



NECESSIDADE TÉRMICA DE MANGUEIRAS NO NORDESTE PARAENSE

Wylker Cruz Castro¹, Juliana Chagas Rodrigues², Adriano Marlisom Leão de Sousa³

RESUMO

O objetivo deste estudo foi estimar a necessidade térmica de mangueiras ‘Tommy Atkins’, durante as fases fenológicas do período reprodutivo, no nordeste do Estado do Pará. Foi realizado o monitoramento de variáveis meteorológicas e o acompanhamento fenológico, em um pomar de mangueiras, no município de Salinópolis, Pará, durante a safra 2015/2016, que ocorreu entre 26 de agosto a 24 de novembro de 2015. O acúmulo de graus dias foi realizado por meio de três métodos distintos. A safra 2015/2016 foi influenciada pelo El Niño, este proporcionou a redução da duração do ciclo reprodutivo (91 dias) no pomar. Não houve diferença estatística significativa entre os métodos avaliados. A necessidade térmica das mangueiras foi 1428,70 °C dia⁻¹ para o Método 1; 1427,35 °C dia⁻¹ para o Método 2 e 1418,98 °C dia⁻¹ para o Método 3. Para o ciclo reprodutivo variou entre 1418,98 °C dia⁻¹ e 1428,70 °C dia⁻¹. Para as fases fenológicas, a necessidade térmica foi 333,92 °C dia⁻¹, para floração; variaram de 847,45 °C dia⁻¹ e 851,99 °C dia⁻¹, para o desenvolvimento; e de 237,61 °C dia⁻¹ e 242,80 °C dia⁻¹, para a maturação. O Método 1 teve maior acúmulo de graus dias, enquanto que o Método 3, teve o menor acúmulo, no entanto, apresentou os resultados mais reais, pois preconiza as limitações impostas pela temperatura ótima e as temperaturas basais inferior e superior da cultura.

Palavras-chave: graus dia, *Mangifera indica* L, temperatura do ar, Tommy Atkins

THERMAL NEED OF MANGO TREES IN THE NORTHEAST OF THE STATE OF PARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the thermal need of mango trees ‘Tommy Atkins’ during the phenological phases of the reproductive period in the northeast of the state of Pará, Brazil. It was conducted monitoring of meteorological variables and phenological monitoring in a mango orchard in the city of Salinópolis, Pará, during the season 2015/2016, which occurred

¹ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal Rural da Amazônia, e-mail: castro.wylker@hotmail.com

² Doutora em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia, e-mail: juliana_c_rodrigues@yahoo.com.br

³ Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Professor, Universidade Federal Rural da Amazônia, e-mail: marlisoms@yahoo.com.br

from August 26 and November 24, 2015. The accumulation of degrees days was accomplished through three different methods. The 2015/2016 harvest was influenced by El Niño, which reduced the duration of the reproductive cycle (91 days) in the orchard. There was no statistically significant difference between the evaluated methods. The thermal need of the mango trees was 1428.70 °C day⁻¹ for Method 1; 1427.35 °C day⁻¹ for Method 2 and 1418.98 °C day⁻¹ for Method 3. For the reproductive cycle ranged between 1418.98 °C day⁻¹ and 1428.70 °C day⁻¹. For the phenological phases, the thermal need was 333.92 °C day⁻¹, for flowering; ranged from 847.45 °C day⁻¹ and 851.99 °C day⁻¹ for development; and 237.61 °C day⁻¹ and 242.80 °C day⁻¹, for maturation. Method 1 had higher accumulation of degrees days, while method 3 had the lowest accumulation, however, it presented the most real results, since it recommends the limitations imposed by the optimum temperature and the lower and upper basal temperatures of the crop.

Keywords: degree days, *Mangifera indica* L, air temperature, Tommy Atkins

INTRODUÇÃO

O Brasil, em 2015, ocupava a terceira posição entre os maiores produtores de frutas no mundo, atrás da China e da Índia, respectivamente; produzindo mais de 41 milhões de frutas, além de contribuir com mais de 27% dos empregos brasileiros (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2016). A quantidade de manga produzida no Brasil, em 2015 foi 976.815 toneladas, com área destinada à colheita de 64.412 ha e rendimento médio de 15,19 t ha⁻¹. Sendo que os principais pólos produtores estão nas regiões nordeste e sudeste, e concentram-se nos Estados da Bahia (279.680 t) e de Pernambuco (239.423 t) (IBGE, 2016). A mangicultura é pouco expressiva no Pará, produzindo, em 2015, apenas 138 toneladas (IBGE, 2016), sendo consumidos, principalmente, pelo mercado interno.

O potencial da produção de mangueiras no Brasil esta relacionado ao elevado potencial econômico da cultura e sua larga adaptação às condições edafoclimáticas. Porém, a produção é um fator dependente dos elementos meteorológicos, como a quantidade e distribuição da radiação solar, velocidade do vento, precipitação pluvial e temperatura e umidade do ar no ciclo diurno e durante o ano (TEIXEIRA; LIMA FILHO, 2002).

