

## Capítulo 3



# Ecofisiologia

**José Moacir Pinheiro Lima Filho**  
**Joston Simão de Assis**  
**Antônio Heriberto de Castro Teixeira**  
**Getúlio Augusto Pinto da Cunha**  
**Manoel Teixeira de Castro Neto**



## Introdução

A mangueira é uma espécie pertencente à família Anacardiaceae, gênero *Mangifera*. Das 41 espécies desse gênero apenas a *Mangifera indica* L. é cultivada comercialmente. A *M. indica* é árvore perene de grande porte, com densa folhagem. Possui raiz pivotante e grande massa de raízes superficiais fibrosas (Singh, 1977). Essa característica é acentuada em função do tamanho das folhas e sua filotaxia ortotrópica com esgalhamento simpodial.

A mangueira, a depender do ambiente, pode apresentar crescimento sincronizado ou não, existindo, entretanto, períodos distintos entre os crescimentos vegetativo e reprodutivo. Os pulsos de crescimento vegetativo são caracterizados pelo lançamento de folhas novas, terminando quando todas as folhas alcançarem o seu crescimento máximo. A quantidade e frequência de lançamentos e a intensidade do crescimento dependem da cultivar, das condições ambientais, da idade da planta, da carga de frutos, etc.

O período entre a iniciação floral e a abertura das flores, sob condições tropicais, é de 3 a 4 semanas. A inflorescência é uma panícula medindo entre 10 e 60 cm. Árvores adultas podem produzir milhares de panículas, dependendo das características genéticas, fatores climáticos e práticas culturais. O número de flores perfeitas (hermafroditas) por panículas varia de ano para ano e, dependendo da sua localização na planta e da cultivar, pode variar de 2% a 75%.

A frutificação é intensa, entretanto, a mangueira apresenta um elevado índice de queda de frutos, atingindo cerca de 80%. O fruto é uma drupa com variações na forma, cor e peso, cuja maturação ocorre entre 3 e 4 meses após a fecundação.

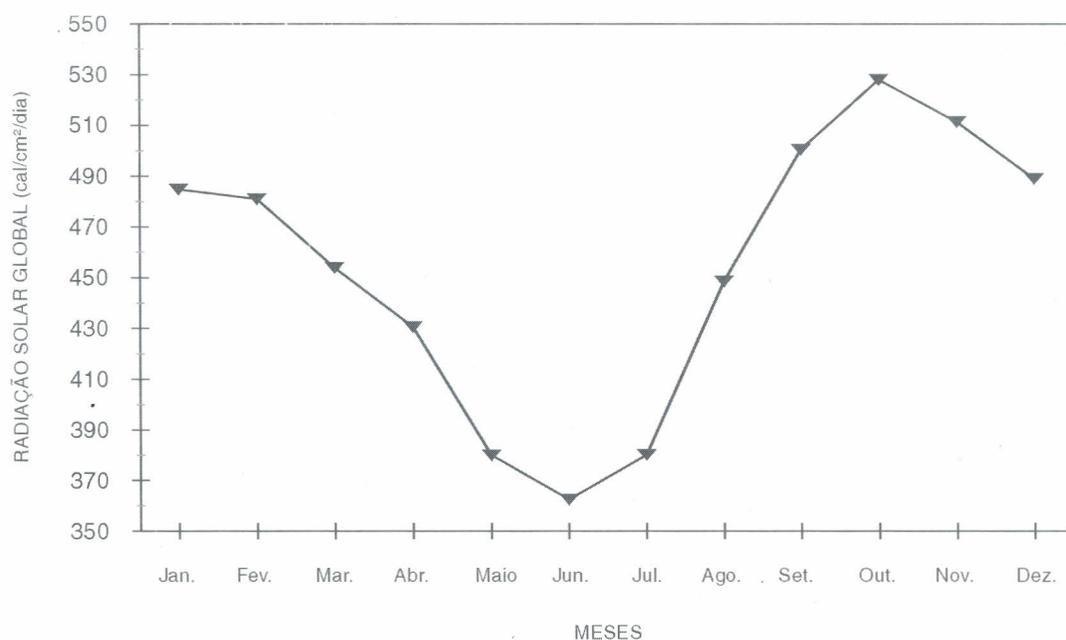
As respostas fisiológicas da mangueira ao ambiente estão relacionadas com a sua origem evolucionária. As variedades monoembriônicas adaptaram-se muito bem às regiões de clima subtropical do subcontinente indiano, enquanto as poliembriônicas, evoluíram na região tropical úmida do sudeste da Ásia. Por essa razão estes dois grupos apresentam adaptação ambiental diferente. Na Flórida, as variedades monoembriônicas adaptaram-se tão bem às condições ecológicas que a região tornou-se o segundo centro mundial de difusão de variedades com essas características (Knight & Schnell, 1993). As melhores áreas para a produção comercial são aquelas onde ocorrem temperaturas amenas e/ou períodos secos antes da floração, umidade de solo adequada (chuvas ou irrigação) e temperaturas entre 30°C-33°C, durante o desenvolvimento dos frutos (Chacko, 1986).

