

TEMPERATURAS BASAIS PARA O CRESCIMENTO DE FRUTOS DE MANGUEIRA ALFA

BASAL TEMPERATURE FOR GROWTH OF FRUITS OF ALPHA MANGO

Thiago Meirelles VENTURA¹; Nadja Gomes MACHADO²; André Luiz MARTINS³;
José Holanda CAMPELO JÚNIOR¹; Francisco de Almeida LOBO¹;
Carmen Eugenia Rodriguez ORTIZ¹; Claudia Aparecida MARTINS¹

1. Professor(a), Doutor(a) Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil. thiago@ic.ufmt.br; 2. Professora, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil; 3. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi comparar um modelo de crescimento de frutos com o crescimento real dos frutos de mangaieira ‘Alfa’ medido em campo, utilizando dois valores de taxa inicial de crescimento relativo, uma estabelecida pela literatura e outra estimada para cada fruto e, estimar a temperatura base-inferior e superior para frutos de mangaieira ‘Alfa’ pela técnica de inteligência artificial, denominada de algoritmo genético. Para realizar a estimativa de crescimento, o modelo utilizado considerou os valores da taxa inicial de crescimento relativo dos frutos, massa seca (atual e máxima) e graus-dia. Neste trabalho, 06 frutos de mangaieira ‘Alfa’ foram acompanhados até a maturidade, entre agosto/2010 e janeiro/2011, com período médio de maturação de 103 dias, em um pomar não irrigado da Fazenda Experimental da UFMT, Santo Antônio do Leverger/MT. A melhor estimativa de crescimento encontrada quando comparada ao crescimento real do fruto medido em campo foi utilizando o valor de 0,0105 estabelecido para a taxa inicial de crescimento relativo de frutos de mangaieira pela literatura e os valores de 7°C para T_b e 41°C para T_B .

PALAVRAS-CHAVE: Algoritmo genético. Manga. Cerrado. Mato Grosso.

INTRODUÇÃO

A mangaieira (*Mangifera indica* L.) é uma planta da família Anacardiaceae de distribuição tropical, capaz de se desenvolver com êxito em regiões subtropicais (GALAN, 1993). Segundo Almeida et al. (2005), a mangicultura é uma das principais atividades do agronegócio frutícola do Brasil. Ela é originária da parte tropical da Ásia, com um grande número de espécies encontradas em Bornéu, Java, Sumatra (BALLY, 2006) e, na Península Malaia de onde se espalhou para outras partes do mundo, inclusive para as Américas (ANILA; VIJAYALAKSHMI, 2003).

A manga é um fruto tropical de importância econômica e cultural. Seu cultivo é considerado um dos maiores agronegócios de frutas para o mercado externo no Brasil (PINTO et al., 2004). Apesar de Mato Grosso ter condições satisfatórias de cultivo, a exploração ocorre apenas em regime extrativista, e a variedade ‘Bourbon’ é predominante, embora outras variedades estejam em testes, dentre as quais a ‘Alfa’ e a ‘Roxa’ (VALENTE et al., 1996 citado por BARROS et al., 2010). A ‘Alfa’ é uma variedade brasileira obtida pela EMBRAPA Cerrados resultante do cruzamento entre as variedades ‘Mallika’ e ‘Van Dyke’ (POMMER; BARBOSA, 2009).

O efeito das condições meteorológicas sobre a cultura da mangaieira se faz sentir com maior

intensidade no período de florescimento e de frutificação (SIMÃO, 1998). Simulações mostraram que a temperatura influencia os processos envolvidos no crescimento dos frutos por estar associada à variação diária em graus-dia, utilizada para calcular a demanda da fruta no modelo de crescimento de manga em massa seca (LÉCHAUDEL et al., 2005). A temperatura, além de agir sobre o florescimento, influencia a época de colheita, antecipando ou retardando-a (SIMÃO, 1998).

Para realizar as estimativas de crescimento, é necessário ter dados de graus-dia e temperatura base-inferior e superior. Uma técnica computacional que pode ser utilizada para realizar as estimativas de crescimento é a dos Algoritmos Genéticos (AG). Segundo Lacerda e Carvalho (1999), o AG foi inicialmente proposto por John Holland em 1975, cujo princípio é baseado na seleção natural de Charles Darwin, em que os indivíduos mais adaptados têm maior chance de sobreviver e gerar descendentes.