Dentre os elementos meteorológicos, a temperatura do ar é uma das principais variáveis que afetam o desenvolvimento vegetal e reprodutivo das plantas (BRUNINI et al., 1976; MARTINS et al., 2012), principalmente, em

plantas insensíveis ao fotoperíodo, como as mangueiras (LIMA FILHO et al., 2002). Baixas temperaturas (<15 °C) aumentam a proporção de flores hermafroditas em panículas de mangueiras, enquanto que temperaturas elevadas (>33 °C) prejudicam a formação do grão de pólen, reduzindo sua viabilidade em 50% (ISSARAKRAISILA; CONSIDINE, 1994; RAMÍREZ; DAVENPORT, 2010).

A necessidade térmica determina o tempo necessário para o desenvolvimento da cultura, através do acúmulo dos graus dias para a ocorrência de fases fenológicas ou ciclo reprodutivo da planta, sendo limitada por suas temperaturas basais (OMETTO, 1981). As temperaturas basais inferior e superior representam as temperaturas mínima e máxima do ar, respectivamente, para o desenvolvimento da cultura (BRUNINI et al., 1976; OMETTO, 1981). Temperaturas do ar, fora deste intervalo promoverão o desenvolvimento reduzido ou nulo, podendo levar a planta à morte (BRUNINI et al., 1976; SOUZA et al., 2009).

O conhecimento das necessidades térmicas permite determinar de forma mais precisa, a duração dos estádios fenológicos das mangueiras, favorecem o planejamento de tratamentos culturais, como a melhor época para indução floral, poda e colheita, assim como o manejo de irrigação, proporcionando melhorias na qualidade dos frutos e aumento de produção (SANZ-CORTÉS et al., 2002; LIMA; SILVA, 2008).

Pesquisas sobre a estimativa da necessidade térmica em cultivo de fruteiras foi

realizado em vários estudos, tais como: o abacaxi (KIST et al., 2011), em Tangará da Serra, em Mato Grosso; a amora preta (SEGANTINI et al., 2014), em São Manuel, em São Paulo; o caju (MATOS et al., 2014), em Santo Antônio de Leverger, em Mato Grosso; a lima ácida (MIRANDA; CAMPELO JÚNIOR, 2010), em Colorado do Oeste, em Rondônia; a manga (RODRIGUES et al., 2013), em Salinópolis, no Pará; o morango (TAZZO et al., 2015), em Lages, em Santa Catarina; e a uva (BARROS et al., 2015), em Campo Largo, no Paraná.

Considerando a importância das mangueiras no cenário nacional e a incipiência de estudos agrometeorológicos sobre a cultura,

na região amazônica, este estudo teve como objetivo estimar a necessidade térmica de mangueiras ‘Tommy Atkins’, durante as fases fenológicas do período reprodutivo, no nordeste do Estado do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um pomar de mangueiras variedade Tommy Atkins, localizado no Sítio Experimental de Cuiarana, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no município de Salinópolis, nordeste do Estado do Pará, Brasil (Figura 1).