De acordo com o exposto, pode-se verificar que todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento da mangueira são direta ou indiretamente influenciados pelo ambiente. Assim, o conhecimento das respostas da mangueira às variações ambientais é de fundamental importância para o estabelecimento de um manejo adequado às condições correntes, visando à melhoria da qualidade dos frutos e à maximização da produtividade.

## Radiação Solar

Aproximadamente  $1.3 \text{ kW m}^{-2}$  da radiação solar que atinge a superfície terrestre, apenas 5% dessa energia pode ser convertida em carboidratos por meio da fotossíntese. As razões para isso é que a maior fração da luz incidente ocorre dentro dos comprimentos de onda muito curtos ou muito longos para serem absorvidos pelos pigmentos fotossintéticos. Os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm ou radiação fotossinteticamente ativa são utilizados na fotossíntese. Cerca de 85% a 90% desta radiação é absorvida pela folha. O restante é refletida pela superfície foliar ou transmitido através da folha.

No Vale do São Francisco, o fluxo de radiação solar global incidente ocasiona acentuada evapotranspiração nos pomares de mangueira, determinada pela quantidade de energia disponível para o processo de vaporização da água. O potencial de radiação solar que incide em um pomar de mangueiras é determinado pela localização e época do ano. Em virtude das diferenças nas posições do Sol, a intensidade de radiação incidente depende da turbidez da atmosfera e da presença de nuvens que refletem e absorvem grande parte dessa radiação (Allen et al., 1998). Em Petrolina, PE, os maiores valores são registrados no mês de outubro, com valores de  $528 \text{ cal/cm}^2/\text{dia}$ . Os menores valores são registrados no mês de junho, em torno de  $363 \text{ cal/cm}^2/\text{dia}$  (Fig. 1).



**Fig. 1.** Variação média anual da radiação solar global, no perímetro irrigado de Bebedouro, em Petrolina, PE.

## Fotossíntese

O crescimento e a produtividade da mangueira estão diretamente relacionados com a quantidade de carbono fixado durante a fotossíntese e sua subsequente distribuição nos órgãos das plantas. As variações ambientais influenciam a atividade fotossintética que pode ser utilizada como indicador da performance da planta, em um determinado ambiente.

A quantidade de luz interceptada pelo dossel foliar é o primeiro fator a afetar a fotossíntese. Esta quantidade é medida em termos de densidade de fluxo de fótons da radiação fotossinteticamente ativa. Durante o verão, em dias ensolarados, essa energia pode atingir em torno de  $2.000 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Estudos realizados na Austrália em mangueiras da cultivar Tommy Atkins determinaram que, durante o verão, sob condições de déficit de vapor de pressão e temperatura de 0,5-1,0 kPa e  $28^{\circ}\text{C}$ - $33^{\circ}\text{C}$ ,

respectivamente, os níveis de saturação da luz (ponto em que a fotossíntese não responde significativamente a aumentos no fluxo de fótons) situaram-se em torno de  $1.200 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , enquanto o ponto de compensação da luz (nível em que a fotossíntese é igual a zero, ou seja, o ganho em energia durante o processo é balanceado pelas perdas respiratórias), foi de aproximadamente  $38 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Nos níveis acima do ponto de saturação de luz, a assimilação média das árvores foi de aproximadamente  $14,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , enquanto, em folhas individuais, a assimilação atingiu  $18-19 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Durante o inverno (déficit de pressão de vapor e temperatura entre  $1,3 - 1,4 \text{ KPa}$  e  $21^\circ\text{C}-26^\circ\text{C}$ , respectivamente), o ponto de saturação foi detectado em torno de  $630 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  enquanto o ponto de compensação ficou em torno  $44 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Nessas condições, a taxa de assimilação máxima atingiu  $10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . (Whiley et al., 1993, citado por Schaffer et al., 1994).

Por sua vez, a utilização de respostas de folhas individuais para definição da fotossíntese da mangueira é um protocolo arbitrário, em função da heterogeneidade em termos de atividade fisiológica das folhas de uma mesma planta. Essa complexidade requer a integração do dossel para determinação da curva de resposta da árvore como um todo, em função da razão entre as áreas sombreadas e ensolaradas da folhagem e a quantidade relativa da luz difusa sobre as folhas sombreadas. Essas informações são importantes na determinação da densidade do pomar e na realização das podas, pois refletem a dinâmica da interceptação e utilização da luz pelas plantas.

## Interceptação da Luz

O perfil da penetração da luz na copa da mangueira não tem sido bem documentado. Em decorrência do hábito de crescimento vigoroso da árvore, existe, geralmente, uma porcentagem relativamente alta de folhas sombreadas, em comparação com folhas ensolaradas. Dessa forma, grande parte das folhas localizadas no interior da copa recebe luz em níveis abaixo do ponto de saturação lumínica, diminuindo a disponibilidade de fotoassimilados, provocando, conseqüentemente, reduções no crescimento. Uma maior penetração da luz na copa, como resultado da realização da poda, pode provocar um aumento significativo na produção e melhoria na coloração dos frutos (Whiley, 1986, Davenport & Núñez-Elisea, 1997).