Michalewicz (1994) comenta que seu princípio básico consiste em fazer evoluir um conjunto de soluções iniciais para uma solução ótima. Ele inicia selecionando aleatoriamente certo número de indivíduos dentro do espaço de busca. Estes são avaliados em relação à capacidade de resolver o problema, e essa capacidade é expressa numericamente pela avaliação do indivíduo, através

de uma função objetivo. Com base nesta informação (aptidão dos indivíduos), uma nova população é formada através do uso de operadores probabilísticos de seleção. No final, o indivíduo que está mais apto a resolver o problema é considerado a solução.

Portanto, os objetivos deste trabalho foram: (i) comparar o modelo de crescimento de frutos de mangueira desenvolvido por Lescouret et al. (1998) com o crescimento real dos frutos de mangueira 'Alfa' medidos em campo, utilizando dois valores de taxa inicial de crescimento relativo, uma estabelecida em literatura (LÉCHAUDEL et al., 2005) e outra estimada para cada fruto; e (ii) estimar a temperatura base-inferior (T_b) e superior (T_B) da maga 'Alfa' pela técnica de inteligência artificial, denominada de algoritmo genético.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O trabalho foi realizado em plantas de mangueira 'Alfa' na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT (15°47'11" S; 56°04'47" O) (Figura 1), com altitude de 140 m, situada no município de Santo Antônio do Leverger – MT, distante 33 km de Cuiabá – MT (BIUDES et al., 2009). A região apresenta estação chuvosa de outubro a março e, estação seca de abril a setembro e, solo classificado como PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico gleissólico (BIUDES et al., 2009).

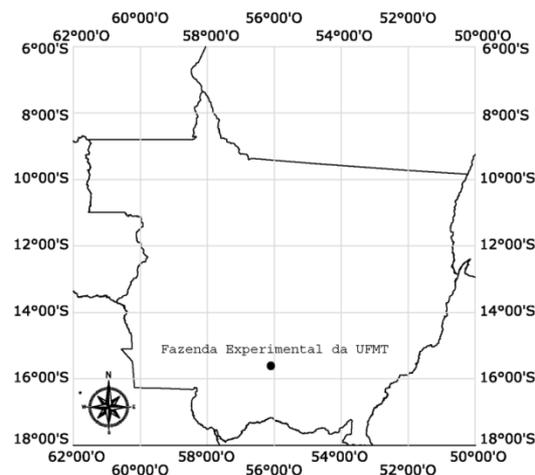


Figura 1. Localização da Fazenda Experimental da UFMT.

Medições dos diâmetros longitudinais, ventrais e dorsais dos frutos

A coleta de dados foi realizada em 03 (três) plantas de mangueira 'Alfa', cujas mudas foram transplantadas em 2003 e estão dispostas no espaçamento fixo de 6 x 8 m. A coleta de dados ocorreu entre agosto de 2010 e janeiro de 2011.

A cada semana, foram etiquetados ao acaso tantos frutos novos quantos foram encontrados, até o número máximo de 10 frutos novos de comprimento e diâmetro iguais ou inferiores a 15 mm, distribuídos entre as plantas. Foram realizadas medições dos diâmetros longitudinais, ventrais e dorsais dos frutos na planta. Os frutos marcados foram acompanhados e medidos semanalmente até o amadurecimento dos frutos. Do total de 50 frutos registrados ao longo do período, apenas 06 (seis) destes foram acompanhados até a maturidade. Os outros 44 frutos registrados não conseguiram alcançar a maturidade, sendo o principal motivo a queda por ações da natureza.

Dados diários de temperatura

Os dados diários da temperatura do ar foram obtidos por meio do registro das observações meteorológicas de rotina efetuadas na Estação Agrometeorológica Padre Ricardo Remetter, que integra a rede do 9º DISME/INMET, instalada a aproximadamente 1 km do local do pomar experimental.

Massa fresca e volume dos frutos

Para quantificar massa fresca, seca e volume, 15 frutos de tamanhos diversos foram coletados e transportados no mesmo dia da colheita para o Laboratório da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UFMT (Cuiabá-MT). A massa fresca e volume foram calculados através da fórmula do elipsóide e, em seguida, cortados para a determinação da massa seca.

A massa dos frutos foi obtida utilizando-se balança semi-analítica e os resultados foram expressos em gramas. O volume foi determinado pela fórmula da forma geométrica de um elipsóide

que é $V=4/3 \pi(a.b.c)$. Os diâmetros longitudinais (a), ventrais (b) e dorsais (c), foram medidos com paquímetro e os resultados foram utilizados para o cálculo do produto dos diâmetros, expresso em cm^3 . Para determinação da matéria seca, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a $75^\circ C$ durante quatro dias e os resultados expressos em gramas (g).

