

FISIOLOGIA DA VIDEIRA

Joston Simão de Assis
José Moacir P. Lima Filho
Maria Auxiliadora Coelho de Lima

INTRODUÇÃO

Neste trabalho serão discutidas as influências de diferentes fatores fisiológicos e ambientais sobre o desenvolvimento e a produção da videira cultivada em áreas irrigadas do nordeste brasileiro. Entretanto, para que estes fatos sejam entendidos torna-se necessário o conhecimento de alguns aspectos do processo fotossintético, e, conseqüentemente, da produção de açúcares solúveis e do amido, da distribuição dos produtos fotossintetizados, da fenologia e dos processos que levam a formação das gemas reprodutivas da videira.

FOTOSSÍNTESE

Todas as formas de produtos da videira (uvas, passas, sucos, vinho e álcool destilado de vinho) têm origem nos açúcares produzidos nas folhas por um processo conhecido como fotossíntese. Através da fotossíntese, as folhas transformam a energia do sol (luz) em energia química (ATP) que é utilizada para promover a reação de água da água retirada do solo com o gás carbônico absorvido do ar para produzir carboidratos (glicose, sacarose, amido, etc.). Esse processo ocorre em estruturas microscópicas, localizadas dentro das células das folhas, denominadas cloroplastos.

Os cloroplastos contêm os pigmentos verdes conhecidos como clorofila, os quais capturam a luz solar, emitindo elétrons carregados de energia os quais doam esta energia para a reação da água com o gás carbônico.

Em uma maneira muito simples e resumida está reação é assim representada:



Esse açúcar, formado a partir nas folhas da videira, representa a fixação do CO₂ atmosférico na forma de carboidrato e está, agora, disponível para o crescimento de todas as partes da planta e para a produção dos frutos. Uma vez que a atividade fotossintética total de uma videira determina, em grande parte, a sua produtividade, há

interesse em saber como os fatores ambientais, principalmente o clima, podem limitar esta atividade.

Fatores externos como luz, temperatura e umidade do solo, estresse hídrico e fatores internos como patrimônio genético, idade e número de folhas afetam a atividade fotossintética e, conseqüentemente, a fisiologia da planta, a produção e a qualidade dos frutos da videira.

FATORES EXTERNOS

Luz Solar

A luz solar pode ser utilizada pelos viticultores para manejar a produtividade da cultura. Manipulando a largura e a altura da videira, através de alteração dos sistemas de condução, direção das fileiras e do espaçamento, o viticultor pode aumentar a quantidade total de luz interceptada pela folhagem, elevando desta forma a capacidade fotossintética do cultivo.

A intensidade de luz requerida para a máxima fotossíntese, em condições ambientais adequadas, varia de 3.000 a 4.000 velas ou 150 a 200 watts por metro quadrado. Em termos mais facilmente compreensíveis, essa quantidade de luminosidade é igual a cerca de 1/3 a 1/2 da luz solar total em um dia de céu limpo, ao redor do meio-dia, para uma folha disposta em ângulo reto em relação aos raios solares (Figura 1).

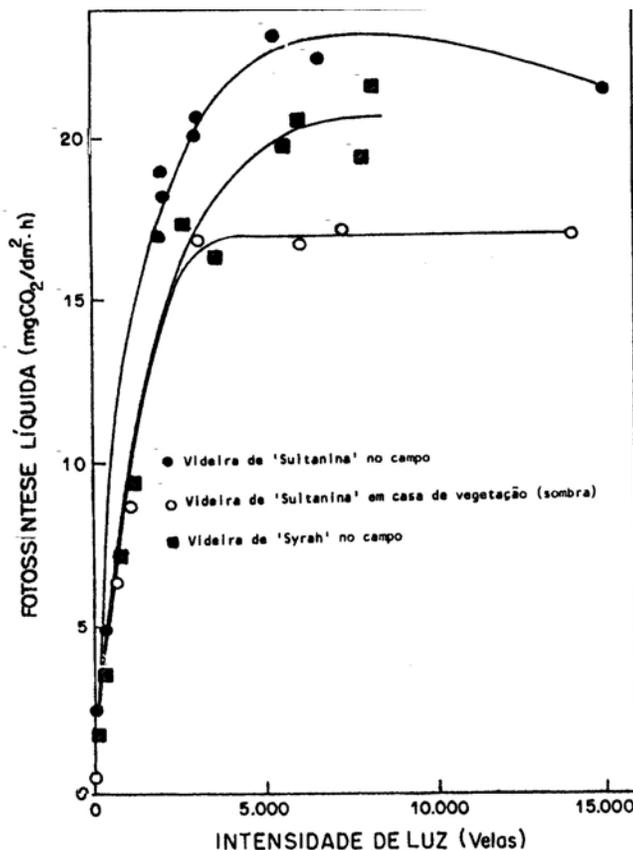


Figura 1. Intensidade de luz sobre a fotossíntese em folhas de videira Thompson Seedless e Syrah. (Kriedemann; Smart, 1971).

A intensidade de luz sob a qual a fotossíntese atinge sua taxa máxima, também chamada de ponto de saturação de luz, é fortemente influenciada pela condição ambiental sob a qual as folhas crescem, sendo menor para aquelas sob condições de sombra e maior para as folhas diretamente expostas a luz.

A luz solar plena não é totalmente aproveitada pela videira. Um típico dossel de videira conduzida em latada, representa algumas camadas de folhas e apenas aquelas da camada superior estão diretamente expostas à luz total durante o dia. Uma única folha de videira, chega a absorver 90 a 95% da radiação solar em comprimento de onda efetivo para a fotossíntese (400 a 700nm), mas o nível de intensidade de luz que alcança as folhas sob a camada superior do dossel é menor do que a requerida para a fotossíntese máxima (Figura 2).

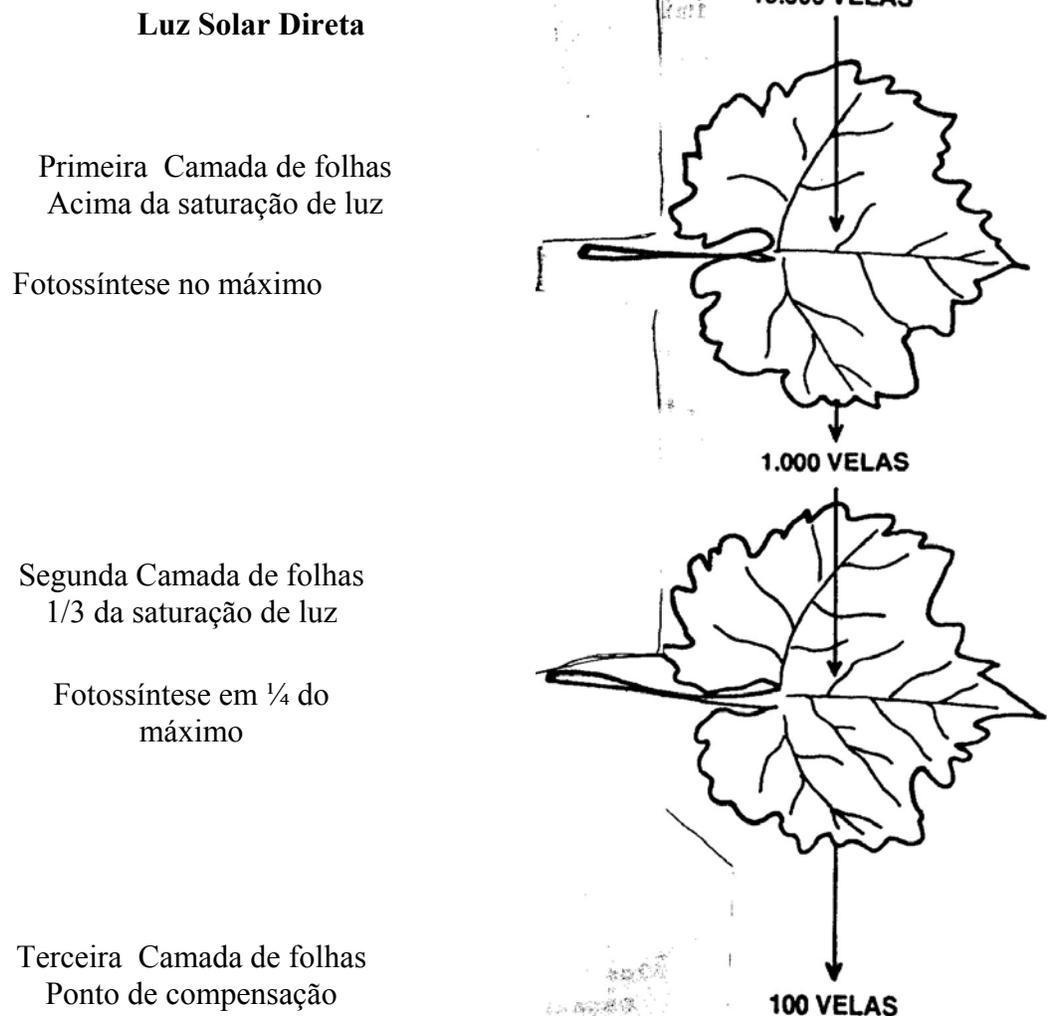


Figura 2. Quantidade relativa de luz absorvida por diferentes camadas de folhas em um dossel denso. Não há Fotossíntese Líquida (Tommer e Passos, 1990)

De fato, se a luz deve passar através de duas camadas de folhas, a intensidade que alcançará a terceira camada estará teoricamente próxima do ponto de compensação de luz (100 a 125 velas ou 5 a 6,2 watts por metro quadrado), ou da intensidade onde a taxa de fotossíntese apenas iguala a de respiração. Nesta condição, uma folha não ganhará nem perderá peso.