A coloração dos frutos é uma característica geneticamente definida. A coloração avermelhada é geralmente mais acentuada em cultivares monoembriônicas, enquanto que, os frutos da maioria das cultivares poliembriônicas, apresentam coloração verde-amarelada quando maduros. A coloração dos frutos maduros é, em parte, devido ao pigmento antocianina que se desenvolve quando os frutos são expostos à luz. Por exemplo, os frutos da cultivar poliembriônica Kensington apresentam coloração apenas no lado exposto à radiação solar, demonstrando que a posição dos frutos nas árvores, tem um efeito significativo no desenvolvimento da coloração, em função das diferenças na penetração da luz na copa das árvores (Schaffer et al., 1994). Apesar desses fatos, não existem informações sobre os níveis de luz requeridos para o desenvolvimento da pigmentação na epiderme dos frutos da mangueira.

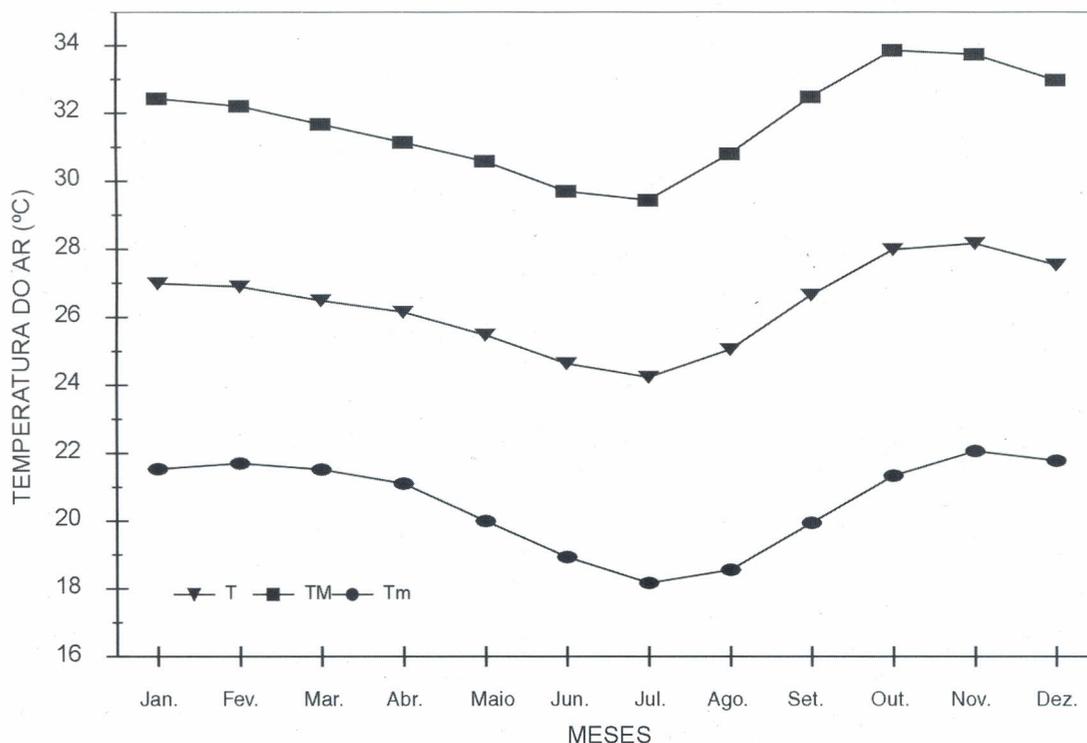
Por sua vez, sabe-se que altos níveis de radiação solar, podem provocar aumentos nos teores de açúcar e de ácido ascórbico nos frutos. O aumento da quantidade desse ácido tem sido observado em frutos de várias espécies vegetais, expostos diretamente à luz do Sol, durante os estágios de desenvolvimento, e em plantas que crescem sob altas intensidades de radiação solar (Teixeira & Azevedo, 1994). Assim, a determinação de níveis críticos de radiação durante o desenvolvimento dos frutos, é importante para o estabelecimento de estratégias de manipulação da copa da mangueira, visando à melhoria da aparência dos frutos.

## Fotoperíodo

De acordo com Kozlowski et al. (1991), a floração da maioria das plantas lenhosas perenes não está sob controle fotoperiódico e, a mangueira não constitui uma exceção. O seu cultivo está concentrado entre as latitudes 27°N e 27°S, onde o fotoperíodo mais curto excede 11 horas sugerindo ser uma espécie de fotoperíodo neutro. Com efeito, Núñez-Elisea & Davenport (1995) expuseram plantas da cultivar Tommy Atkins, em câmaras de crescimento, a fotoperíodos de 11, 12, 13 horas, sob regimes de temperaturas indutivas (18°C dia/10°C noite) e não indutivas à floração (30°C dia/25°C noite). Todas as plantas submetidas às temperaturas indutivas floresceram intensamente, independentemente dos fotoperíodos, 35 dias após o início dos tratamentos, enquanto, sob condições de temperatura mais elevadas, observou-se o lançamento de gemas vegetativas. Esses resultados indicam que a indução floral é causada por temperaturas baixas e não por fotoperíodos curtos e que a floração é inibida por temperaturas elevadas e não por fotoperíodos longos.