Crescimento dos frutos

Para estimar o crescimento de cada fruto foi utilizado o modelo proposto por Lescouret et al. (1998). A principal equação do modelo utilizado neste trabalho é:

$$\frac{\Delta W_f^{pot}}{\Delta dd} = RGR_f^{ini} \times W_f \times \left(1 - \frac{W_f}{W_f^{max}}\right) \times f(dd)$$

Onde:

- $\frac{\Delta W_f^{pot}}{\Delta dd}$ Crescimento potencial da fruta em graus-dia.
- RGR_f^{ini} Taxa inicial de crescimento relativo (dd^{-1})
- W_f Massa seca atual do fruto
- W_f^{max} Massa seca máxima do fruto
- $f(dd)$ Função referente ao graus-dia acumulado

Em várias etapas do modelo, o cálculo de graus-dia é fundamental para uma boa estimativa. Para calcular o valor de RGR_f^{ini} e para ser utilizado na função $f(dd)$. Para realizar o cálculo de graus-dia, foram utilizadas as equações propostas por Ometto (1981):

$T_M < T_b$: $GD = 0$
 $T_m > T_b$: $GD = (T_m - T_b) + \left(\frac{T_m - T_m}{2}\right)$
 $T_m < T_b$: $GD = \frac{(T_m - T_b)^2}{2(T_m - T_m)}$
 $T_m > T_b$ e $T_B < T_M$: $GD = \frac{2(T_m - T_m)(T_m - T_b)(T_m - T_m)^2(T_m - T_B)^2}{2(T_m - T_m)}$
 $T_m < T_b$ e $T_B < T_M$: $GD = \frac{1}{2} \left[\frac{(T_m - T_b)^2}{(T_m - T_m)} + \frac{(T_m - T_B)^2}{(T_m - T_m)} \right]$

Onde:

- GD: Graus-dia
- T_M : Temperatura máxima diária ($^\circ C$)
- T_m : Temperatura mínima diária ($^\circ C$)
- T_b : Temperatura-base inferior ($^\circ C$)
- T_B : Temperatura-base superior ($^\circ C$)

No que se refere à taxa inicial de crescimento relativo, foram utilizadas duas formas para obtê-la. A primeira forma foi realizando uma

revisão bibliográfica, onde foi encontrado o valor de 0,0115 em Léchaudel et al. (2005) para a manga. A segunda forma foi calculando essa taxa para cada fruto utilizando a equação abaixo:

$$RGR_{ini} = \frac{\ln(W_2) - \ln(W_1)}{\Delta dd}$$

Onde W_2 é a massa seca do fruto na segunda medição em campo e W_1 a massa seca na primeira medição em campo. Δdd é a contagem de graus-dia entre a primeira medição e a segunda.

Lescouret et al. (1998) descreve também qual a maneira correta de se calcular a função $f(dd)$:

Se $dd < dd_{min}$: $f(dd) = 1$
 Se $dd_{min} \leq dd \leq dd_{max}$: $f(dd) = \frac{dd_{max} - dd}{dd_{max} - dd_{min}}$
 Se $dd > dd_{max}$: $f(dd) = 0$

Temperatura-base inferior (Tb) e superior (TB)

As temperaturas-base inferior e superior foram estimadas com o recurso de um Algoritmo Genético. Neste trabalho, um indivíduo dentro do AG foi composto de valores da temperatura-base inferior e da temperatura-base superior em sua forma binária, onde foram reservados oito bits para cada indivíduo armazenar esses valores como mostra a Figura 2.

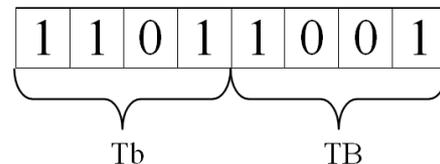


Figura 2. Exemplo de um indivíduo no AG, sendo 4 bits para o Tb e 4 bits para o TB.

Isso significa que tanto o Tb quanto o TB podem ter 16 valores diferentes. O AG foi configurado para que área de busca da solução do problema proposta seja de 5 a $20^\circ C$ para o valor de Tb e de 28 a $43^\circ C$ para o valor de TB. Esses valores foram escolhidos, porque abrangem os resultados encontrados na literatura para a cultivar de manga.