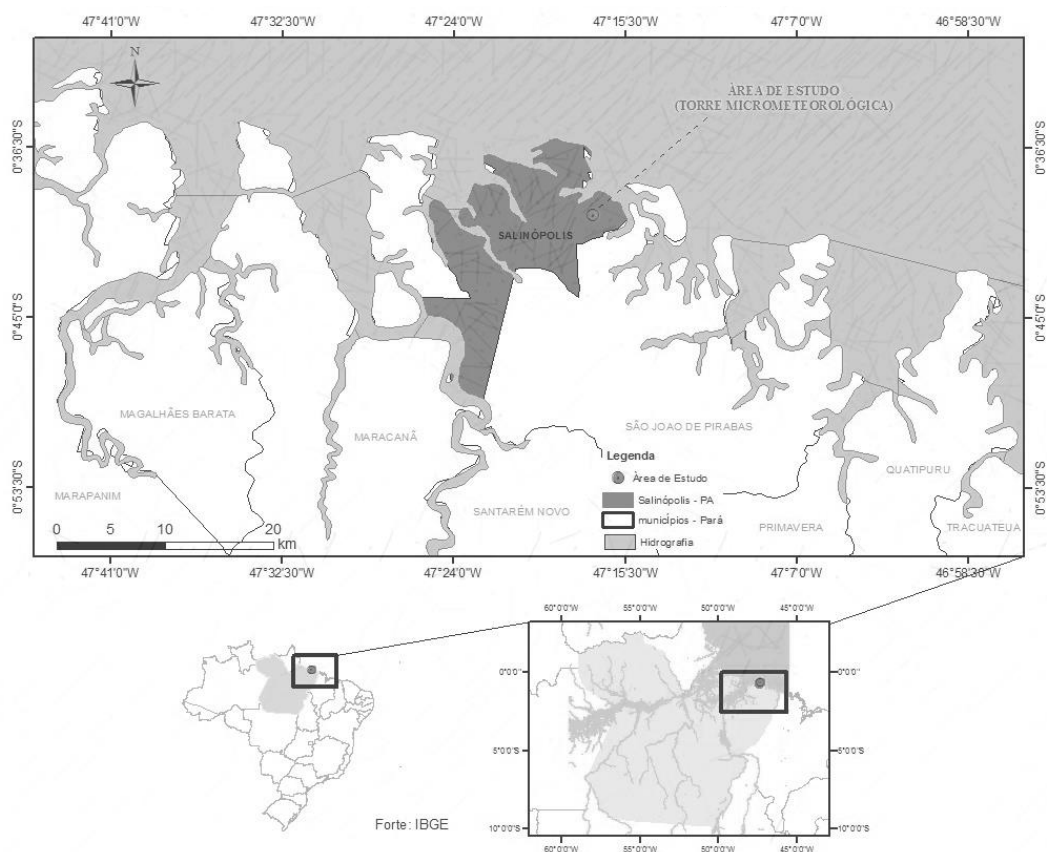


Figura 1. Localização da área de estudo

O solo da área estudada foi classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013). A classificação climática é do subtipo “Am”, conforme Köppen, tipo tropical chuvoso com pequeno período de estiagem (ALVARES et al., 2013). A região apresenta umidade relativa e temperatura do ar médias de 82,5% e 27 °C, respectivamente; insolação e velocidade dos

ventos médias de 2.100 h e 1,75 m s⁻¹, nesta ordem, e com chuvas concentradas nos seis primeiros meses do ano, totalizando a média anual de 2750 mm (RAMOS et al., 2009).

O pomar de mangueiras foi implantado em 1993. Este possui espaçamento 10 x 10 m (100 plantas ha⁻¹). Desde 2003, a área foi doada à UFRA que passou a fazer os tratamentos inerentes à

cultura da mangueira, como poda, calagem e adubação. Atualmente, o pomar de mangueiras possui área total de 25 ha, cultivados em sistema não irrigado. A produtividade média do pomar é 15,66 t ha⁻¹ (RODRIGUES et al., 2013).

No pomar de mangueiras foi delimitada uma área de um hectare cujo centro tinha as seguintes coordenadas geográficas: 00°39'50,50"S e 47°17'04,10"W; para a realização das coletas de dados meteorológicos e acompanhamento fenológico. No centro desta área foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica com 10 m de altura, e bordadura superior à razão 1:100 na direção predominante do vento (de nordeste), de modo que evite a interferência dos efeitos advectivos nas medidas realizadas no pomar (GAVILAÁN; BERENGENA, 2007).

As temperaturas do ar foram mensuradas por um termo higrômetro (HMP155A, *Campbell Scientific*) instalado a 2,0 m de altura da copa das mangueiras; e a precipitação foi medida por um pluviômetro (TB4, *Campbell Scientific*), instalado a 10,5 m de altura do solo, com ambos os sensores localizados na torre micrometeorológica. Os sensores estavam conectados a um datalogger (CR1000, *Campbell Scientific*), os quais realizavam leituras a cada 10 segundos e gravação das médias e totais a cada 10 minutos. O período utilizado para as coletas de dados meteorológicos e monitoramento fenológico compreendeu os meses de agosto a novembro de 2015. O acompanhamento fenológico foi realizado em 20 plantas conforme metodologia adaptada de Rodrigues et al. (2013), contemplando as fases de floração, desenvolvimento (queda e formação) e maturação de frutos. O início da floração foi considerado o dia zero do ciclo reprodutivo, contabilizando os dias após a floração (DAF) para o início de cada subfase.

A necessidade térmica do ciclo reprodutivo da mangueira foi obtida conforme os casos descritos abaixo, atendendo as condições apresentadas (GILMORE; ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960).

Método 1: Utilizou a Equação 1 nas condições: $T_m < T_b$, então $T_m = T_b$.

$$GD = T_m - T_b \quad (1)$$

Método 2: Aplicou a Equação 1 na situação: $T_m < T_b$, então $T_m = T_b$ e se $T_m > T_o$ então $T_m = T_o$.

Método 3: Utilizou a Equação 1 nas condições: $T_b < T_m \leq T_o$; e a Equação 2 para as seguintes situações: $T_o < T_m < T_b$

$$GD = \frac{(T_o - T_b) * (T_b - T_m)}{(T_b - T_o)} \quad (2)$$

Em que GD é o acúmulo diário de graus dia (°C dia⁻¹); T_m é a temperatura média do ar (°C), calculada pela média aritmética entre as temperaturas mínimas e máximas diárias do ar; T_b é a temperatura basal inferior da cultura; T_o é a temperatura ótima da cultura; e T_b é a temperatura basal superior da cultura. A T_b e T_b utilizadas foram 13 °C e 32 °C (RODRIGUES et al., 2013), respectivamente, na mesma área do presente estudo, e a temperatura ótima foi 29,36 °C (CALLEJAS et al., 2014). A somatória foi obtida por fase fenológica e o acumulado do ciclo reprodutivo das mangueiras.