Dois outros fenômenos ajudam a aliviar a baixa luminosidade que normalmente prevalece no interior da folhagem: A luz difusa, isto é, a luz refletida pelas nuvens, superfície do solo, impurezas no ar ou de qualquer outro objeto. A maior proporção da luz que atinge essas folhas interiores é a luz difusa e os flashes de luz, que são raios luminosos que penetram no dossel em consequência do movimento das folhas causado pelo vento.

Foi demonstrado experimentalmente que a videira tem um mecanismo muito eficiente para utilizar os flashes de luz e que somente 1% da sua área da folha necessita ser iluminada para compensar as perdas respiratórias. Todavia, mesmo com luz difusa e com os flashes de luz, existem folhas no interior de vinhedos que se encontram abaixo do ponto de compensação de luz. Estas folhas geralmente se tornam amareladas e eventualmente caem, o que é uma maneira natural de eliminar folhas improdutivoas, evitando que se tornem consumidoras. Essa condição pode ser minimizada, usando-se um sistema de condução com menos camadas de folhas, permitindo que a maioria da área foliar de um vinhedo receba radiação solar direta.

Temperatura

A temperatura determina a forma da curva de resposta à luz, uma vez que a fotossíntese envolve reações bioquímicas catalisadas por enzimas. A curva de resposta da atividade fotossintética à temperatura pode ser dividida em três categorias: insuficiente, ótima e excessiva. A taxa de fotossíntese insuficiente ocorre em temperaturas abaixo de 20°C, devido à baixa atividade das enzimas que promovem a reação do dióxido de carbono com a água (enzimas carboxilativas).

A curva de resposta ótima para fotossíntese em folhas da videira ocorre em temperaturas entre 25 a 30°C (Figura 3). Esta temperatura não é necessariamente a ótima para desenvolvimento de todas as partes da planta, uma vez que a translocação de carboidratos e o subsequente metabolismo das raízes, pontos de crescimento e frutos, podem processar-se melhor em diferentes temperaturas. Sabe-se, por exemplo, que a síntese de pigmentos vermelhos (antocianicos) na película das uvas é maior em temperaturas entre 15 e 20°C do que entre 25 e 30°C.

Em temperaturas superiores de 30°C a curva de resposta para a fotossíntese passa a ser excessiva, reduzindo a atividade fotossintética a praticamente zero quando a temperatura ultrapassa os 45°C. Altas temperaturas reduzem a atividade fotossintética, pela inativação térmica de enzimas, dissecação de tecido e fechamento dos poros dos estômatos das folhas. Por outro lado, acima de 30°C, a respiração celular aumenta numa taxa mais rápida do que a fotossíntese. Temperaturas de folhas diretamente expostas à radiação solar em ângulo reto, ao meio-dia, podem exceder a temperatura do ar até em 10°C. Mas, geralmente, a temperatura das folhas expostas ao sol, durante o dia, está entre 0,5 a 5°C acima da temperatura do ar. O déficit de umidade também pode contribuir para aumentar a temperatura das folhas acima da temperatura ambiente.

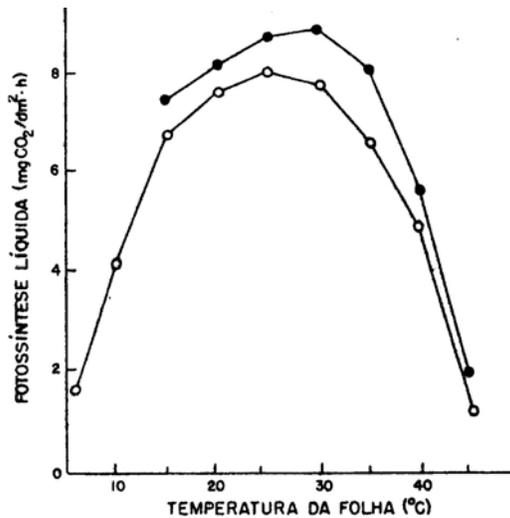


Figura 3. Efeito da temperatura da folha da videira Thompson Seedless, mantidas sob luz solar (círculos cheios) e em casa de vegetação (círculos vazios) sobre a taxa de fotossíntese líquida. (Kriedermann, 1980).

Umidade do Solo

A água é de considerável importância na fotossíntese, não apenas como um constituinte de reações químicas, mas, também, através de sua ação sobre o controle da abertura estomática, seu efeito no murchamento das folhas e na manutenção da temperatura dos tecidos.

A água que é combinada bioquimicamente com o CO₂ da atmosfera para formar os açúcares, representa menos que 1% da água absorvida pelas raízes da videira, sendo o restante perdido por transpiração. Quando a demanda evaporativa causa transpiração da folha superior ao seu suprimento de água, desenvolve-se dentro da folhagem uma pressão negativa de água. Quando esta pressão negativa, que é geralmente expressa como potencial de água da folha, excede -13 atmosferas, os estômatos se fecham e a fotossíntese para (Figura 4).

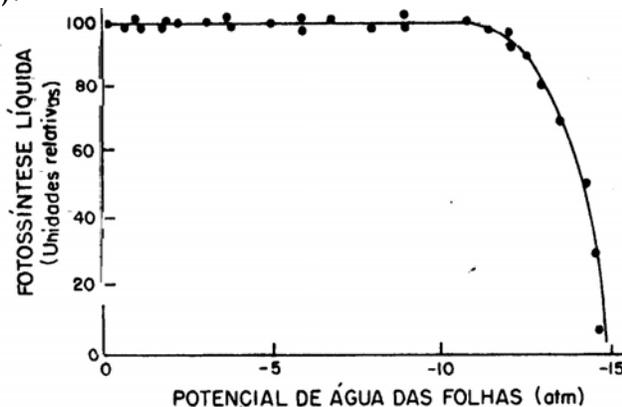


Figura 4. Efeito do stress na taxa de fotossíntese de folhas de Syrah, onde 100 = 17,5mg CO₂/dm².h⁻¹. (Kriedermann e Smart, 1971).

Se houver água disponível suficiente, o suprimento de água da folha geralmente recupera-se, particularmente à noite, quando a demanda evaporativa é baixa. Se o suprimento de água permanece inadequado, a videira eventualmente murcha. Quando isso ocorre, a função estomática é temporariamente prejudicada, porque os estômatos deixam de reabrir, a despeito da restauração do potencial de água da folha.

Cerca de uma semana pode decorrer antes que a função estomática e a fotossíntese sejam totalmente restauradas (Figura 5). A demora em recobrar a performance fotossintética é devida à ação do ácido abscísico (ABA), um hormônio inibidor que ocorre naturalmente nas plantas. Quando há estresse de água numa videira, aumentam os níveis de ácido abscísico. Este hormônio é conhecido como indutor do fechamento do estômato, de forma que uma acumulação excessiva de hormônio nas folhas pode prolongar os efeitos de estresse de água na função estomática e, assim, contribuir para a recuperação vagarosa da atividade fotossintética.

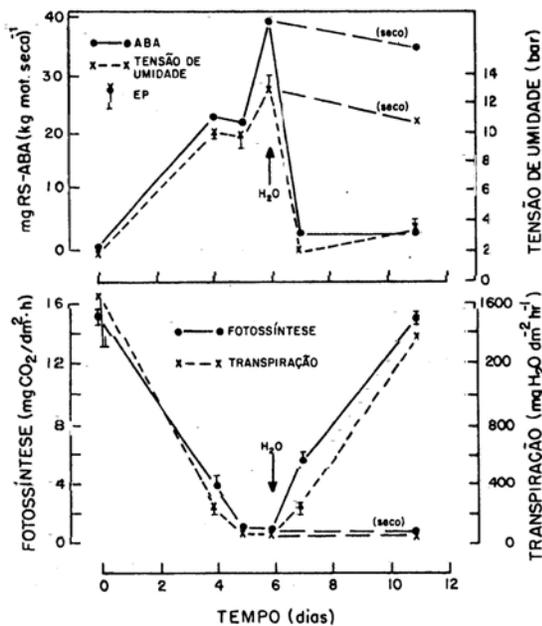


Figura 5. Efeito do estresse hídrico por seis dias sobre a taxa fotossintética, a transpiração a tensão de umidade e os teores de ABA em Thompson Seedles. (Kriedermann e Loveys, 1972)

Cerca de 80% a 90% da massa dos tecidos dos vegetais é composta de água. Grande parte desta água está localizada nas células vegetais, onde constitui um meio ideal para a ocorrência das reações bioquímicas. Além disso, a água apresenta-se como veículo para o transporte de moléculas orgânicas (sacarose) no sistema de condução de seiva elaborada, íons inorgânicos (nutrientes das raízes até as folhas via vasos de condução de água) e gases atmosféricos (difusão de CO₂ através do mesófilo foliar, durante a fotossíntese).

Devido às suas propriedades físico-químicas, a água protege a planta das flutuações rápidas de temperatura, constituindo-se em meio eficiente de refrigeração das folhas

durante a transpiração (Gates,1976). Durante este processo a água se difunde para a atmosfera, sob forma de vapor, através dos estômatos. Uma folha de videira totalmente expandida chega a apresentar de 200 a 300 estômatos por milímetro quadrado, o que lhe permite transpirar em dez horas uma quantidade de água equivalente a três ou quatro vezes o seu peso (Blanke & Lehye, 1988). Entretanto, a transpiração da videira é baixa no início da brotação das gemas, mas aumenta com o desenvolvimento da superfície foliar e decresce nas últimas semanas do desenvolvimento dos frutos.