Cada indivíduo na população do AG foi avaliado pela função objetivo. Essa função calcula, utilizando os valores de Tb e TB do respectivo indivíduo, o quão próximo está o crescimento real do fruto com a estimativa de crescimento baseado no modelo apresentado no início esta seção.

Normalmente a primeira população de indivíduos não trará a melhor resposta para o problema. Então uma nova população é formada preservando os indivíduos que tiveram um melhor

resultado na função objetivo e os aproveitando para realizar operações genéticas buscando melhores soluções. Depois de várias gerações, o melhor indivíduo (o mais evoluído) é considerado a melhor solução para o problema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média variou de 25,7°C (agosto/2010) a 30°C (setembro/2010), a máxima de 33°C (janeiro/2011) a 38,7°C (setembro/2010) e a mínima de 16,5°C (agosto/2010) a 22,7°C (outubro e dezembro/2010) no período de agosto/2010 a janeiro/2011 na Estação Agrometeorológica Padre Ricardo Remetter da Fazenda Experimental da

UFMT (Tabela 1). A precipitação variou de 0,7 mm (agosto/2010) a 302 mm (janeiro/2011).

Resultados semelhantes foram obtidos com essa mesma metodologia por Castro Neto e Reinhardt (2003) para manga ‘Haden’ cultivada no estado de Pernambuco e por Morais et al. (2004) para manga ‘Tommy Atkins’ cultivada no estado do Rio Grande do Norte. Dessa forma, pode-se observar a confiabilidade do método, independente da região de cultivo e da variedade. Morais et al. (2004) sugerem a possibilidade de estimar-se o volume do fruto da mangueira a partir do produto dos seus diâmetros. Assim, estes dados possibilitam o uso de métodos não destrutivos de determinação do crescimento de frutos de mangueira com base no volume a partir do produto dos seus diâmetros.

Tabela 1. Temperaturas média (Tm), máxima (Tx) e mínima (Tn) e, precipitação de agosto/2010 a janeiro/2011 na Estação Agrometeorológica Padre Ricardo Remetter da Fazenda Experimental da UFMT.

Mês	Tm (°C)	Tx (°C)	Tn (°C)	Precipitação (mm)
Agosto/2010	25,7	38,3	16,5	0,7
Setembro/2010	30,0	38,7	22,6	8,8
Outubro/2010	28,4	35,3	22,7	77,5
Novembro/2010	27,0	33,4	21,6	128,1
Dezembro/2010	27,7	34,8	22,7	37,7
Janeiro/2011	26,3	33,0	21,1	302,0

Tanto a massa fresca, como a massa seca do fruto apresentou alto grau de correlação ($r^2 > 0,99$)

com o volume do fruto obtido pelo produto dos seus diâmetros (Figura 3).

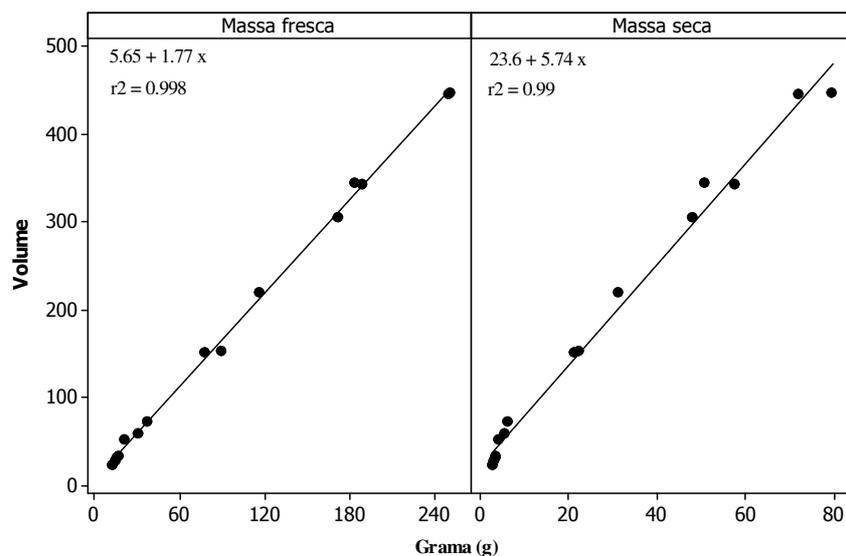


Figura 3. Relação entre massa fresca (g), massa seca (g) e volume (cm³) em manga alfa na Baixada Cuiabana, 2010.