Durante as análises foi utilizada a estatística descritiva através do uso de médias aritméticas e desvios padrão das variáveis avaliadas. Os graus dias acumulados em cada subperíodo fenológico para cada método e entre os métodos foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Constatada a normalidade dos dados, estes foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas através do software Assistat 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o ciclo reprodutivo da mangueira, a umidade relativa (UR) do ar foi de 75,71±0,20%, tendo médias registradas durante o estágio de floração, desenvolvimento e maturação de 77,00±0,53%, 75,25±0,21% e 75,46±0,40%, respectivamente (Figura 2). Os valores máximos médios diários foram obtidos durante a floração (80,41%), enquanto que os valores mínimos foram registrados durante o desenvolvimento (72,24%).

NECESSIDADE TÉRMICA DE MANGUEIRAS NO NORDESTE PARAENSE

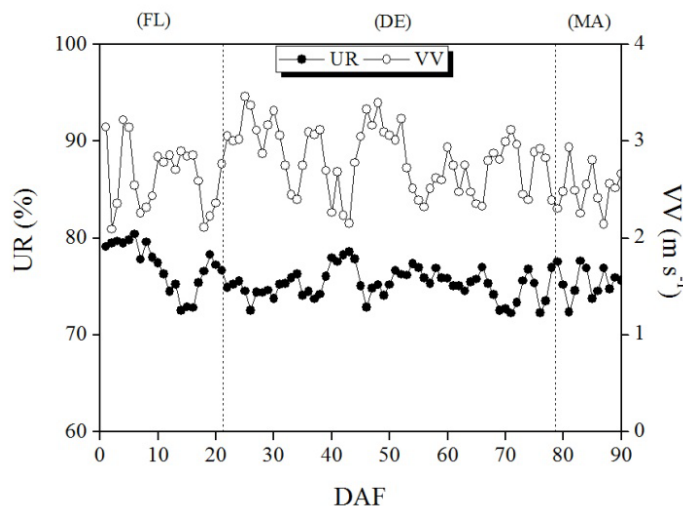


Figura 2. Valores médios da umidade relativa do ar (UR) e da velocidade do vento (VV) durante a safra 2015/2016 em função dos dias após a floração (DAF). As fases fenológicas são representadas pelas siglas: (FL) floração, (DE) desenvolvimento e (MA) maturação de frutos, em pomar de mangueiras var. Tommy Atkins, Salinópolis, Pará.

A velocidade do vento (VV) média foi de $2,73 \pm 0,04 \text{ m s}^{-1}$, enquanto que para as fases fenológicas de floração, desenvolvimento e maturação, as médias registradas foram $2,65 \pm 0,04 \text{ m s}^{-1}$; $2,82 \pm 0,04 \text{ m s}^{-1}$; e $2,53 \pm 0,02 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente (Figura 2). O mínimo foi registrado no estágio de floração, $2,09 \text{ m s}^{-1}$, e o máximo, no desenvolvimento, $3,46 \text{ m s}^{-1}$.

O total de chuva (Prp) foi muito pequeno, acumulando apenas 1,0 mm, em uma precipitação ocorrida durante o desenvolvimento dos frutos (Figura 3). Rodrigues et al. (2013) nesta mesma área, encontrou o acumulado de 104,65 mm, em 2010; e no ano seguinte, 120,14 mm. Os anos de 2010 e 2011 foram anos climáticos normais

(NOAA, 2016). A pouca precipitação nesta região deveu-se a ocorrência do fenômeno atmosférico-oceânico El Niño (2015-2016), este altera os padrões do vento, que por sua vez impedem a formação das nuvens, diminuindo a ocorrência de precipitações pluviais (LI et al., 2011). A diminuição das chuvas, possivelmente, proporcionou o estresse hídrico às plantas, pois o pomar é cultivado em sistema não irrigado. Além disso, este fato ocorreu durante o período reprodutivo das mangueiras que é o de maior demanda hídrica (COELHO et al., 2008). Para suprir as necessidades hídricas, as plantas, com 23 anos, podem ter desenvolvido o sistema radicular e alcançado grandes profundidades e atingido o lençol freático (hipótese não testada).

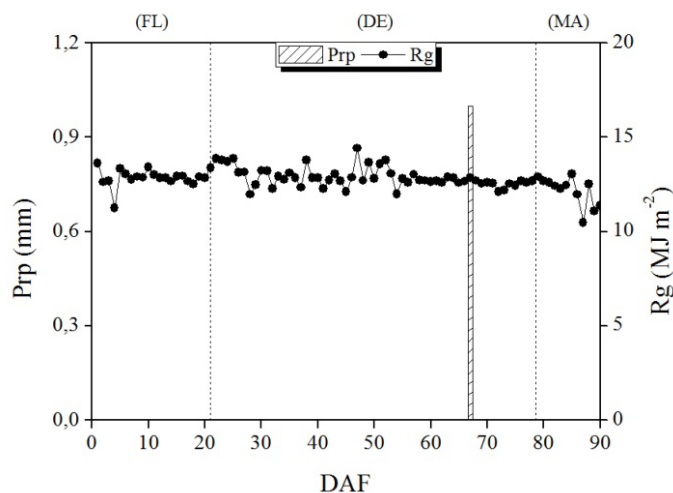


Figura 3. Valores médios da precipitação (Prp) e da radiação solar global incidente (Rg) durante a safra 2015/2016 em função dos dias após a floração (DAF). As fases fenológicas são representadas pelas siglas: (FL) floração, (DE) desenvolvimento e (MA) maturação de frutos, em pomar de mangueiras var. Tommy Atkins, Salinópolis, Pará.