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

A videira é cultivada sob diferentes condições ambientais, em várias regiões do mundo. Isto inclui áreas onde a ocorrência de baixa precipitação pluviométrica e alta demanda evapotranspiratória impõem o fornecimento de água através da irrigação. Nestas condições, mesmo sendo irrigada, a videira sofre um estresse hídrico moderado durante as horas de maior demanda evapotranspiratória, porque seu sistema radicular não é capaz de manter o fluxo da água perdida através da transpiração (Hardie & Considine, 1976). Por outro lado, a ocorrência de uma deficiência hídrica prolongada poderá provocar reduções significativas na produção e na qualidade da uva. Informações sobre as respostas da videira, nestas condições, são essenciais para o conhecimento dos aspectos que governam sua produtividade em regiões secas, bem como, para o estabelecimento de manejo apropriado, objetivando a melhoria da qualidade das uvas.

Estresse Hídrico

A água é, entre os recursos necessários ao crescimento, um dos mais abundantes e ao mesmo tempo, o mais limitante para a produção agrícola. A ocorrência de uma deficiência hídrica moderada poderá resultar em redução do crescimento e da produção, enquanto que, um déficit prolongado, poderá acarretar a perda total da produção.

O termo estresse hídrico indica que o conteúdo de água na planta caiu abaixo do valor ótimo, causando distúrbios metabólicos (Fitter e Hay, 1983). Este fenômeno pode ser estudado através de observações no potencial hídrico da planta. Esta variável pode ser monitorada nas folhas, com auxílio da câmara de pressão do tipo descrito por Scholander et al. (1965), sendo expressa em bar ou MPa (1 bar = 0,987 atm; 1 MPa = 9,87 atm).

Valores muito negativos podem ser indicadores de estresse hídrico. Considera-se que a planta encontra-se sob boas condições de hidratação quando o potencial hídrico obtido ao amanhecer é de apenas - 0,1 MPa ou - 0,2 MPa. De acordo com Hsiao (1973), um estresse moderado pode ser detectado quando o potencial hídrico atinge até - 1,2 MPa. Quando esta variável cai mais de -1,5 MPa diz-se que a planta encontra-se sob déficit hídrico severo.

Trabalhos realizados pelo CPATSA, na região do Sub-Médio São Francisco, com a cv. Itália, sugerem que o potencial hídrico obtido ao amanhecer em plantas irrigadas por gotejamento, situa-se em torno de - 0,2 MPa. Durante as horas mais quentes do dia esta variável poderá atingir entre - 0,8 MPa a - 1,2 MPa. Entretanto, sob condições de estresse, a videira apresentou valores entre - 0,4 MPa e - 0,5 MPa ao amanhecer e, entre - 1,2 MPa e - 1,6 MPa, nas horas de maior demanda evapotranspiratória (Lima Filho e Teixeira, s.d.).

De acordo com Van Zyl e Weber (1981), o potencial hídrico de videiras poderá atingir valores em torno de -2,83 MPa a depender da intensidade do estresse hídrico e das condições ambientais.

O estresse hídrico induz o fechamento dos estômatos da videira. Neste ponto, a resistência imposta pelos estômatos aos fluxos do vapor d'água e dióxido de carbono pode atingir $75, \text{seg.cm}^{-1}$ (Kriedemann e Smart 1971). Com os estômatos totalmente abertos esta resistência cai para aproximadamente 1seg.cm^{-1} (Liu et al, 1978). Segundo estes autores, os estômatos da videira fecham-se parcialmente quando o potencial hídrico atinge cerca de -1.3 MPa. Após o estresse, o restabelecimento da abertura estomática da videira, e conseqüentemente do processo fotossintético, é lento devido ao acúmulo de ácido absísico (ABA) nas folhas (Kliwer, 1981).

Além de interferir em outros processos fisiológicos como crescimento e dormência, o ABA atua como regulador do balanço hídrico das plantas sob estresse, induzindo ao fechamento dos estômatos e mantendo a absorção de água pelas raízes (Taiz e Zeiger, 1991).

O fechamento dos estômatos provoca reduções na fotossíntese e na transpiração. De acordo com Kindermann e Smart, (1971) a fotossíntese da videira é reduzida por fatores estomáticos quando o potencial hídrico atinge de -1,3 MPa a -1,6 MPa. Abaixo de -1,6 MPa este fenômeno é influenciado pela aumento da resistência residual (Liu et al., 1978).

A taxa máxima de fotossíntese da videira está entre as maiores obtidas por plantas C3. Por exemplo, valores entre $0,8 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $0,9 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ foram reportados na literatura (Kriedemann et al., 1975). Na região do Sub-Médio São Francisco, durante os meses de temperaturas mais amenas, a videira irrigada atingiu uma taxa fotossintética em torno de $0,65 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Lima Filho e Teixeira, s.d.).

O fechamento parcial do poro estomático pode resultar em um aumento na eficiência no uso da água, ou seja, o volume de água transpirada por quantidade de matéria seca produzida. Esta vantagem foi detectada em videiras estressadas por falta de água no solo, ou pelo aumento no déficit de pressão de vapor da atmosfera (During, 1987). Entretanto, por ser uma planta C3, a videira possui baixa eficiência no uso da água podendo atingir de $1,3 \text{ g.kg}^{-1}$ a $3,0 \text{ g.kg}^{-1}$ (Van Zyl e Van Huyssteen 1980, citado por Smart e Coombe, 1983). Por outro lado, a redução da abertura estomática e conseqüentemente da transpiração, poderá provocar um aumento na temperatura das folhas. Freeman et al (1980) observou incrementos em torno de 10°C acima da temperatura do ar em folhas de videiras estressadas, devido ao fechamento dos estômatos. A depender da sua intensidade o aumento na temperatura das folhas poderá causar distúrbios metabólicos, além de danos físicos irreversíveis às folhas

A sintomatologia de deficiência hídrica apresentada pela videira, durante a fase vegetativa, é dependente do estágio do crescimento no qual o déficit ocorre e da intensidade do mesmo. O primeiro sintoma visível de estresse hídrico é o murchanento das folhas e gavinhas mais novas. A persistência deste fenômeno poderá provocar o aparecimento de áreas necrosadas nas folhas, especialmente nas folhas basais, além de induzir a abscisão das mesmas. Além disso o estresse hídrico provoca reduções no diâmetro do tronco, o qual é muito sensível à deficiência hídrica (Smart e Coombs, 1983). Estudos demonstraram que o estresse hídrico reduz o crescimento da parte aérea e que o crescimento do caule é mais afetado pela falta d'água que o lançamento de folhas (Mathews et al., 1987). De fato, reduções no crescimento do caule foram detectadas muito

antes de ter sido notada qualquer queda no potencial hídrico da planta (Kliewer et al, 1983).

A diminuição do crescimento dos ramos em função do estresse hídrico, poderá ainda provocar outros efeitos negativos. Por exemplo, a conseqüente redução da área foliar irá diminuir a capacidade fotossintética das plantas além de expor as bagas aos efeitos da radiação solar direta.

O crescimento reprodutivo da videira é menos sensível ao estresse hídrico do que o crescimento vegetativo (Ruhl e Alleweltd, 1985). Estudos demonstram que o estresse hídrico reduz a produção mas, a extensão do dano, depende da intensidade do estresse e em que fase de desenvolvimento das bagas a falta de água ocorreu. Entretanto, a ocorrência de um estresse hídrico nas três primeiras semanas após o início da floração causa uma redução bastante acentuada na produtividade (Smart and Coombs, 1983)

A falta d'água durante as primeiras semanas após a frutificação provoca reduções no tamanho das bagas além de provocar a abscisão das mesmas. É provável que a redução no tamanho das bagas seja decorrente da diminuição no número de células por baga porque a divisão celular no pericarpo é mais intensa durante a segunda e a terceira semana.

Kliewer (1983) sugere que a diminuição na produtividade de videira ocorre em função de reduções no peso dos cachos, e não pela redução no número de cachos por planta. Este fato é conseqüência da redução no peso das bagas e, em menor escala, da diminuição do número de bagas por cacho.

A videira é mais prejudicada quando o estresse hídrico ocorre durante a fase de pré-amadurecimento do que durante a fase de amadurecimento propriamente dita (Mathews et al., 1987). Além disso, o estresse hídrico altera a concentração de açúcares, antocianinas e acidez orgânicos nas bagas. Entretanto, a intensidade das alterações observadas na literatura disponível é bastante variável.

Alguns estudos revelaram que o estresse hídrico aumenta a concentração de açúcares (Kliewer et al., 1983), antocianina (McCarthy et al., 1983, citados por Smart e Coomb, 1983), e nível de acidez (Wildman et al., 1983) enquanto que outros sugerem reduções nestes aspectos (Cristensen, 1975, citado por Smart e Coomb, 1983; Freeman et al. 1980). Estas discrepâncias são provavelmente conseqüências da variação no nível de estresse imposto e da fase fenológica de ocorrência. Por exemplo, um estresse moderado geralmente acelera a maturação das bagas e melhora a qualidade do vinho produzido (Bravdo et al., 1985). O aumento da concentração de açúcares e antocianina e a redução da acidez das bagas, são características desejáveis em uvas para produção de vinho. Além disso, o estresse hídrico pode aumentar a concentração de outros constituintes, como terpenos (McCarthy e Coombe, 1985) e melhorar a qualidade das uvas (Marais, 1987).