## Temperatura

A temperatura é provavelmente a variável ambiental mais importante a considerar, durante a seleção de cultivares de manga para áreas específicas (Whiley & Schaffer (1997). A variação média da temperatura para um ótimo crescimento da mangueira situa-se entre 24°C – 30°C. Embora a mangueira possa tolerar temperaturas do ar acima de 48°C, temperaturas baixas são limitantes para produção (Schaffer et al, 1994). Em razão da baixa tolerância ao frio, as arvores são severamente prejudicadas após algumas horas, sob temperaturas abaixo de 0°C (Mukaherjee, 1953, citado por Whiley & Schaffer, 1997). No perímetro irrigado de Bebedouro (Petrolina, PE), as médias mensais de temperatura do ar variam de 24,2°C a 28,2°C. As temperaturas máximas e mínimas variam de 29,5°C a 33,9°C. Constata-se uma pequena variabilidade interanual, em virtude da proximidade da região em relação ao equador, sendo julho o mês mais frio e outubro o mês mais quente do ano (Fig. 2).



**Fig. 2.** Variação média anual das temperaturas média, máxima e mínima, no perímetro irrigado de Bebedouro, em Petrolina, PE.

## Fotossíntese

A temperatura é uma variável ambiental que tem efeito marcante sobre a fotossíntese, porque esse fenômeno envolve reações bioquímicas, cujos catalisadores, as enzimas, são dependentes da temperatura para expressar a sua atividade máxima. Resultados de trabalhos desenvolvidos sob condições controladas sugerem existir interação entre a temperatura do ar e do solo sobre a fotossíntese líquida das folhas da cultivar Nam Dok Mai. Com a temperatura do solo de 25 °C e a do ar de 30°C dia/20°C noite, a condutância estomática e a fotossíntese atingiram em torno de 200 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e 8.0 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente. Quando submetidas a temperaturas de 15°C dia/10°C, essas variáveis alcançaram valores menores, aproximadamente, 100 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e 3,0 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Pongsomboon, 1991, citado por Whiley & Schaffer, 1997) indicando que, dentro desta faixa de temperatura ambiente, a fotossíntese da mangueira é reduzida.

## Crescimento e Desenvolvimento

Embora a mangueira seja considerada uma espécie predominantemente tropical, pode crescer e produzir em áreas de latitudes subtropicais com estações secas definidas e alta acumulação térmica. Sob condições ótimas de temperatura, adubação e umidade do solo, a mangueira permanece vegetando, com fluxos de crescimento ocorrendo em intervalos regulares. Mangueiras cultivadas sob temperaturas de 20°C durante o dia/15°C à noite requerem, em média, 20 semanas para completar o ciclo dormência/crescimento, enquanto a 30°C/25 °C, esse fenômeno ocorre em 6 semanas (Willey et al., 1989).

De acordo com Whiley & Schaffer (1997) existem diferenças marcantes na tendência entre cultivares, em relação ao crescimento vegetativo. Estudos realizados sob condições controladas de temperatura informam que a cultivar Irwin produziu 2,0 fluxos vegetativos com aproximadamente 45 dias de dormência entre períodos de crescimento ativo, enquanto a cultivar Kensington produziu 4,7 fluxos com apenas 5 dias de dormência entre lançamentos. O acúmulo de matéria seca foi semelhante para as duas cultivares, entretanto, observou-se uma concentração de amido nos tecidos do tronco da Irwin e Kensington de 13% e 3,6% da matéria seca, respectivamente. Além disso, o número de folhas presentes em cada fluxo é também influenciado pela temperatura do ar. Mangueiras cultivadas sob temperaturas de 20°C/15 °C produziram em média 7,1 folhas por fluxo, enquanto que, a 30°C/25°C, lançaram uma média de 13,6 folhas/fluxo (Whiley et al., 1989). Observou-se ainda, nessa última condição, um aumento de 300% no tamanho das folhas em relação àquelas que se desenvolveram sob temperaturas mais baixas.

A distribuição de matéria seca na mangueira é também influenciada pela temperatura. A partição de matéria seca para as raízes é maior sob condições de temperatura de 15°C/10°C, resultando na redução do crescimento da parte aérea. Com o aumento da temperatura, a parte aérea é mais favorecida, culminando em maior crescimento dos ramos e das folhas. A temperatura influencia de forma significativa a seqüência do desenvolvimento das gemas da mangueira (Issarakraisila et al, 1991; Chaikiattiyos et al, 1994; Núñez-Elisea et al, 1996 ). Por exemplo, temperaturas noturnas entre 8°C e 15°C, em combinação com temperaturas diurnas abaixo de 20 °C, normalmente induzem à brotação de gemas reprodutivas, caso a iniciação da gema se dê sob essas condições. (Whiley et al, 1991; Núñez-Elisea & Davenport, 1994). Foi também demonstrado que a mangueira exposta a temperaturas diurnas de 30°C e noturnas de 25°C desenvolveram gemas vegetativas. Sob condições mais amenas, com temperaturas diurnas de 18°C e 15°C e noturnas de 10°C, observou-se o lançamento de gemas reprodutivas (Núñez-Elisea et al., 1996).