A radiação solar global incidente (Rg) diária média foi de $12,75 \pm 0,06 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 3). Durante a floração foi registrado o valor médio de $12,9 \pm 0,11 \text{ MJ m}^{-2}$, $12,85 \pm 0,07 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, no desenvolvimento e $12,18 \pm 0,19 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, na maturação de frutos. A Rg mínima foi $10,48 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, na maturação, e

a máxima de $13,86 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, na floração.

A temperatura do ar (T) apresentou médias de $27,41 \pm 0,21 \text{ }^\circ\text{C}$ na floração, $27,76 \pm 0,23 \text{ }^\circ\text{C}$ no desenvolvimento e $28,15 \pm 0,15 \text{ }^\circ\text{C}$ na maturação dos frutos, enquanto que a média para todo o ciclo reprodutivo foi $27,74 \pm 0,32 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 4).

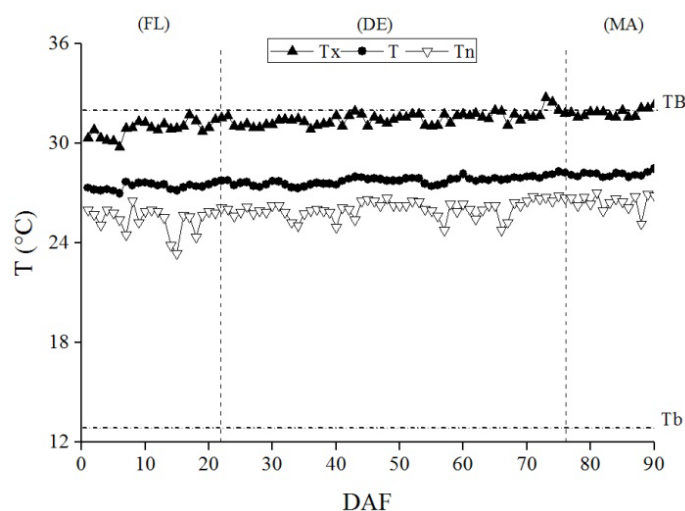


Figura 4. Temperaturas máximas (Tx), médias (T) e mínimas (Tn) durante a safra 2015/2016 em função dos dias após a floração (DAF). As linhas indicam a temperatura basal superior (TB) e inferior (Tb) da cultura. As fases fenológicas são representadas pelas siglas: (FL) floração, (DE) desenvolvimento e (MA) maturação de frutos, em um pomar de mangueiras var. Tommy Atkins, Salinópolis, Pará.

A temperatura máxima média diária do ar foi obtida na maturação dos frutos, $28,47 \text{ }^\circ\text{C}$, e a mínima média diária do ar foi registrada durante floração, $27,00 \text{ }^\circ\text{C}$. Durante esta safra foram registradas temperaturas do ar elevadas, pois este fator teve relação direta na duração do ciclo reprodutivo. Rodrigues et al. (2011), em estudos realizados no mesmo pomar durante a safra 2010/2011, confirmaram a relação entre a temperatura do ar e o desenvolvimento dos frutos, pois constataram que os aumentos de temperatura na ordem de $1,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $3,0 \text{ }^\circ\text{C}$ e $5,8 \text{ }^\circ\text{C}$ alteram o ciclo reprodutivo da mangueira em, aproximadamente, 101, 91 e 80 dias, respectivamente. A elevação na temperatura do ar provoca alterações no período reprodutivo, na fotossíntese e na respiração das plantas (FAGUNDES et al., 2010).

A temperatura mínima absoluta foi $23,36 \text{ }^\circ\text{C}$, registrada durante a floração, sendo as temperaturas mínimas absolutas obtidas nos estádios de desenvolvimento e maturação foram $24,78 \text{ }^\circ\text{C}$ e $25,16 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente. A temperatura máxima absoluta foi $32,77 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo obtida no estágio de desenvolvimento, enquanto que os valores de $31,71 \text{ }^\circ\text{C}$ e $32,34 \text{ }^\circ\text{C}$ foram registrados nos estádios de floração e maturação, nesta ordem. A faixa de temperaturas do ar onde as mangueiras apresentam crescimento e desenvolvimento ótimo encontra-se entre $24 \text{ }^\circ\text{C}$ e $30,0 \text{ }^\circ\text{C}$ (SCHAFFER et al., 1994). Todas as temperaturas médias e a maior parte das temperaturas mínimas foram registradas dentro deste intervalo (Figura 4). Não foram encontradas temperaturas do ar abaixo da Tb neste estudo.