Poucos trabalhos sobre o efeito do estresse hídrico em uvas de mesa e uvas passa são encontrados pela literatura. O estresse imposto antes da fase de amadurecimento das bagas pode provocar queda na qualidade da uva, através de reduções no tamanho das bagas e desuniformidade dos cachos. Em uvas para passa, a severidade do estresse durante a fase de amadurecimento reduziu o tamanho das passas (Christensen, 1975, citado por Smart e Coomb, 1983). Entretanto, deve-se considerar o fato de que existe a possibilidade de se melhorar a qualidade das uvas tanto para a produção de vinho quanto para mesa através da aplicação de estresse hídrico em algum ponto da fase maturação das bagas. Trabalhos realizados na Região do Sub-Médio São Francisco com a cultivar Itália detectaram que a suspensão total da irrigação, até três semanas antes a colheita, melhora a qualidade e

aumenta a tolerância dos frutos ao transporte e armazenamento, sem provocar reduções significativas na produtividade (Assis et al., 1996).

FATORES INTERNOS

Patrimônio Genético

As folhas da videira têm uma capacidade finita para a assimilação de CO₂. Essa capacidade é determinada pelo patrimônio genético da planta e controlada pela resistência à difusão de água e gases na folha, em combinação com a atividade enzimática nos sítios de carboxilação dentro dos cloroplastos. Cada um desses componentes pode tornar-se limitante da taxa fotossintética, estando ambos submetidos a controles internos.

Em condições favoráveis, as folhas geralmente possuem capacidade de fotossintetizar mais rapidamente à medida que a demanda pelos seus produtos aumenta dentro das limitações genéticas da planta. A resposta fotossintética à demanda é comum no reino vegetal, cujos fisiologistas a ele se referem como a relação fonte-dreno, onde as folhas são geralmente consideradas a fonte de assimilados e o dreno, qualquer parte da planta que atrai os produtos da fotossíntese. Desta forma, frutos em crescimento, ramos e extremidades das raízes, são considerados drenos.

Número de folhas

O efeito de reduzir o dreno (fruto) tanto quanto a fonte (folhas), sobre a taxa de fotossíntese é demonstrado na tabela 1. A remoção dos frutos de videira 'Cabernet Sauvignon', cultivada em vasos, provocou uma diminuição imediata na taxa de fotossíntese de 11 a 27%. Também, quando metade das folhas foi removida das videiras com ou sem frutos, essa taxa cresceu de 24 a 34%. O aumento da fotossíntese após a remoção de folhas foi atribuído à redução da resistência estomática (os estômatos abrem-se mais do que o normal), ao aumento da atividade enzimática e a movimentos mais livres de assimilados no floema para pontos em crescimento.

TABELA 1. Variação da fotossíntese em *Vitis vinífera* L., cv. Cabernet Sauvignon, de acordo com a produtividade e com o número de folhas.

Tratamento ¹	Fotossíntese ² ngCO ₂ .cm ⁻² .s ⁻¹	Resistência Estomática s.cm ⁻¹	Resistência Interna s.cm ⁻¹	Ácido Abscísico µg/Kg ⁻¹	Ácido Faséico µg/Kg ⁻¹
Com fruto					
6 folhas	52,8	2,6	7,3	74	79
3 folhas	65,8	2,0	5,9	4,3	37
Sem fruto					
6 folhas	38,3	2,5	11,9	62	81
3 folhas	58,3	1,8	7,8	33	35

- (1) Videiras em vasos deixadas com três ou seis folhas ao redor do cacho, antes de serem transferidas da casa de vegetação para cabines com ambiente controlado.
- (2) Taxas de troca gasosa da folha (medidas em laboratório) ajustadas às novas condições e tratamentos, em cinco dias.

Fonte: Kriedemann et al. (1975)

Embora as videiras retenham alguma capacidade para responder às demandas do fruto em desenvolvimento, na maioria das situações de campo a capacidade de frutificação das gemas (isto é, o número de cachos por ramo) e o pegamento de frutos são as limitações primárias da sua produtividade.

Idade da Folha

Folhas jovens de videira em expansão mostram uma curva de crescimento sigmoide, sendo a atividade fotossintética máxima alcançada quando elas atingem o tamanho máximo, o que ocorre de 30 a 40 dias após seu desdobramento do ápice (Figura 6). Sua taxa fotossintética geralmente permanece máxima por duas a três semanas, diminuindo então até que a folha se torna senescente. O aumento na atividade fotossintética durante sua expansão é devido ao maior nível de clorofila por unidade de área foliar, à elevação na atividade de enzimas carboxilativas e à diminuição da resistência estomática.

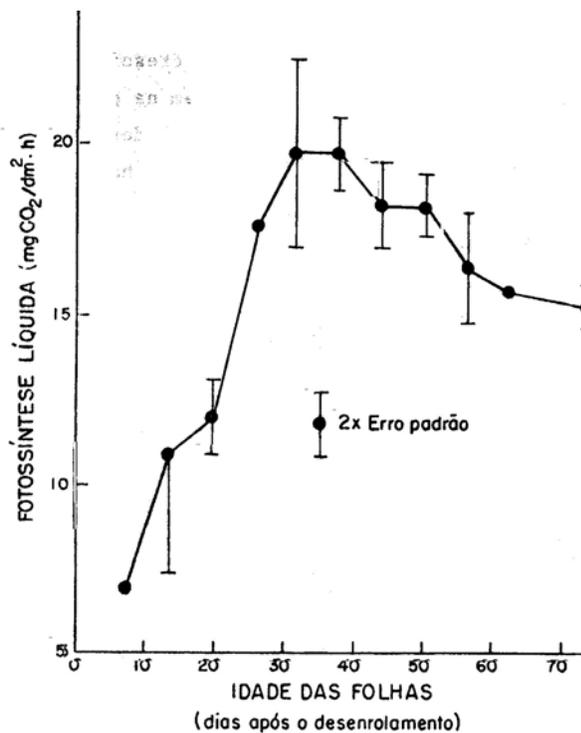


Figura 6. Relação entre a idade da folha e a fotossíntese líquida. (Kriedemann et al., 1970)

A exportação de fotossintetizados das folhas em expansão segue aproximadamente o modelo do aumento da fotossíntese. Quando uma folha de videira alcança de 1/3 a 1/2

de seu tamanho máximo, mais alimento é exportado do que importado, ocorrendo uma contribuição líquida para o crescimento.

A época na qual uma folha é formada aparentemente também tem grande efeito na capacidade fotossintética. Segundo pesquisa recente, uma folha que acabou de tornar-se totalmente expandida, formada na primavera, tem mais do que duas vezes a capacidade fotossintética de uma da mesma idade formada no meio do verão. Não se sabe se isso é devido a mudanças nas relações fonte-dreno ou a fatores ambientais.

Nutrição Mineral

O estado nutricional das folhas da videira tem muita importância para a expressão de seu potencial genético de produção fotossintética. A atividade fotossintética depende de um suprimento adequado de certos elementos minerais que participam da composição química da maioria das substâncias envolvidas nas reações.

A clorofila, pigmento de cor verde ou verde azulado, que tem a função de capturar a luz do sol, é constituída de carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e magnésio. Geralmente não há problemas para o suprimento dos três primeiros elementos, porém uma adubação desequilibrada pode dificultar a absorção de magnésio ou de nitrogênio, o que resultaria em deficiência de compostos nitrogenados e de clorofila.

O fósforo é um elemento muito requerido pelas folhas porque sua principal função fisiológica está relacionada com substâncias que armazenam e transportam a energia química produzida na fotossíntese. O potássio e o cálcio são elementos que atuam na regulação do conteúdo de água das folhas, o que é uma condição essencial para a manutenção de taxas adequadas de fotossíntese.

Relação fonte/dreno

A relação fonte/dreno é tida como a resposta fotossintética das folhas (fontes) à demanda por seus produtos, pelos outros órgãos do vegetal, que não possuem a capacidade de fotossintetizar os açúcares (dreno). O dreno, portanto, é qualquer parte da planta que atraia os produtos metabolizados pelas folhas. Assim, os frutos em pleno crescimento, os ramos e as extremidades das raízes são considerados drenos.

A manipulação das fontes e dos drenos pode afetar a taxa de fotossíntese da videira. A remoção de cachos pode provocar uma redução da atividade fotossintética, enquanto que a remoção parcial de folhas poderá provocar seu incremento (Kliewer, 1981) A maior dificuldade para melhorar a produtividade das videiras em condições de campo é o estabelecimento de uma relação fonte-dreno adequada, para cada variedade e condições de cultivo (Kindermann, 1968).

A direção preferencial do movimento dos assimilados em diferentes estádios, de desenvolvimento pode ser assim descrita:

- a) nas primeiras duas a três semanas após a brotação, o movimento dos assimilados é essencialmente em direção à ponta dos ramos, que, nesse estádio, dependem de carboidratos e de compostos nitrogenados armazenados em outras partes da planta. As folhas novas não iniciam a exportação de fotossintetizados até que tenham de 1/3 a 1/2 de seu tamanho máximo;
- b) de duas a três semanas após a brotação até o florescimento (cerca de oito semanas após a brotação), o movimento de assimilados é bidirecional. Folhas da parte apical suprem fotossintetizados principalmente para a ponta do ramo. Fotossintetizados das

folhas remanescentes movem-se basalmente para outras partes da planta (esporão, ramos, braços, troncos e raízes). As inflorescências atraem muito poucos fotossintetizados;

c) desde a formação do fruto até o amolecimento ou início de coloração das bagas (*veraison*), os fotossintetizados movem-se principalmente em direção a três drenos: a ponta do ramo, o cacho e o restante da planta;

d) da *veraison* até a maturidade (16-20°Brix), o principal dreno é o cacho de uva, constituindo drenos fracos as outras partes das plantas, as pontas dos ramos e das laterais;

e) após a colheita, a maioria dos fotossintetizados se move do ramo para outras partes da planta. Todos os tecidos lenhosos de armazenamento constituem drenos, nessa época, desempenhando as raízes o papel principal. Geralmente, há um período de crescimento das raízes depois da colheita, o qual deverá favorecer o movimento de assimilados para as raízes.