Por sua vez, a transferência de plantas de uma condição de temperatura para outra durante os primórdios do rompimento das gemas, resulta na formação de gemas vegetativas

ou reprodutivas dependendo, entretanto, da seqüência das mudanças de temperatura (Davenport & Núñez-Elisea, 1997). No Brasil, na região do Vale do Rio São Francisco, tem sido observado que temperaturas dia/noite de 30°C/25°C, estimulam o crescimento vegetativo, enquanto a combinação 28°C/18°C que ocorre com mais freqüência entre os meses de maio a agosto promove intensa floração em mangueiras. Ao que parece, a combinação adequada da temperatura dia/noite para a floração de mangueira é função da sua adaptação às condições ambientais de cada região.

A frutificação e o pegamento dos frutos também são afetados pela temperatura. Temperaturas inferiores a 10°C ou superiores a 33°C prejudicam a formação do grão de pólen, reduzindo em cerca de 50% sua viabilidade (Issarakraisilia & Considine, 1994). Temperaturas noturnas, menores do que 12°C no período da fecundação, provocam altas taxas de partenocarpia (frutos que se desenvolvem sem o embrião), originando frutos pequenos e sem valor comercial. Temperaturas diurnas muito elevadas, acima de 44°C, também podem provocar partenocarpia (Lakshminarayana & Aguilar, 1975). A cultivar poliembriônica Kensington apresenta, geralmente, uma maior incidência de frutos partenocárpicos sob condições de baixa temperatura, comparada com cultivares monoembriônicas, como a Tommy Atkins, Irwin e Kent (Whiley, 1992, citado por Schaffer et al, 1994).

## Água

Cerca de 80% a 90% da massa dos tecidos dos vegetais é composta de água. Grande parte dessa água localiza-se nas células vegetais, onde constitui-se em meio ideal para a ocorrência das reações bioquímicas. Além disso, a água apresenta-se como veículo para o transporte de moléculas orgânicas e inorgânicas. Pelas suas propriedades físico-químicas, a água protege a planta das flutuações rápidas de temperatura, constituindo-se em meio eficiente de refrigeração das folhas através da transpiração.

## Umidade do Ar

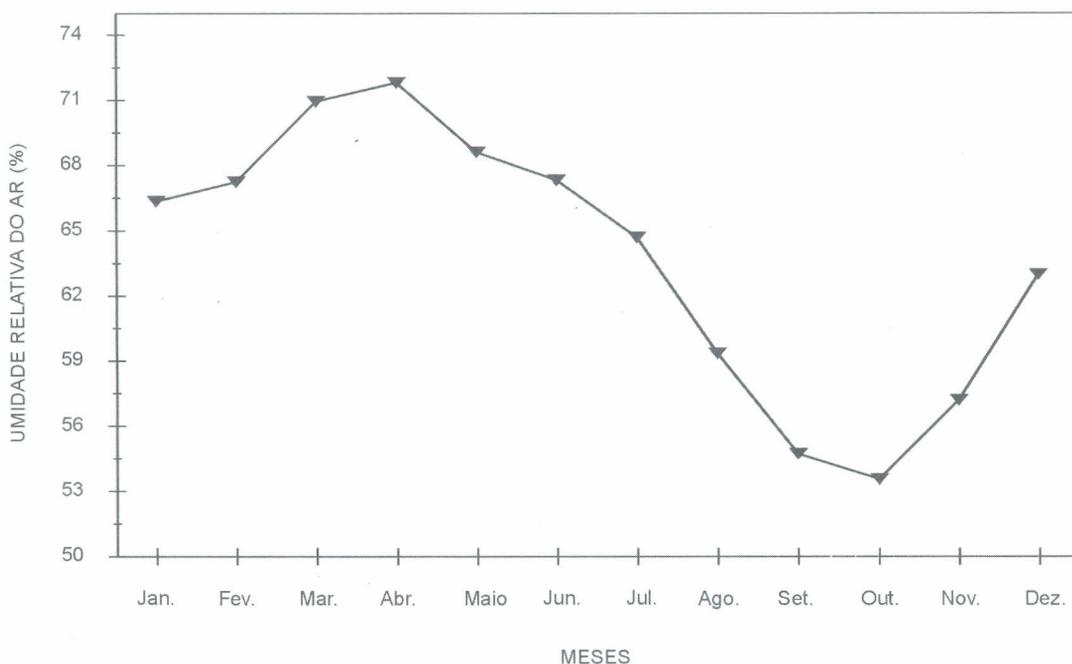
A umidade do ar durante o ciclo da cultura da mangueira é muito importante, por favorecer o surgimento de doenças fúngicas. Quando altos valores de umidade relativa estão associados a temperaturas elevadas, ocorre uma maior incidência de doenças fúngicas, provocando danos econômicos, podendo, inclusive, inviabilizar a produção comercial de frutos. A umidade do ar também é importante no processo de evapotranspiração. A diferença entre a pressão do vapor d'água, entre a cultura e o ar vizinho, é um fator determinante para esse processo. Assim, cultivos bem irrigados em regiões áridas consomem grandes quantidades de água, em virtude da abundância de energia solar e do poder dissecante da atmosfera. Em regiões úmidas, a elevada umidade do ar reduz a demanda evapotranspiratória. Em tais circunstâncias, o ar encontra-se próximo ao ponto de saturação, causando, portanto, um menor consumo hídrico da cultura do que nas regiões áridas (Allen et al., 1998).