Os frutos de mangueira amostrados neste trabalho apresentaram uma curva de crescimento sigmoidal (Figura 4), dividido em 03 etapas: (i)

baixo crescimento nas primeiras semanas, (ii) rápido crescimento entre a terceira e oitava semana e, (iii) baixo crescimento até a maturidade (QUINTANA et

al., 1984). Este padrão de crescimento foi encontrado tanto nos valores medidos quanto nos valores estimados pelos modelos RGRb e RGRc. O

crescimento sigmoidal também foi encontrado por Castro Neto e Reinhardt (2003) e Moraes et al. (2004) para cultivares de frutos de mangaueira.

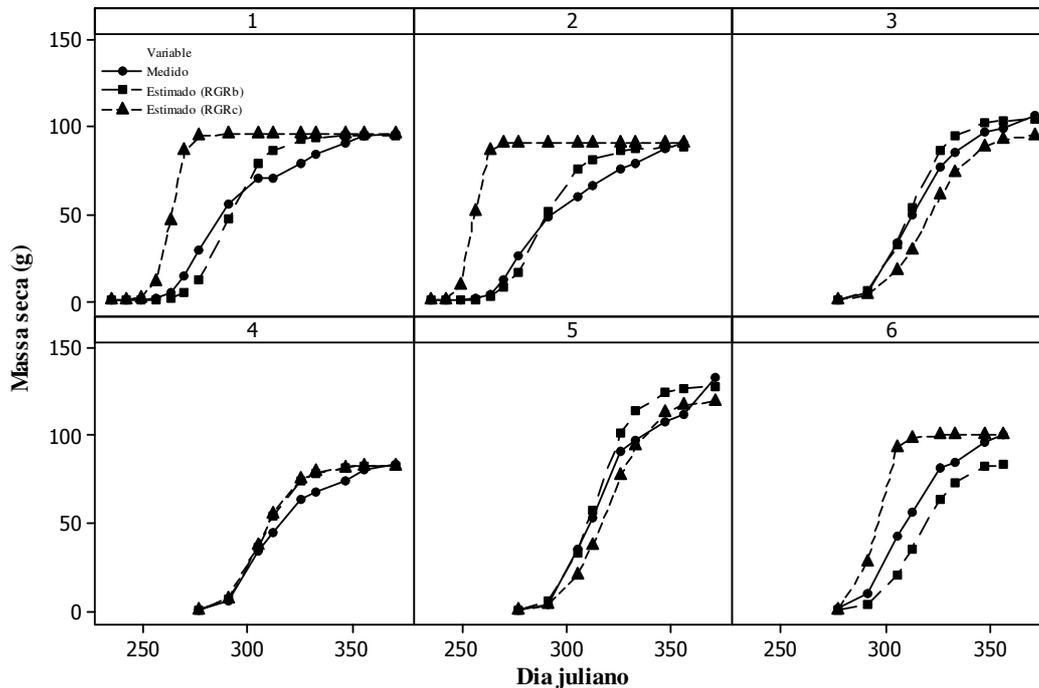


Figura 4. Curvas de crescimento de frutos de mangaueira ‘Alfa’ na Baixada Cuiabana, 2010, medido pelo produto dos seus diâmetros e estimados para 02 valores de RGR_{ini} . RGRb = Taxa inicial de crescimento relativo de 0,0105 (LÉCHAUDEL et al., 2005); e RGRc = Taxa inicial de crescimento relativo calculada para cada fruto amostrado.

Embora, o período de desenvolvimento do fruto da mangaueira, de acordo com as condições climáticas e do manejo em cada região, varia de 120 a 150 dias, da floração à colheita (SILVA, 1996), os frutos amostrados neste trabalho apresentaram um período médio de maturação de 103 dias, corroborados pelos dados encontrados por Barros et al. (2010) para a mesma variedade na Baixada Cuiabana que foi de 112 dias com intervalo de confiança da média ($p < 0,05$) entre 102 e 121 dias,

bem como pelos dados de Moraes et al. (2002) para a variedade ‘Tommy Atkins’ no Rio Grande do Norte que foi de 96 dias.

O modelo de previsão RGRb foi mais adequado do que RGRc aos dados de crescimento de frutos de mangaueira ‘Alfa’ medidos em campo, verificado pelo maior coeficiente de correlação (r^2) e os menores valores de erro médio absoluto (EMA) e erro quadrático médio (EQM) (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficiente de correlação (r^2), p-valor ($< 0,05$), erro médio absoluto (EMA) e erro quadrático médio (EQM) dos modelos RGRb e RGRc de crescimentos de frutos de mangaueira ‘Alfa’ na Baixada Cuiabana.