O armazenamento e a utilização de carboidratos em videiras depende tanto do estado de crescimento do ramo quanto da quantidade de uva produzida. A taxa de crescimento de ramos, por seu lado, está em função principalmente da quantidade de água no solo, temperatura do ar, do nitrogênio disponível e produtividade da cultura.

O período normal para utilização de carboidratos dos ramos, braços e esporões, ocorre a partir da brotação até próximo ao florescimento, quando a taxa de alongamento dos ramos geralmente começa a diminuir consideravelmente: a época exata pode variar muito de vinhedo para vinhedo e depende de muitos fatores, como umidade do solo, clima (temperatura, luz, umidade etc.), fertilidade do solo (especialmente nitrogênio), produtividade da cultura e variedade. Enquanto durar o alongamento dos ramos em taxas rápidas, a acumulação de carboidratos, será retardada.

Próximo à época em que a taxa de crescimento do ramo começa a declinar, há um curto período em que a quantidade de carboidratos utilizada é aproximadamente igual à armazenada da fotossíntese corrente - chamado "período de auto-suficiência". Para a parte remanescente da estação de crescimento logo após esse período, há um armazenamento líquido e acúmulo de carboidratos nos tecidos lenhosos (ramos, esporões, braços, troncos e raízes). Também, logo após a diminuição do ritmo de alongamento dos ramos, os carboidratos começam a se acumular nos novos, a começar da seção mediana, progredindo para baixo e para cima durante o resto da estação; lento no início, acelera-se à medida que os frutos se aproximam da maturação. O amido acumula-se principalmente nos tecidos lenhosos dos ramos.

CICLO FENOLÓGICO DA VIDEIRA

Nas condições de clima temperado, com inverno bem definido, a videira apresenta a cada ano um ciclo vegetativo completo, no qual formam-se ramos e folhas que vão assegurar o desenvolvimento do sistema radicular e o aumento em diâmetro do caule. Esta fase se estende até a queda das folhas, quando a planta entra em repouso. Antes de entrar em dormência as substâncias de reservas que foram produzidas são distribuídas e armazenadas na forma de amido nos ramos, raízes e sarmentos. Este fenômeno é denominado de maturação da planta, e pode causar muitos sabores aos viticultores

que não tenham atentado para a necessidade de equilibrar a distribuição das reservas entre o sistema vegetativo e o reprodutivo (Gallet, 1976).

Em regiões de clima tropical e de baixa altitude, como é o caso das áreas irrigadas de Juazeiro (BA.) e Petrolina (PE), a videira não encontra temperaturas inferiores a 12°C e sua fase de repouso só pode ser obtida por suspensão da irrigação, o que implica em submetê-la a uma deficiência hídrica. Permitir que as plantas tenham um período vegetativo mais longo, mantendo a irrigação após a colheita é uma prática que pode ajudar a melhorar ou manter uma boa produtividade na safra seguinte.

Deve-se levar em consideração que sob condições de irrigação, a fase vegetativa é muito curta, pois ocorre quase em paralelo com a fase reprodutiva, significando maior concorrência na distribuição de açúcares e outras substâncias de reserva entre raízes, ramos, cachos e sementes.

Uma das principais dificuldades na viticultura é justamente encontrar-se um manejo adequado que permita manter o equilíbrio na distribuição das substâncias de reserva entre o sistema vegetativo e o sistema reprodutivo. A prática do anelamento, por exemplo, é uma forma de impedir a translocação dos fotossintetizados das folhas para o tronco e raízes, desviando-os para as bagas e as sementes. Por esta razão, a época de fazer o anelamento deve ser determinada com bastante cautela, de modo a minimizar seu efeito sobre o equilíbrio da partição dos fotossintetizados.

O período de descanso da videira após a colheita, tem muita importância para o ciclo seguinte de produção em regiões tropicais. Tendo em vista que o repouso é obtido por deficiência hídrica, deve-se atentar para o fato de que sob estas condições, o tecido vegetal produz muito ácido abscísico (ABA). Um período de descanso muito longo, mais de 30 dias, prejudica a brotação devido à acumulação excessiva do ABA. Por outro lado, um período muito curto, inferior a 10 dias, pode ser insuficiente para a redistribuição dos fotoassimilados das folhas senescentes para os ramos e raízes, o que provoca menor produção no ciclo seguinte (Marro, 1989).

A utilização de estimuladores de brotamento de gemas, ricos em nitrogênio como a cianamida hidrogenada, muito comum nos parreirais irrigados do nordeste brasileiro, pode produzir efeitos negativos sobre a qualidade dos frutos e/ou o esgotamento da planta devido a sobrecargas. Em tais casos, práticas como o raleio de cachos e de brotos corrigem os efeitos negativos da sobrecarga. Deve-se levar em consideração que a resposta aos produtos químicos exógenos é varietal, de modo que, associar o uso de tais produtos com manejo de repouso mais adequado, pode ser uma prática mais eficiente para aumentar o rendimento da cultura, com menor efeito sobre sua vida útil.

Fisiologia da Floração da Videira

A floração da videira está sujeita a diferentes fatores ambientais, tais como temperatura, luz e umidade do solo. Sob condições tropicais a floração ocorre em temperaturas superiores a 25°C, o que provoca uma alta taxa de fecundação e uma forte compactação do cacho. Por outro lado, a brotação das gemas vegetativas e florais é bastante desuniforme, tendo como consequência a desuniformidade no amadurecimento dos cachos no momento da colheita (Winkler et al., 1974).

Não se ignora que as variedades diferem consideravelmente na capacidade de frutificação. A maioria das variedades para vinho por exemplo, apresentam gemas frutíferas basais, enquanto apenas algumas variedades de uvas de mesa, como a Thompson Seedless e a Emperor, também apresentam esta característica.

A fisiologia da diferenciação das gemas frutíferas é pouco conhecida para que se possa explicar todas as diferenças na frutificação existentes entre variedades.

Formação da gema frutífera

Os rudimentos ou primórdios das inflorescências da videira em regiões de clima temperado, são formados durante a estação que precede o ano no qual as flores vão surgindo. Por exemplo, se um ramo vai ou não ter um cacho em um determinado ano, a formação deste já foi determinada no ano anterior.

Em algum estágio, no período em que as folhas rudimentares estão sendo formadas na gema em desenvolvimento durante a primavera, é possível que um ou mais grupos de células sejam produzidos; na estação seguinte, poderão originar inflorescências ou gavinhas. Se esses grupos de células ou primórdios se desenvolvem em uma inflorescência ou em uma gavinha, isso é determinado muito precocemente durante o crescimento da gema. Existem indicações de que a indução de células para primórdio de cacho ocorre nas primeiras semanas depois que um nó se separa de um ápice. Todavia, a existência real do início de um primórdio de cacho numa gema basal, detectável através de microscópio, geralmente não é aparente até cerca da época de florescimento:

Trabalho australiano recente mostrou que uma gavinha pode diferenciar-se num cacho pela aplicação de citocinina nas pontas. O primórdio do cacho continua a desenvolver-se em tamanho e complexidade por oito a doze semanas. Nesse estágio, o número total de flores potenciais para a seguinte colheita já foi decidido, mas a diferenciação real dos primórdios de cachos para partes individuais de flores (estames, pistilos e assim por diante) não ocorre até a próxima estação do ano. Assim, a produção máxima possível do ano foi determinada no ano anterior. Todavia, essa produção depende não somente da capacidade de frutificação de gemas individuais, mas da porcentagem de gemas que brotam e originam ramos, da quantidade de flores que se desenvolvem originando frutos, do tamanho das bagas individuais e, finalmente, da quantidade de açúcar acumulada nas bagas.

Para qualquer cultivar de uva, o número de cachos de frutos por gema pode variar consideravelmente de ano para ano. A variação sazonal na capacidade de frutificação de gemas pode ser devida a fatores climáticos, práticas culturais ou doenças. Entre os climáticos mais estudados estão a luz, a temperatura, o estresse de água e o comprimento do dia. As práticas culturais que mais influenciam a capacidade de frutificação de gemas são a poda, o sistema de condução, a adubação especialmente nitrogênio, a irrigação e os reguladores de crescimento.

Influência dos Fatores climáticos na formação de gemas frutíferas

A exposição de folhas e gemas à luz é o fator individual mais importante na fertilidade da gema, na maioria das áreas tradicionais de viticultura, os viticultores sabem, há muito tempo, que os "ramos de sol" (aqueles que crescem em quase toda a estação, expostos a plena luz solar) apresentam maior número de gemas férteis que os sombreados (aqueles que crescem no interior do dossel da videira) e que são empregados

como material de poda para uso na propagação. Não somente as gemas de ramos de sol são mais frutíferas, mas um número maior delas se desenvolve em ramos. Além disso, cachos de ramos de sol são quase sempre maiores do que os dos ramos sombreados.