Embora a manga seja cultivada nos trópicos e subtropicais, em áreas onde ocorrem situações de alta e baixa umidade, existem poucos trabalhos para verificar o efeito da umidade relativa do ar ou déficit de pressão de vapor sobre a fisiologia e crescimento da mangueira. A maioria das informações referem-se às respostas em termos de trocas gasosas ou efeitos indiretos da umidade relativa do ar sobre a floração e frutificação, causados por doenças.

Pongsomboon et al. (1992), detectaram que a condutância estomática de mangueiras cultivadas em vasos correlacionou-se inversamente ao déficit de pressão de vapor sob condições de baixa (15°C dia/10°C noite) e alta temperaturas (30°C dia/ 20°C noite). Sob condições similares de déficit de pressão, a condutância estomática e fotossíntese foram

maiores, quando as plantas foram expostas ao regime de 30°C/20°C, sugerindo influência diferenciada da temperatura e déficit de pressão de vapor sobre esses processos fisiológicos.

Na região do Vale do São Francisco, os meses mais úmidos correspondem àqueles do período chuvoso. Nesse período, no perímetro irrigado de Bebedouro (Petrolina, PE), a umidade relativa varia em média de 66% a 71,5%. Valores menores, abaixo de 55%, acontecem nos meses de setembro e outubro, coincidindo com os meses mais quentes do ano. Nessa região, o mês mais úmido é o de abril, que corresponde ao fim do período chuvoso, e, o mais seco, é o de outubro, correspondendo ao final do período seco (Fig. 3).



**Fig. 3.** Variação média anual da umidade relativa do ar, no perímetro irrigado de Bebedouro, em Petrolina, PE.

## Umidade do Solo

Embora a mangueira seja considerada uma planta bastante resistente à seca, alguns estudos têm demonstrado que ela apresenta maior crescimento vegetativo, maior retenção de frutos e, conseqüentemente, maior produtividade sob condições de irrigação. A água no solo afeta o crescimento da parte aérea e do sistema radicular, ou seja, à medida que se reduz a sua disponibilidade, diminui sensivelmente o crescimento da planta, sendo as raízes menos afetadas que as brotações da parte aérea (Soares & Costa, 1995; Castro Neto, 1995).

A tolerância à seca da mangueira é enfatizada por aspectos peculiares da sua fisiologia, em relação ao seu comportamento hídrico. Fatores como sistema radicular profundo, raízes superficiais resistentes ao dessecamento e sistemas de canais de látex, conferem à mangueira capacidade de sobrevivência em ambientes de extrema deficiência hídrica, alta demanda evapotranspiratória por períodos prolongados, como ocorre nas regiões tropicais. (Whiley & Schaffer, 1997).

De acordo com Kramer (1983), plantas com canais lactíferos têm sido consideradas tolerantes à seca, pela manutenção do turgor celular sob condições de deficiência hídrica. Acredita-se que o látex esteja provavelmente envolvido na mediação do balanço hídrico interno da mangueira. Estudos realizados na Embrapa Semi-Árido sobre o comportamento hídrico da cultivar Tommy Atkins sob condições de irrigação, mostraram que o potencial

hídrico das folhas atingiu -0.5 MPa logo no início do dia, decrescendo até o valor mínimo de -1,26 às 14h. A recuperação hídrica foi observada às 18h, quando os valores de potencial hídrico atingiram em torno de -0,45 MPa. Já o potencial osmótico situou-se em torno de -1,6 MPa no início da manhã, com pequenas variações durante as horas mais quentes, permanecendo, em torno desse patamar até o final do dia. As diferenças entre os potenciais hídrico e osmótico foram responsáveis pela manutenção do turgor celular, que alcançou pressão de 1,1 MPa no início da manhã e mínima de 0,45 MPa às 16h. Às 18h essa variável atingiu 1,2 MPa, sugerindo que a mangueira possui rápida recuperação do seu balanço hídrico interno, quando a disponibilidade de água do solo não for um fator limitante.

## Estresse Hídrico

O termo estresse hídrico indica que o conteúdo de água na planta caiu abaixo do valor ótimo causando distúrbios metabólicos. Esse fenômeno pode ser estudado por meio de observações do potencial hídrico da planta. Essa variável pode ser monitorada nas folhas, com auxílio de uma câmara de pressão, utilizando-se a metodologia sugerida por Lima Filho (2000), 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.

De acordo com Pongsomboon (1991a), também citado por Whiley & Schaffer (1997), a perda de turgescência de folhas novas da cultivar Kensington ocorre quando o potencial hídrico das folhas atinge -1,2 MPa. Entretanto, em folhas maduras, esse fenômeno é notado quando o potencial hídrico alcança -1,75 MPa. O murchamento irreversível das folhas ocorre quando essa variável atinge -3,5 MPa.