Nesta safra foram registradas oito temperaturas do ar superiores a TB, na fase de desenvolvimento (32,01; 32,77; 32,48; e 32,01 °C) e na maturação (32,01; 32,15; 32,15; e 32,34 °C). Temperaturas elevadas podem prejudicar o crescimento, o desenvolvimento e a produção das mangueiras (CUNHA, 2000).

Na safra 2015/2016, o ciclo reprodutivo da mangueira teve menor duração, 91 dias; este resultado foi inferior aos encontrados por Moraes et al. (2002), 96 dias, Lucena et al. (2007), 98 dias, ambos na região nordeste do Brasil, e Rodrigues et al. (2013), 110 dias, na mesma área de estudo, estes determinaram os dias necessários para a manga variedade Tommy Atkins atingir a maturação fisiológica desde o florescimento até a maturação.

O tempo de maturação das mangas é influenciado pela temperatura do ar. A elevação desta temperatura promove o aumento da respiração do tecido vegetal, provocando a instabilidade das membranas responsáveis pelo transporte de elétrons, eliminando o suprimento do poder redutor, e causando a diminuição da fotossíntese. Contudo, o aumento na temperatura do ar é consequência da elevada concentração de CO₂ na atmosfera, e a mangueira, planta com metabolismo C₃, possui alta taxa de aproveitamento de CO₂ nos processos fotossintéticos, sendo eficiente no uso

da radiação solar com temperatura constante, apresentando baixas taxas de fotorrespiração (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A redução na duração do ciclo reprodutivo das mangueiras pode ter sido afetada pelos efeitos El Niño (2015/2016), pois este diminui a formação de nuvens e, por consequência, reduz as barreiras que limitariam a entrada da radiação solar, proporcionando a elevação da temperatura do ar (LI et al., 2011; NOAA, 2016). O ciclo reprodutivo das mangueiras dura entre 100 a 150 dias, variando conforme a região de produção (ALBUQUERQUE; MOUCO, 2000). Entretanto, nas regiões onde as temperaturas ao ar são mais elevadas, é possível a ocorrência da precocidade na colheita dos frutos (CUNHA et al., 2002).

A floração ocorreu em 22 dias, iniciando em 26 de agosto e finalizando em 16 de setembro. O desenvolvimento teve duração de 54 dias, foi de 17 de setembro a 9 de novembro. A maturação dos frutos ocorreu em 15 dias, ocorrendo entre 10 e 24 de novembro de 2015. O desenvolvimento dos frutos foi iniciado aos 22 DAF, a maturação aos 76 DAF e a colheita aos 90 DAF.

A necessidade térmica necessária desde a floração até a colheita dos frutos das mangueiras varia entre 1418,28 °C dia⁻¹ e 1428,70 °C dia⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1. Necessidade térmica média e total, obtida por três metodologias distintas (M1, M2, M3), durante as fases fenológicas do ciclo produtivo, em um pomar de mangueiras var. Tommy Atkins, Salinópolis, Pará.

Fase fenológica	M1		M2		M3	
	----- °C dia ⁻¹ -----		-----		-----	
Floração	333,92	15,18C	333,92	15,18 C	333,92	15,18B
Desenvolvimento	851,99	15,78B	851,36	15,77 B	847,45	15,69A
Maturação	242,80	16,19A	242,08	16,14 A	237,61	15,84A
Total	1428,70	15,70 A	1427,35	15,69 A	1418,98	15,59 A

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Na vertical foi realizada a análise entre as fases fenológicas e na horizontal entre os métodos, representado apenas na linha do 'Total'.

Não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre os métodos avaliados. Mesmo com as diferenças entre os métodos, as temperaturas do ar registradas estiveram no intervalo requerido pela cultura da mangueira, temperaturas basais inferior e

superior e a temperatura ótima (RODRIGUES et al., 2013; CALLEJAS et al., 2014), apresentando poucos eventos fora deste intervalo.

O Método 1 apresentou maior acúmulo de graus dias, pois representa um método cuja

limitação é apenas a temperatura basal inferior, e demonstra o incremento linear do acúmulo térmico, semelhante à metodologia de Arnold (1959). No Método 2 obteve-se a necessidade térmica limitada pela temperatura ótima, sendo que a partir dela o incremento é constante. Enquanto que no Método 3, apesar do acúmulo térmico ser menor, apresentam-se os resultados mais próximos à realidade, pois o incremento do acúmulo térmico é linearmente positivo desde a temperatura basal inferior até a temperatura ótima, e linearmente negativo da temperatura ótima até a temperatura basal superior, delimitando claramente o intervalo de temperaturas do ar onde ocorre o desenvolvimento da cultura.