TABELA 2. Influência da exposição de ramos à luz solar sobre a brotação e frutificação das gemas, peso dos cachos e produtividade de videiras cv. "Thompson Seedless" e "Pinot Noir"

Variedade	Exposição dos ramos (¹)	Brotação (%)	Cachos/nó /ramo	Peso de cachos(²) (g)	Produção ramos (g/)	SST (%)
Thompson Seedless	Ramo de sol	85	1,22	504	10.120	
	Ramo de sombra	80	0,98	345	6.900	
Pinor Noir	Ramo de sol	84	2,01	150	1.843	
	Ramo de sombra	72	1,32	95	1.153	

(1) Os ramos foram escolhidos na época da poda por julgamento se eles teriam crescido no sol ou à sombra na safra anterior.

(2) Os dados são médias de 24 ramos de seis plantas de cada variedade. (Kliever e Leader, 1970)

Os dados da Tabela 2, coletados em Davis para 'Thompson Seedless' e em Oakville, 'Pinot Noir', apóiam essas conclusões. Não importa se os ramos são originados das gemas latentes dos tecidos lenhosos mais velhos, no topo da videira, isto é, ramos ladrões, ou de tecidos lenhosos de dois anos de idade (esporão do ramo do último ano), desde que cresçam totalmente expostos à luz solar. A mensagem aqui é clara: no momento da poda, deve-se verificar se o ramo esteve exposto ao sol durante a maior parte do período de crescimento.

Os ramos de sol são identificados pelo seu formato cilíndrico e internódios relativamente curtos, de maneira oposta aos ramos achatados, com internódios longos, dos ramos sombreados.

Experimentos com videiras em vasos mantidas em câmaras de crescimento com controle ambiental, demonstraram a importância da intensidade de luz na capacidade de frutificação de gemas.

O número de primórdios de cachos por gema cresceu com o aumento da intensidade de luz, numa faixa de 900 a 3.600 velas. Os cultivares respondem de forma diferente à luz. Assim, o 'Riesling Renano' formou algumas gemas frutíferas a 900 velas, enquanto o 'Moscatel de Alexandria', o 'Sultanina' e o 'Ohanez' (Almeria), permaneceram improdutivos (não formaram cachos), (Figura 7).

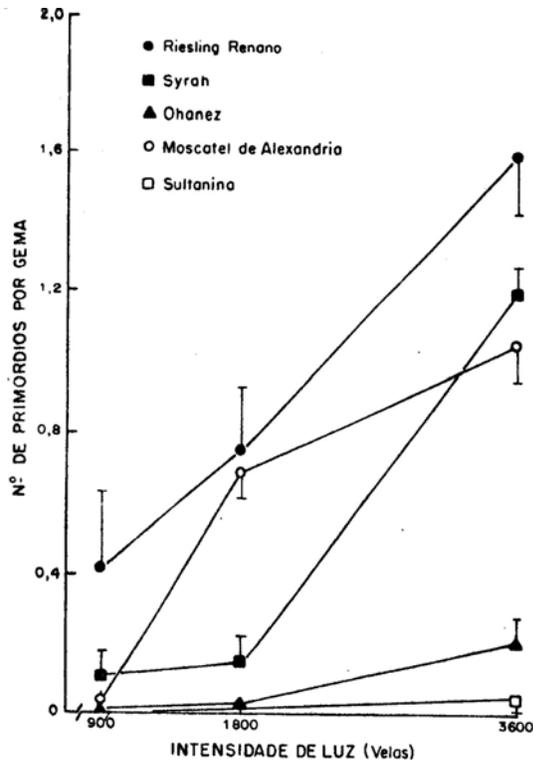


Figura 7. Efeito da intensidade de luz e temperatura média de 25°C, sobre o número médio de primórdios de cachos por gema em cinco variedades de videiras. (buttrose, 1970).

Há indicação na literatura de que a luz que realmente incide na gema influencia a frutificação, mais do que a iluminação da planta toda e a fotossíntese total. Todavia, a necessidade de luz da própria gema foi demonstrada apenas para poucas variedades, especialmente "Thompson Seedless" e "Concord". Não há necessidade de que toda a luz incida sobre as gemas, mas sua exclusão, cobrindo-se totalmente com folha de alumínio, reduziu muito a capacidade de frutificação das gemas desses cultivares. Esse efeito, entretanto, foi, muito menor na maioria das variedades da espécie *V. vinifera* de uvas para vinho.

A capacidade de frutificação de videiras é melhorada por temperaturas relativamente altas (24 a 35°C). Isso foi determinado por correlações estatísticas com temperaturas do ar durante diferentes períodos de desenvolvimento de gemas e por videiras cultivadas sob temperaturas controladas em câmaras de crescimento.

Estudos posteriores demonstraram que a capacidade de frutificação de uma gema está diretamente relacionada à temperatura adjacente durante cerca de três semanas, tempo em que o nó correspondente muda de posição, como resultado do crescimento do ramo, desde seu ápice até o décimo nó.

O efeito da temperatura na frutificação de gemas cai proporcionalmente a partir do ápice do ramo, atingindo zero a partir das gemas do décimo nó. O número de primórdios de frutos por gema de cinco variedades cultivadas em câmaras de crescimento com temperaturas reguladas entre 15 e 35°C, aumentou linearmente para alguns

cultivares em função do aumento da temperatura (Figura 8). Houve considerável diferença entre variedades com relação ao efeito de temperatura na fertilidade de gema: 'Moscatel de Alexandria', 'Sultanina' e 'Ohanez' não produziram gemas frutíferas quando submetidas a temperatura de 20°C, iluminação de 3.600 velas de luz e comprimento do dia de dezesseis horas durante treze semanas, enquanto a fertilidade das gemas do 'Riesling Renano' e 'Syrah' foi levemente maior do que um cacho para cada duas gemas. Todavia, nenhum dos cinco cultivares produziu primórdios de frutos a temperatura de 15,5°C, sob as mesmas condições de luz e tempo de exposição.

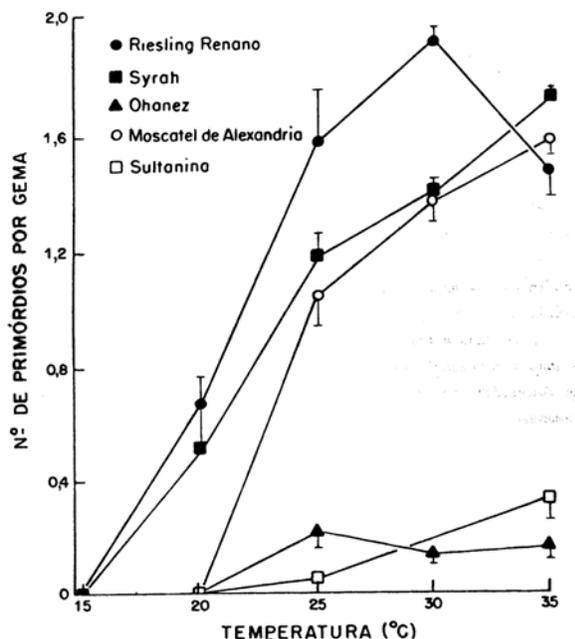


Figura 8. Efeito da temperatura sobre o número de primórdios de frutos por gema. A intensidade de luz era de 3.600 velas. (Buttrose, 1970)

Nesses estudos, em condições climáticas controladas, verificou-se que frutificação das gemas está relacionada com a máxima temperatura sofrida de cada dia, mais do que o somatório de calor (isto é, o número de graus-dia com temperatura base de 10°C), uma vez que a temperatura máxima foi mantida por, pelo menos, um quarto de hora, tanto de noite quanto de dia.

Indução Floral

Com relação à indução floral, as culturas de plantas frutíferas podem ser classificadas em função do comprimento do dia, em plantas de dias curtos, plantas de dias longos e plantas neutras. A indução floral em videira não parece estar sob controle fotoperiódico: os primórdios de fruto podem ser formados sob dias curtos ou longos, não sendo melhorados pela aplicação de luz de baixa intensidade por toda a noite. Todavia, a frutificação das gemas é geralmente maior em dias longos que em dias curtos. Em experimentos em câmaras de crescimento, a frutificação do 'Moscatel de Alexandria' aumentou com o número total de horas de luz de alta intensidade dada por dia, variando

de 0,20 primórdio de fruto por gema em oito horas de iluminação a 3.600 velas, por dezesseis horas de escuridão, até 1,23 primórdio de fruto por gema em vinte e quatro horas de alta iluminação por dia.

Há relatos conflitantes quanto aos efeitos de estresse de água na formação das gemas frutíferas de videira, indicando em alguns casos melhoria e em outros, redução. É difícil avaliar os efeitos de estresse de água sobre a fertilidade das gemas em condições de campo, pois é impossível um controle preciso, além disso, condições secas são geralmente acompanhadas por alta temperatura e muita luminosidade.

Sabe-se que, com o aumento do estresse de água, há um decréscimo na taxa de crescimento do ramo. Se o estresse for cronometrado de modo a coincidir com o período de iniciação da gema frutífera, a fertilidade desta pode ser melhorada por desvio de assimilados do crescimento do ramo para o desenvolvimento dos primórdios de frutos dentro das gemas. Por outro lado, se o estresse for severo, os estômatos se fecham, reduzindo-se tanto a fotossíntese como a produção geral de carboidratos e sua acumulação.

Estudos com 'Cabernet Sauvignon' cultivado em vasos, mostraram que a fertilidade das gemas de videiras irrigadas até 20% da capacidade de campo, foi marcadamente menor que em videiras irrigadas a 40-60% da capacidade de campo. Todavia, deve-se enfatizar que as videiras cultivadas em vasos são muito diferentes das que se desenvolvem sob condições de campo, ficando difícil converter os resultados para a situação do vinhedo.