## Floração

O estresse hídrico tem sido considerado por alguns autores como um dos fatores de indução floral da mangueira (Whiley, 1993; Núñez-Elisea & Davenport, 1994; Schaffer et al., 1994). Na realidade, algumas cultivares de manga, especialmente quando plantadas nos trópicos de baixa latitude, iniciam o desenvolvimento de gemas reprodutivas após exposição a períodos longos de estresse hídrico (Pongsomboon et al., 1991). Entretanto, cultivares monoembriônicas plantadas em vasos, sob condições controladas (27°C dia/22°C noite), submetidas a 14 dias de estresse hídrico, atingiram um potencial hídrico de -3,9 MPa (Davenport, 1992). Após a irrigação, observou-se apenas o lançamento de gemas vegetativas. Resultados semelhantes foram obtidos por Núñez-Elisea & Davenport, (1994). Segundo esses autores, a aplicação do estresse hídrico sob condições de temperaturas noturnas abaixo de 15°C não aumentou a proporção de gemas reprodutivas, em comparação com o tratamento irrigado, provocando, entretanto, iniciação rápida na brotação das gemas. Tais resultados sugerem que baixas temperaturas proporcionaram as condições necessárias para a indução, enquanto a reirrigação, nessas condições, acelerou o lançamento das gemas.

De acordo com Davenport & Núñez-Elisea (1997), o principal impacto do estresse hídrico na mangueira é o de conter os fluxos vegetativos. A idade acumulada dos ramos é maior nas árvores estressadas que naquelas sob condições ótimas de disponibilidade de água no solo, quando ocorrem lançamentos vegetativos mais freqüentes. O atraso na brotação das gemas, causado pelo estresse hídrico, pode aumentar o tempo para acumulação do estímulo floral (Schaffer et al., 1994).

## Frutificação

Embora a mangueira seja considerada uma planta tolerante à seca, a ocorrência de uma deficiência hídrica durante o ciclo reprodutivo poderá causar sérios problemas à produção e qualidade dos frutos. Por exemplo, plantas da cultivar Irwin submetidas durante 60 dias a níveis de umidade do solo que proporcionaram valores de potencial hídrico de -0,3 MPa

(sem estresse) e -1,12 MPa (estresse), obtidos no início da manhã, apresentaram um percentual de queda de frutos semelhante. Após 30 dias, as plantas estressadas retiveram 4% da carga inicial de frutos, enquanto as plantas conduzidas sob condições ótimas de umidade de solo, apresentaram um índice de 8%. Durante esse período, a taxa de crescimento dos frutos foi duas vezes maior, culminando com um aumento de 20% no tamanho final, em relação às plantas estressadas ( Whiley & Schaffer, 1997).

Larson et al, (1989), submetem mangueiras da cultivar Tommy Atkins a diferentes regimes de irrigação (7 dias, 14 dias e estresse hídrico), a partir do início da frutificação. As plantas submetidas ao intervalo de 7 dias apresentaram frutos maiores e maior produtividade. Esses resultados demonstram que, a irrigação da mangueira, principalmente durante as 4-6 semanas após o início da frutificação, provocou um aumento na produção e tamanho dos frutos. Esse período é considerado crítico em razão da ocorrência de rápida divisão celular. Nesse momento, mesmo pequenas reduções na umidade do solo causam efeitos negativos sobre o crescimento e retenção dos frutos.

## Conclusão

Neste capítulo foram apresentados e discutidos os efeitos dos vários fatores ambientais sobre a fisiologia da mangueira. Grande parte dos resultados apresentados foram gerados a partir de experimentos realizados com diferentes cultivares, sob condições de laboratório, em função do efeito do grande número de interações entre esses fatores e os processos fisiológicos. A grande vantagem de tais estudos é o controle dos fatores ambientais, que possibilita o entendimento das respostas fisiológicas das plantas, proporcionando o estabelecimento de teorias sobre os aspectos discutidos neste capítulo.

Por sua vez, os resultados apresentados a partir de experimentos realizados em campo foram obtidos em trabalhos desenvolvidos sob condições ambientais diferentes às observadas na região semi-árida do Nordeste brasileiro, maior pólo produtor de manga do País. Apesar dessa região apresentar características climáticas favoráveis ao cultivo da mangueira, as respostas fisiológicas dessa fruteira às variações ambientais têm sido pouco documentadas. Por exemplo, existe a necessidade de estudos relativos ao efeito da temperatura versus manejo de água sobre a maturação dos frutos e determinação do ponto de colheita ideal, objetivando minimizar as perdas pós-colheita e satisfazer os mercados consumidores. Esses trabalhos são de suma importância para o sucesso do agronegócio na região.

## Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO. 1998: 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BATTEN, D.J.; MCCONCHIE, C.A. Floral induction in growing buds of lychee (*Litchi chinensis*) and mango (*Mangifera indica*). **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 22, p.783-791, 1995.
- CASTRO NETO, M.T. de. Aspectos fisiológicos da mangueira sob condições irrigadas. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Petrolina, PE). **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. Brasília: Embrapa-SPI, 1995. p.83-99.
- CHACKO, E.K. Physiology of vegetative and reproductive growth in mango (*Mangifera indica* L.) trees. In: AUSTRALIAN MANGO WORKSHOP, 1., 1986, Cairns, Queensland **Pocceedings...** Melbourne: CISRO, 1986. p.54.

