108-113, 1998.

MANDELLI, F. **Comportamento fenológico das principais cultivares de *Vitis vinifera* L. para a região de Bento Gonçalves, RS**, 1984. 125 f. Dissertação

(Mestrado em Agrometeorologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MATTHEWS, M. A.; ANDERSON, M. M. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deficits. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 39, n. 4, p. 313-320, 1988.

MATTHEWS, M. A.; ANDERSON, M. M. Reproductive development in Grape (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 40, n. 1, p. 52-60, 1989.

MONTEITH, J. L. Evaporation and environmental the state and movement of water in living organisms. In: SYMPOSIUM SOCIETY EXPERIMENTAL BIOLOGY, 19, 1965, New York. Proceedings... New York. Academic Press, p. 205-234, 1965.

MORANO, L.; KLIEWER, W. M. Root distribution of three grapevine rootstocks grafted to Cabernet Sauvignon grown on a very gravelly clay loam soil in Oakville, California. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 45, n. 3, p. 345-348, 1994.

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).

MURAKAMI, K. R; CARVALHO, A. J. C. de; CEREJA, B. S; BARROS, J. C. S. M; MARINHO, C. S. Caracterização fenológica da videira cv. Itália (*Vitis vinifera* L.) sob diferentes épocas de poda na região norte do estado do rio de janeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 615-617, 2002.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; SENTELHAS, P. C.; POMMER, C. V.; MARTINS, F. P.; GALLO, P. B.; SANTOS, R. R. dos; BOVI, V.; SABINO, J. C. Caracterização fenológica da videira 'Niagara Rosada' em diferentes regiões paulistas. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2. p. 153-160, 1993.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of Royal Society of London, Série A**, London, v. 193, p. 120-145, 1948.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PÓLO do São Francisco já é o maior exportador de uva de mesa do país. **Jornal de Pernambuco**, Recife, 10 jun. 2001. p. 6-7.

POMMER, C. V.; PASSOS, I. R. S.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P. Variedades de videira para o estado de São Paulo. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 1997, 59 p. (IAC. Boletim técnico, 166).

PONI, S.; LAKSO, A.; TURNER, J.; MELIOUS, R. Interactions of crop level and late season water stress on growth and physiology of field – grown Concord grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 45. n. 2, p. 251-258, 1994.

RAMOS, C. M. C. **Distribuição do sistema radicular e consumo de água da bananeira irrigada por microaspersão**, 2001, 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1996. 505 p.

REICHER, F.; SIERAKOWSKI, M. R.; CORREA, J. B. C. Determinação espectrofotométrica de taninos pelo reativo fosfotúngstico-fosfomolibdico. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 24, n. 4, p. 407-411, 1981.

REYNOLDS, A.; NAYLOR, A. Pinot noir and Riesling grapevines respond to water stress duration and soil water – holding capacity. **HortScience**, Alexandria, v. 29, p. 1505-1510, 1994.

RIBEREAU-GAYON, P. Interprétation chimique de la couleur des vins rouges. **Vitis**, Siebeldingen, v. 12, p. 119-142, 1973.

ROSEMBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate**: The biological environment. 2.ed. New York: J. Wiley, 1983, 495 p.

SANTOS, T. P.; LOPES, C. M.; RODRIGUES, L. R.; SOUZA, C. R.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S.; SILVA, J. R.; CHAVES, M. M. Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grapevine (*Vitis vinifera*). **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 30, p. 663-671, 2003.

SCHULTZ, H. R.; MATTHEWS, M. A Growth, osmotic adjustment, and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 33, p. 287-294, 1994.

SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: Histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-12, 1996.

SENTELHAS, P. C. Aspectos climáticos para a viticultura tropical. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 9-14, 1998.

SILVA, A. A. G. **Maracujá amarelo**: aspectos relativos a fenologia, demanda hídrica e conservação pós-colheita. 2002. 98 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrárias, Botucatu.

SILVA, V. P. R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. 2000. 129 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SOUZA LEÃO, P. C. **Avaliação do comportamento fenológico e produtivo de seis variedades de uva sem sementes no Vale do Rio São Francisco**, 1999, 124 f, Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal

SOUZA, J.S.I. de. **Uvas para o Brasil**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1996. 791 p.

STIKIC, R.; POPOVIC, S.; SRDIC, M.; SAVIC, D. JOVANOVIC, Z.; PROKIC, L.; ZDRAVKOVIC, J. Partial root drying (PRD): A new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. **Bulgarian Journal Plant Physiology**, Sofia, p.164-171, 2003. Special Issue.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASSOI, L. H.; COSTA, W. P. L. B. da; SILVA, J. A. M. e; SILVA, E. E. G. da. Consumo da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 45-50, 2002.

TEIXEIRA, A. H. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B; SOARES, J. M. 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.

TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; NOGUEIRA, N. A. M. Tecnologia para produção de uva 'Itália' na região Noroeste do Estado de São Paulo. Campinas: CATI, 1998. 51 p. (CATI. Documento técnico, 97).

THORNE, D. W. Irrigation and crop production. In. THORNE, D. W.; THORNE, M. D., (Ed.). **Soil, water and crop production**. Westport: Avi Publishing, 1979. cap. 8, p. 96-116.

THORNTHTWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

TONNIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos. In: CONGRESSO BRASILEIRA DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 9., 1999, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999, p. 75-90.

USSAHATANONTA, S.; JACKSON, D.; ROWE, R. Effects of nutrient and water stress on vegetative and reproductive growth in *Vitis vinifera* L.. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 2, p. 64-69, 1996.

VILLASECA, S.; NOVOA, R.; MUÑOZ, I. Fenologia y sumas de temperaturas em 24 variedades de vid. **Agricultura Técnica**, Santiago de Chile, v. 46, n. 1, p. 63-67, 1986.

WINKLER, A. J.; COOK, J. A.; KLIEWER, W. M.; LIIDER, L. A. **General viticulture**. 2. ed. Berkeley: University of California Press, 1974, 710 p.