Frutificação

Em condições normais, após a floração, ocorre a polinização. Devido à umidade e aos hormônios existentes no estigma, o grão de pólen germina e emite o tubo polínico, no interior do qual o gameta masculino se desloca em direção ao interior do ovário. Nesta fase, a presença do elemento mineral boro é fundamental para a viabilidade da fecundação (Gallet, 1976).

Nem todas as flores de um cacho são fecundadas, por isso muitas delas abortam (Marro, 1989). A queda excessiva de flores pode ocorrer devido as causas fisiológicas ou patológicas. As causas fisiológicas podem ser: debilidade da planta (subnutrição); polinização insuficiente; pólen pouco viável; falta de açúcares devido a pouca atividade fotossintética e carência de boro, cálcio ou zinco (Marro 1989). A fecundação pode ocorrer até dois dias depois da polinização e a partir deste momento o ovário começa a se desenvolver originando o fruto ou baga.

De acordo com Gallet (1976), durante o desenvolvimento das bagas, distinguem-se pelo menos quatro fases. A primeira fase, que dura aproximadamente de seis a dez dias, corresponde à fecundação e ao "pegamento" dos frutos. Não se observa nenhum aumento do diâmetro das bagas neste período.

Na segunda fase, o aumento de volume da semente é insignificante; em compensação o ovário (baga) aumenta de volume. Este crescimento deve-se, principalmente, ao aumento do número de células e pode durar de três a seis semanas, dependendo da variedade. A divisão celular intensa que ocorre nesta fase deve-se aos hormônios giberelinas, auxinas e citocininas, produzidos pela semente. As auxinas são produzidas inicialmente pelos tegumentos da semente e posteriormente pelo embrião. A fotossíntese realizada pelas bagas é suficiente para o seu desenvolvimento. Nesta fase,

as bagas apresentam estômatos ativos, numa quantidade média de quatro a onze por milímetro quadrado, permitindo que as bagas apresentem uma transpiração considerável.

A terceira fase pode durar de duas a quatro semanas. O crescimento da baga é interrompido enquanto a semente atinge seu tamanho máximo, perde água, lignifica-se e amadurece, completando assim toda a sua organização.

A quarta e última fase se caracteriza pelo aumento expressivo do volume das bagas, causado pela expansão celular. Os estômatos degeneram e são substituídos por lenticelas, reduzindo bastante a transpiração das bagas. Começa a degradação da clorofila. Os teores de açúcares solúveis (glicose e frutose), aumentam progressivamente, enquanto se observa redução dos teores de ácidos orgânicos. Os açúcares nesta fase, são translocados das folhas para as bagas, enquanto os brotos e folhas novas apresentam uma inibição do seu desenvolvimento. Ao aproximar-se o final da quarta fase, observa-se um aumento dos teores de ABA e etileno, coincidindo com o amadurecimento das bagas e o acúmulo máximo dos açúcares solúveis. Nas uvas de cor, esta fase caracteriza-se também pelo aparecimento das xantofilas, e síntese das antocianinas. Substâncias voláteis também são produzidas, conferindo à fruta seu aroma característico.

Colheita

As condições climáticas durante a fase de amadurecimento das uvas são muito importantes para a sua fisiologia após a colheita. Quando as uvas estão em seu estágio ideal de amadurecimento, a composição bioquímica pode influenciar muito na sua capacidade de armazenamento.

Nas uvas verdes ou brancas, uma enzima que oxida compostos fenólicos a polifenoxidase é responsável pelo bronzeamento da casca e da polpa quando estas sofrem danos mecânicos ou são submetidas a variações de temperatura durante o armazenamento (Lee & Jaworski, 1988).

Devido a variações climáticas de um ano para outro, as uvas brancas ou verdes, podem apresentar diferentes potenciais de bronzeamento em função dos teores de polifenoxidase das bagas no momento da colheita. Os teores desta enzima, geralmente são altos na terceira fase do desenvolvimento das bagas, porém reduzem-se para valores próximos de zero no final da fase de amadurecimento (Sapis et al., 1983). Se depender da umidade relativa do ar e da temperatura ambiente, os teores de polifenoxidase na fase de amadurecimento podem ficar mais elevados, o que implica num aumento da sensibilidade das bagas ao bronzeamento (Lee & Jawoprski, 1988).

A determinação do ponto ideal de colheita da uva é um fator muito importante para a sua conservação pós-colheita. Normalmente a avaliação do ponto ideal para a colheita é feita através de características físicas como a cor da baga, a aparência do engajo ou o sabor da polpa, e de características químicas obtidas pela determinação dos sólidos solúveis (brix), da acidez titulável e da relação brix/acidez.

Quando as uvas amadurecem, desenvolvem sua coloração característica e a intensidade da cor depende da cultivar, das condições ambientais e do manejo. A casca das uvas vermelhas e pretas torna-se mais escura e brilhante, enquanto as uvas verdes apresentam uma coloração mais clara ou amarelada. Uma vez que a intensidade de cor é muito influenciada pelo clima, é quase impossível estabelecer um padrão de

amadurecimento baseado na coloração das bagas. Na prática, é mais interessante tentar estabelecer o momento da colheita com base na associação entre a coloração da baga e os teores de sólidos solúveis. O amadurecimento do engaço, que ocorre ao mesmo tempo que o amadurecimento das bagas, também pode servir de referencial para determinação do ponto de colheita. Quando o engaço amadurece desenvolve uma coloração amarela, palha ou lenhosa que é característica varietal. Em alguns cultivares o engaço maduro torna-se lenhoso. Os engaços maduros e lignificados podem garantir melhor conservação dos frutos uma vez que apresentam menor tendência de perda de água e, portanto, de murchamento do cacho.

O teste do sabor das bagas também pode ser útil na determinação do ponto de colheita, porém isto implica na manutenção de provadores especializados para cada cultivar ou variedade. Além do mais, após muitas provas, o paladar pode ser mascarado, impedindo ao provador de distinguir a qualidade entre os cachos.

O método mais utilizado nos parreirais do nordeste brasileiro para a determinação do ponto de colheita para a uva é a avaliação do teor de sólidos solúveis (brix), através de um refratômetro de bolso. O índice de refração do suco extraído da baga dá uma indicação do percentual de sólidos solúveis totais existente. Nesta região, a uva Itália é considerada pronta para a colheita quando o seu percentual de sólidos solúveis (brix) atinge de 15 a 16%. Nas uvas maduras, os sólidos solúveis são constituídos, basicamente, pelos açúcares redutores (glicose e frutose).

A acidez titulável representa o teor de ácidos orgânicos, principalmente de ácido tartárico da polpa. A acidez titulável é obtida através da titulação do suco das bagas, com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N (4,0g de NaOH/L), à qual se adicionam algumas gotas de fenolftaleína alcoólica 1,0%, expressa em porcentagem de ácido tartárico. Embora os principais componentes dos sólidos solúveis totais da polpa da uva sejam os açúcares solúveis, os ácidos orgânicos também desempenham importante papel na constituição do sabor das uvas. Nas regiões mais frias, os teores de ácidos das uvas decrescem mais lentamente na última fase do desenvolvimento das bagas, enquanto que nas regiões mais quentes este decréscimo é bem mais rápido. Assim, comparando-se dois lotes de uvas que apresentam os mesmos teores de sólidos solúveis, por causa de diferenças nos teores de ácidos orgânicos, não apresentarão a mesma característica de sabor.

Baseado nesse fato, seria importante o emprego da relação sólidos solúveis/acidez, como parâmetro para determinação do ponto de colheita da uva produzida sob irrigação, a exemplo da África do Sul que, segundo Carvalho (1994), estabeleceu valores mínimos, a partir dos quais as uvas são colhidas para exportação.

Composição Química da Uva

O principal valor nutritivo da uva de mesa consiste em sua composição em açúcares solúveis, principalmente glicose e frutose, e seu conteúdo em potássio (180mg/100g), maior que o da maçã, da goiaba e manga, respectivamente 100, 150 e 140 mg/100g, (Tabela 1). Contudo, seu conteúdo de vitaminas é muito baixo quando comparado com o de outras frutas, principalmente as tropicais (Wills & Chatenay, 1986).

O valor energético da uva também é muito alto, cerca de 271 Kj, sendo bem maior do que o da maçã, goiaba e manga (205, 102 e 163 Kj, respectivamente), porém muito

menor do que do abacate e da banana, 892 e 454 KJ, respectivamente (Wills & Greenfield, 1984).

Tabela 1. Composição Química dos Frutos da Videira

Comp.	Minerais		Vitaminas		Ác. Orgânicos		Outros	
	(mg/100g de fruta fresca)				(g/100g de fruta fresca)			
K	180	C	6		Ac. Tartárico	0,50	Proteína	1,0
Na	5	Tiamina		0,01	Ac. Mágico		0,47	
	Gordura	0,1						
Ca	10	Riboflav.	0,04		Ac. Cítrico	0,04	Glicose	7,9
Mg	9	Niacina		0,4	Ac. Oxálico	0,03	Frutose	
7,8								
Fe	0,2	A		0,06			Sacarose	0,0
Zn	0,1						Água	79,3

Adaptado de Wills et al. (1986)

Fisiologia Pós-Colheita

Os cachos de uva são órgãos vegetais constituídos por células vivas, as quais, mesmo após a colheita, continuam executando suas atividades metabólicas. As funções fisiológicas mais importantes nesta fase da vida das frutas são transpiração e respiração. Por serem frutas não climatéricas, as uvas amadurecem ainda presas à planta e, portanto, só devem ser colhidas quando tiverem concluído seu completo amadurecimento, o que lhes confere maior tolerância ao manuseio pós-colheita e ao armazenamento.