CHAIKIATTIYOS, S.; MENZEL, C.M.; RASMUSSEN, T.S. Floral induction of tropical fruit trees: effects of temperature and water-supply. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.69, p.397-415, 1994.

DAVENPORT, T.L. Beneficial effects of water stress. In: DAVENPORT, T.L.; HARRINGTON, H.M. (Ed.). **Plant stress in tropical environment**. Gainesville, Florida, USDA/CSRS/CBAG, 1992. p.16-20

DAVENPORT, T.L.; NÚÑEZ-ELISEA, R. Reproductive physiology. In: LITZ, R.E., (Ed.) **The mango: botany, production and uses**. Florida: CAB International, 1997. Cap.4, p. 69-146.

ISSARAKRAISILA, M.; CONSIDINE, J.A. Effects of temperature on microsporogenesis and pollen viability in mango cv. "Kensington". **Annals of Botany**, London, v.773, p.331-234, 1994.

ISSARAKRAISILA, M.; CONSIDINE, J.A.; TURNER, D.W. Pattern of vegetative and reproductive growth of mango trees in a warm temperature region of Western Austrália. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.291, p.188-197, 1991.

KNIGHT, R. J.; SCHNELL, R.J. Florida's genetic contribution to the mango industry. **Acta Horticulturae**, v.314 , p.125, 1993.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J.; PALLARDDY, S.G. **The physiological ecology of woody plants**. New York: Academic Press, 1991.

KRAMER, P.J. Water relations of plants. London: Academic Press, 1983.

LARSON, K. D.; SCHAFFER, B.; DAVIS, F.S. Effect of irrigation on leaf water potential, growth and yield of mango trees. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v.102, p.226-228, 1989.

LAKSHMINARAYANA, S.; AGUILAR, P.H. Effect of orchard heating in reducing parthenocarpic fruits in "Haden" mango. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v.88, p.502-505, 1975.

LIMA FILHO, J.M.P. Determinação do potencial hídrico da mangueira utilizando-se a câmara de pressão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000; CD-ROM.

NÚÑEZ-ELISEA, R.; DAVENPORT, T.L. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.58, p.57-66, 1994.

NÚÑEZ-ELISEA, R.; DAVENPORT, T.L. Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.62, p.63-73, 1995.

NÚÑEZ-ELISEA, R.; DAVENPORT, T.L.; CALDEIRA, M.L. Control of bud morphogenesis in mango (*Mangifera indica* L.) by girdling defoliation and temperature modification. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 71, p.25-40, 1996.

PONGSOOMBOOM, W.; STEPHENSON, R.A.; WHILEY, A.W.; SUBHADRABANDU, S. Development of water stress in juvenily mango (*Mangifera indica* L.) trees. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 321, p. 496-503, 1991.

PONGSOOMBOOM, W.; WHILEY, A.W.; STEPHENSON, R.A.; SUBHADRABANDU, S. Effect of air temperature, on diurnal variation of water potencial, conductance and CO<sub>2</sub> assimilation of mango. (*Mangifera indica* L.). leaves. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 321, p.421-472, 1992.

SCHAFFER, B.; ADERSON, P.C.; CRANE, J.H. Mango. In: SCHAFFER, B.; ANDERSON, P.C. (Ed) **Handbook of environmental physiology of fruit crops: sub-tropical and tropical crops**. Boca Raton: CRC Press, 1994. v.2, p.165-197.

SINGH, L. B., **Mango**. In: ALVIM, P. de T.; KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) *Ecophysiology of Tropical Crops*. New York: Academic Press New York, 1977. 479p.

SOARES, J.M.; COSTA, F.F. de. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Petrolina, PE). **Irrigação**. Brasília: Embrapa-SPI, 1995. p.43-80.

TEIXEIRA, A. H. de C; AZEVEDO, P. V. de. Potencial agroclimático do Estado de Pernambuco para o cultivo da acerola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, n.1, p.105-113, 1994.

WHILEY, A. W., Crop management – a review. In: AUSTRALIAN MANGO WORKSHOP, 1., 1986, Cairns, Queensland. **Proceedings...** Melbourne: CSIRO, 1986. p.184.

WHILEY, A. W. Environmental effects on phenology and physiology of mango – A review. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.341, p.168-176, 1993.

WHILEY, A.W.; SCHAFFER, B. Stress physiology. In: LITZ, R.E. (Ed.). **The mango: botany, production and uses**. Florida: CAB International, 1997. Cap.5, p. 147-173.

WHILEY, A.W.; RASMUSSEN, T.S.; SARAHAH, J.B.; WOLSTENHOLME, B.N. Effect of temperature on growth dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.64, p.753-765, 1989.

WHILEY, A.W.; RASMUSSEN, T.S.; WOLSTENHOLME, B.N; SARAHAH, J.B.; CULL, B.W. Interpretation of growth responses of some mango cultivars grown under controlled temperature. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.291, p.22-31, 1991.