Os resultados obtidos por este estudo foram superiores aos encontrados por Rodrigues et al. (2013), na mesma área de estudo, utilizando o Método 1, $1024,23\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e $1157,99\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, para as safras 2010/2011 e 2011/2012, respectivamente; e por Burondkar et al. (2000), utilizando a T_b de $17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, determinaram o acúmulo de energia para as cultivares Ratna, $866\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, e Aphonso, $701\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, na Índia. Entretanto, inferiores aos resultados obtidos por Callejas et al. (2014), que determinaram a soma térmica de $1710,36\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, desde a floração até o amadurecimento dos frutos, usando a T_b de $10,61\text{ }^{\circ}\text{C}$, para a cultivar Roxa, e por Barros et al. (2010) utilizando a T_b de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, que determinaram a soma térmica para as mangueiras Alfa, $2116,5\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, ambos os estudos foram realizados em Santo Antônio de Leverger, em Mato Grosso. Lucena et al. (2007) encontraram a necessidade térmica entre a antese e o ponto de colheita comercial, para a variedade Tommy Atkins, $1939,70\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, utilizando a T_b de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, em Petrolina, em Pernambuco.

Considerando que a maioria das literaturas citadas apresenta a T_b igual a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, este estudo fez simulação da necessidade térmica com esta T_b . Os resultados obtidos tiveram o acúmulo de energia maior que os encontrados com a T_b igual a $13\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo iguais a $1701,7\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, para o Método 1; $1700,35\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, para o Método 2; e $1690,45\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, para o Método 3. Os resultados obtidos neste estudo para a T_b

igual a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se aproximaram dos encontrados por Callejas et al. (2014).

De modo geral, os resultados determinados por este estudo foram coerentes aos conseguidos na literatura, ficando acima dos resultados obtidos nos pomares cultivados sem o uso da irrigação e abaixo dos irrigados. Além do manejo da irrigação, as distintas condições edafoclimáticas e tratos culturais, como o uso da indução floral, são fatores que preconizam os distintos valores encontrados na literatura.

A necessidade térmica necessária para a ocorrência de cada fase fenológica da mangueira e métodos avaliados são apresentados na Tabela 1. Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as fases fenológicas em cada método avaliado, com exceção do Método 3, onde as fases de desenvolvimento e maturação de frutos foram semelhantes estatisticamente, devido à particularidades do cálculo dos graus dias a partir deste método.

Os resultados obtidos neste estudo foram superiores aos encontrados por Rodrigues et al. (2013), utilizando T_b igual a $13\text{ }^{\circ}\text{C}$, na mesma área de estudo, durante as safras 2010/2011 e 2011/2012, que determinaram a necessidade térmica para a floração de $267,05\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, para o desenvolvimento de $526,9\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, e para a maturação de $194,82\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$. O acúmulo térmico foi obtido neste estudo em 22, 54 e 15 dias para as fases de floração, desenvolvimento e maturação, respectivamente. Valores inferiores aos obtidos por Rodrigues et al. (2013), que completaram as fases fenológicas em 26 dias, para a floração; 60 dias, para o desenvolvimento; e 26 dias, para a maturação. A principal diferença entre os resultados destas pesquisas está relacionada às distintas condições climáticas dos anos avaliados.

CONCLUSÕES

A necessidade térmica da mangueira durante o ciclo reprodutivo variou entre $1418,98\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e $1428,70\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$. Para as fases fenológicas, a necessidade térmica foi $333,92\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, para floração; variaram de $847,45\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e $851,99\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, para o desenvolvimento; e de

237,61 °C dia⁻¹ e 242,80°C dia⁻¹, para a maturação.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida à segunda autora. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pelo financiamento da pesquisa. À UFRA pela concessão da área de estudo

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A. S.; MOUCO, M. A. C. **Manga**: Indução floral. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. 34 p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2016**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 88 p.
- ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Journal of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 76, p. 682-692, 1960.
- ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.74, p.430-445, 1959.
- BARROS, L. B.; MARGOTI, G.; FOWLER, J. G.; MIO, L. L. M.; BIASI, L. A. Thermal requirement and phenology of different cultivars of *Vitis labrusca* on different rootstocks. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2433-2442, 2015.
- BARROS, M. P.; ZANETTI, V. B.; FRAGA, C. I. M.; NINCE, P. C. C.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; LOBO, F. A. Unidades fototérmicas e temperatura-base inferior de frutos de mangueira Alfa, na baixada cuiabana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 479-485, 2010.
- BRUNINI, O.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B.; FORNASIER, J. B.; PEDRO JUNIOR, M. J. Temperatura-base para alface cultivar "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, v. 35, n. 19, p. 213-219, 1976.
- BURONDKAR, M. M., BHINGARDE, R. T., KORE, V. N., POWAR, A. G. Estimation of heat units as maturity indices for different mango varieties in Konkan region of Maharashtra. **Acta Horticulturae**, n. 509, p. 297-299, 2000.
- CALLEJAS, I. J. A.; NEVES, G. A. R.; TAVARES, A. S.; MOURA, I. B.; LIMA, E. A. Determinação das temperaturas cardinais da manga cultivar Roxa através de simulação computacional utilizando um modelo não linear. **Ambiência**, v. 10, n. 1, p. 97-110, 2014.
- COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; SANTANA, J. A. V. Resposta da mangueira Tommy Atkins a irrigação em semiárido. **Revista Ceres**, v. 55, p. 015-020, 2008.
- CUNHA, G. A. P. Exigências edafoclimáticas. In: MATOS, A. P. **Manga**. Produção: Aspectos técnicos. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura / Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 4, p.16.
- CUNHA, G. A. P.; PINTO, A. C. Q.; FERREIRA, F. R. Origem, dispersão, taxonomia e botânica. In: GENUÍ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 2, p.31-36.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de**

classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FAGUNDES, J.D.; PAULA, G.M.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D.A. Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade de batata. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1464-1472, 2010.

GAVILAÁN, P.; BERENGENA, J. Accuracy of the Bowen ratio-energy balance method for measuring latent heat flux in a semiarid advective environment. **Irrigation Science**, v. 25, p. 127-140, 2007.

GILMORE, E. C.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v. 50, n. 10, p. 611-615, 1958.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

ISSARAKRAISILA, M.; CONSIDINE, J. A. Effects of temperature on pollen viability in mango cv. ‘Kensington’. **Annals of Botany**, v. 73, p. 231-240, 1994.

KIST, H. G. K.; RAMOS, J. D.; SANTOS, V. A.; RUFINI, J. C. M. Fenologia e escalonamento da produção do abacaxizeiro ‘Smooth Cayenne’ no Cerrado de Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 9, p. 992-997, 2011.

LI, W.; ZHANG, P.; YE, J.; LI, L.; BAKER, P. A. Impact of two different types of El Niño events on the Amazon climate and ecosystem productivity. **Journal of Plant Ecology**, v. 4, n. 1-2, p. 91-99, 2011.

LIMA, E. P.; SILVA, E. L. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 266-273, 2008.

LIMA FILHO, J. M. P.; ASSIS, J. S.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, G. A. P.;

CASTRO NETO, M. T. Ecofisiologia. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 3, p. 37-49.

LUCENA, E. M. P.; ASSIS, J. S.; ALVES, R. E.; SILVA, V. C. M.; ENÉAS FILHO, J. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas ‘Tommy Atkins’ no Vale do São Francisco, Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 096-101, 2007.

MARTINS, F. B.; REIS, D. F.; PINHEIRO, M. V. M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1975-1981, 2012.

MATOS, V. A. T.; PIVETTA, F.; PAIVA SOBRINHO, S.; TISSIANI, A. S. O.; PEREIRA, A. P. M. S.; RAMOS, F. T.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Temperaturas basais e exigência térmica para a maturação de caju. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 969-977, 2014.

MIRANDA, M. N.; CAMPELO JUNIOR, J. H. Desenvolvimento e qualidade da lima ácida Tahiti em Colorado do Oeste, RO. **Revista Ceres**, v. 57, n. 6, p. 787-794, 2010.

MORAIS, P. L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N.; ALVES, R. E. Ponto de colheita ideal de mangas ‘Tommy Atkins’ destinadas ao mercado europeu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 671-675, 2002.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1981. 425 p.

NOAA – National Weather Service: Climate prediction center. **Cold & warm episode by season**. 2016. Disponível em: <<http://www.cpc.noaa.gov/>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

RAMIREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, v. 126, p. 65-72, 2010.

- RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009. 465 p.
- RODRIGUES, J. C.; LIMA, R. T.; SOUZA, P. J. O. P.; SOUSA, A. M. L. Alterações na duração do ciclo reprodutivo da mangueira em três cenários de mudanças climáticas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 4., 2011, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa: SBMET, 2011.
- RODRIGUES, J. C.; SOUZA, P. J. O. P.; LIMA, R. T. Estimativa de temperaturas basais e exigência térmica em mangueira no nordeste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 143-150, 2013.
- SANZ-CORTÉS, F.; MARTINEZ-CALVO, J.; BADENES, M. L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; LLACER, G.; MEIER, U. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea* L.). **Annals of Applied Biology**, v. 140, n. 2, p. 151-157, 2002.
- SCHAFFER, B., WHILEY, A.W.; CRANE, J. H. Mango. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. **Environmental physiology of fruit crops: Sub-tropical and tropical crops**. v. 2. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 165-197.
- SEGANTINI, D. M.; LEONEL, S.; CUNHA, A. R.; FERRAZ, R. A.; RIPARDO, A. K. S. Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 568-575, 2014.
- SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; LEONEL, S.; ESCOBEDO, J. F. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 314-322, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIDER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TAZZO, I. F.; FAGHERAZZI, A. F.; LERIN, S.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L. Exigência térmica de duas seleções e quatro cultivares de morangueiro cultivado no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 550-558, 2015.
- TEIXEIRA, A. H. C.; LIMA FILHO, J. M. P. Clima. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 9, p. 165-189.