Embora as bagas maduras não possuam mais estômatos, as uvas são muito susceptíveis à perda de água, que ocorre basicamente através das lenticelas da casca das bagas e através do engaço. Poucas horas após a colheita, se o produto permanece em condições de campo, podem ocorrer a secagem e o escurecimento do engaço. Quanto mais alta for a temperatura, mais sério será este problema.

A umidade relativa também é um fator importante no momento da colheita, pois quanto mais baixa for a umidade do ar em torno das frutas, maior será sua taxa de transpiração. Como a taxa de transpiração aumenta com alta temperatura e baixa umidade relativa, recomenda-se efetuar a colheita das uvas nas horas menos quentes do dia, mantendo-se o produto à sombra sob a latada, até o momento de ser transportado para o galpão de embalagem

No galpão de embalagem, o pré-resfriamento das uvas, deve ser feito o mais rápido possível, utilizando-se de preferência o ar forçado, uma vez que o produto não

tolera o umedecimento, além de que, a água pode remover a pruina, que é um importante atributo de qualidade para o produto. Quando a uva atinge a temperatura ideal para o armazenamento (cerca de -1°C), o ar da câmara deve se mantido com uma umidade alta para diminuir os riscos de desidratação.

A respiração celular é uma reação bioquímica na qual os açúcares redutores (glicose e frutose) são oxidados e transformados basicamente em CO_2 , água e energia. Parte da energia produzida pela respiração é liberada na forma de calor, contribuindo para o auto-aquecimento das frutas, que acelera os processos de transpiração e respiração, levando-as rapidamente à senescência e deterioração. A redução da taxa de respiração das frutas pode ser obtida pelo abaixamento da temperatura e controle da taxa transpiratória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

KRIEDEMANN, P.E. Photosynthesis in vine leaves as a function of light intensity, temperature and leaf age. *Vitis*, Siebeldinger/Pfalz, 7:213-220, 1968.

KRIEDEMANN, P.E.; KLIEWER, W.K & HARRIS, J.M. Leaf age and photosynthesis in *Vitis vinifera* L. *Vitis*, Siebeldingen/Pfalz, 9(2):97-104, 1970.

KRIEDEMANN, P.E; LOVEYS, B.R. & DOWNTON, W.J.S. Internal control of stomatal physiology and photosynthesis: 11. Photosynthetic responses to phaseic acid. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, 2(4):553-567, 1975.

KRIEDEMANN, P.E & SMART, R.E. Effect of irradiance, temperature and leaf water potential on photosynthesis of vine leaves. *Photosynthetica*, Prague, 5:6-15, 1971.

LOVEYS, B.R. & KRIEDEMANN, P.E. Rapid changes in abscisic acid-like inhibitors following alterations in vine leaf water potential. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 20: 476-479, 1973.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, J.S. de; BASSOI, L.H.; LIMA FILHO, J. M.P.; RIBEIRO, H.A. ; SILVA , M.R. da. Suspensão da irrigação na pré-colheita da uva Itália e sua conservação pós-colheita: relatório de pesquisa. Petrolina, PE: EMBRAPA/Fazenda Labrunier, 1996. 10p.

BASSOI, L.H.; ASSIS, J.S. de. Distribuição do sistema adicular de videiras irrigadas em Latossolo vermelho marelo do trópico semi-árido. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1., SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4., REUNIÃO BRASILEIRA SObTRE MICORRIZAS, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA,

- 11., 1996, Aguas de Lindóia. Anais... Piracicaba: USP- ESALQ / SLCS / SBCS / SBM, 1996. CD-ROM - Seção artigos.
- BLANKE, M.M.; LEHYE, A. Stomatal activity of the grape berry cv. Riesling, Muller-Thurgau and Ehrenfelser. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.127, p. 451-460, 1987.
- BLANKE, M. M.; LEHYE, A. Stomatal and cuticular transpiration of the cap and berry of grape. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart v. 132, p.250-253, 1988.
- BRAVDO, B.; HEPNER, Y.; LOINGER, C.; COHEN, C.; TABACMAN, H. Effect on irrigation and crop level on growth yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v.36, p.132-139, 1985.
- BUTTROSE, M.S. Fruitfulness in grapes-vine: the response of different cultivars to light, temperature and daylength. **Vitis**, Geneva v.9, n.2, p. 121-125, 1970.
- CARVALHO, V. D. de. Pós-colheita de uvas de mesa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n.180, p.39-44, 1994.
- DURING, H. Stomatal responses to alterations of soil and air humidity in grapevines. **Vitis**, Geneva, v.26, p.9-18, 1987.
- FITTER, A.H.; HAY, R.K.M. Environmental physiology of plants, Academic Press, London, 1983. 355 p.
- FREEMAN. B.M.; LEE, T.H.; TURKIGTON, C.R. Interaction of irrigation and pruning level on grape and wine quality of Shiraz vines. **American Journal Enology and Viticulture**, Reedley, v.31, p.124-135, 1980.
- FREEMAN, B. M.; SMART, R.E. Research note: a root observation laboratory for study with grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 27, n. 1, p.36-9, 1976.
- GALLET, P. Précis de viticulture, 3 ed. Montppelier: DEHAN, 1976. 584p.
- GATES, D.M. Energy exchange and transpiration. In: LANGE, O. L.; KAPPEN, L.;
- SCHULZE, E.D. Water and Plant Life. Berlin: Springer Verlag, 1976. p. 137-147. (Ecological Studies, 19).
- HARDIE, W.J.; CONSIDINE, J. A. Response of grapes to water deficit stress in particular stages of development. **American Journal of Enology and Viticulture**, Redley, v.27, n.2, p.55-61, 1976.

- HASIO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.519-570, 1973.
- KRIEDEMANN, P.E.; LOVEYS, B.R.; DOWNTON, W.J.S. Internal control of stomatal physiology and photosynthesis. II. Photosynthetic responses to phaseic acid. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.2, p.553-567, 1975.
- KINDERMANN, P. E. Photosynthesis in vine leaves as a function of light intensity temperature, and leaf age. **Vitis**, Geneva, n. 7, p. 213-220, 1968
- KINDERMANN, P.E. KLIEWER, W. M. E HARRIS, J. M. Leaf age and photosynthesis in *Vitis vinifera* L. **Vitis**, Geneva, n. 9, p. 97-104, 1970.
- KINDERMANN, P.E.; SMART, R.E. Effect of irradiance, temperature and leaf water potential on photosynthesis of vine leaves. **Photosynthetica**, Prague, n.5, p. 6-15, 1971.
- KLIEWER, W.M. Grapevine physiology: how does a grapevine make sugar? Davis, University of California, 1981, 13p. il. (University of California. Leaflet, 21231).
- LEE, C.Y.; JAWORSKI, A.W. Phenolics and browning potential of grapes grown in New York. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley v. 39, n.4, p. 337-340, 1988.
- LIMA FILHO, J.M.P.; TEIXEIRA, A.H. C. Comportamento fisiológico da videira em dois ciclos de cultivo, sob condições semi-áridas [s.d.]. No prelo.
- LIU, W. T.; POOL, R.; WENKERT, W.; KRIEDEMANN, P. E. Changes in photosynthesis, stomatal resistance and abscisic acid of *Vitis labruscana* through drought and irrigation cycles. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v.29, p. 239-246, 1978.
- MARAIS, J. Terpene concentration and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. Gewurztraminer as affected by grape maturity and cellar. **Vitis**, Geneva, v.26, p.231-245, 1987.
- MARRO, M. Princípios de viticultura. Barcelona: CEAC, 1989. 215 p.
- MATHEUS, M.A.; ANDERSON, M.M.; SCHULTZ, H.R. Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. **Vitis**, Geneva, v.26, p.147-160, 1987.
- MCCARTHY, M.G.; COOMBE, B.G. Water status and winegrape quality **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.171, p.447-456, 1985.
- RUHL, E.; ALLEWELDT, G. Investigations into the influence of time of irrigation on yield and quality of grape-vines. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.171, 457-460, 1985.

SAPIS J.C.; MACHEIX, J.J.; CORDONIER, R. E. The browning capacity of grape. 1. Changes in polyphenol oxidase activities during development and maturation. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Wasington, v. 31, n. 2, p. 342-346, 1983.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HAMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v.148, p.339-346, 1965.

SMART, R.E.; COOMBE, B.G. Water relations of grapevines. In: Kozlowski, T.T., ed. Water deficits and plant growth. New York: Academic Press 1983. v. 7, p.137-196.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. The Benjamin/Cummings, Redwood, 1991. 559p.

VAN ZYL, J.L., WEBER, H.W. The effect of various supplementary irrigation treatments on plant and soil moisture relationship in a vineyard. (*Vitis vinifera*, var. Chenin Blanc). **South Africa Journal of Enology and Viticulture**, Pretoria, v.2, p.83-99, 1981.

WILLS, R.B.H., EL-CHATENAY, Y. Composition of australian foods. Apples and pears. **Food Tecnology in Australia**, Adelaide, v. 38, p. 77-82, 1986.

WILLS, R.B.H., LIM, J.S.K.; GREENFIELD, H. Changes in chemical composition of "Cavendish" banana (*Musa acuminata*) during ripening. **Journal of Food. Biochemistry**. Oxford, n. 8, p. 69-77, 1984.

WILLS, R.B.H., LIM, J.S.K.; GARFIELD, H. Composition of Australian foods, 31 Tropical and sub-tropical fruit. **Food Technology in Australia**. Adelaide, v. 38, p.118-120, 1986.

WINKLER, A.J.; COOK, J.A.; KLIOWER, W.M.; LIDER, L.A. General viticulture. Berkerley, University of California Press, 1974. 710p.