Modelo	Equação	r^2	p-valor	EMA	EQM
RGRb	$- 1.70 + 1.05 x$	95.40%	0.000	1.058412103	2.193135584
RGRc	$21.7 + 0.818 x$	65.60%	0.000	12.14078268	6.38487703

O RGRc é o valor da taxa inicial de crescimento calculado com base nas primeiras medições de cada fruto. Sendo assim, possivelmente o cálculo de crescimento com os parâmetros estimados neste trabalho foi mais impreciso, pois as medidas foram feitas com um intervalo de no

mínimo sete dias, ao invés de diariamente como fez Léchaudel et al. (2005), o que pode ter afetando o ajuste do modelo aos valores medidos em campo.

O algoritmo genético estimou a temperatura base-inferior (Tb) em 7°C e a superior (TB) em 41°C. Este resultado é corroborado pelo encontrado

na literatura (BARROS et al., 2010; LUCENA, 2006), uma vez que a mangueira tolera temperaturas desde 0 até 50°C, mas com variação média para um ótimo de crescimento situando-se entre 24 e 30°C (SIMÃO, 1998) como encontrado na Fazenda Experimental da UFMT cuja temperatura média variou de 25,7°C (agosto/2010) a 30°C (janeiro/2011).

O valor encontrado para a Tb de frutos de mangueira 'Alfa' neste trabalho é corroborado pelos trabalhos de Barros et al. (2010) que encontrou 10°C para a mesma variedade na Baixada Cuiabana, de Cooper e Tainton (1968) e Jacques (1994) encontraram valores de 10 a 15°C e 10°C, respectivamente, como referência para plantas tropicais. Lucena (2006) sugere o valor de 10°C para Tb de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' para a região do Vale de São Francisco em Petrolina/PE. Outros trabalhos desenvolvidos com frutos de mangueira sugerem o valor 10°C para a Tb (CHAUDHRI, 1976; SILVA, 1996).

Vale ressaltar que, entre os fatores climáticos, a temperatura é um dos mais importantes, pois, além de controlar os processos vitais da planta, constitui-se um dos principais fatores que afetam sua produção (SIMÃO, 1998). Os limites mínimos e máximos são os mais importantes, uma vez que temperaturas inferiores a 2°C causam danos elevados em árvores adultas e

podem provocar a morte de plantas jovens e, as temperaturas altas não prejudicam, porém, se acompanhadas de vento e baixa umidade relativa, os danos poderão ser elevados no período de frutificação (SIMÃO, 1998).

Sendo assim, o modelo de crescimento de frutos de mangueira desenvolvido por Lescouret et al. (1998) se ajustou melhor aos valores medidos em campo, quando utilizamos o valor de 0,0105 estabelecido pela literatura (LÉCHAUDEL et al., 2005) para a RGB de frutos de mangueira e os valores de 7°C para Tb e 41°C para TB.

CONCLUSÕES

A taxa de crescimento relativo inicial de 0,0115, proposta por Léchaudel et al. (2005) para a manga é mais adequada para a aplicação do modelo de crescimento dos frutos do que os valores experimentais obtidos para cada fruto.

As temperaturas-base para o crescimento de frutos da manga Alfa são 7 °C e 41°C para a temperatura-base inferior e superior, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro.

ABSTRACT: The goals of this study were to compare a growth model developed to the real growth of the measured fruits in the field using two values of initial relative growth rate, one established by literature and other estimated for each fruit, and to estimate inferior and superior basal temperature for fruits of 'Alpha' mango using the technique of artificial intelligence called as genetic algorithm. To accomplish the growth estimate, the used model considered the values of initial relative growth rate of the fruits, dry weight (current and maximum) and degree-days. In this work, 06 fruits of 'Alpha' mango were monitored until maturity, between August/2010 and January/2011, with average maturity of 103 days in a non-irrigated orchard of Experimental Farm of UFMT, in Santo Antônio do Leverger/MT. The best estimate of growth found when compared to the real growth of the measured fruits in the field was using the value of 0.0105 established for initial relative growth rate of mango fruits by literature and the values of 7°C for Tb and 41°C for TB.

KEYWORDS: Genetic algorithm. Mango. Cerrado. Mato Grosso.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. O. de; CARDOSO, C. E. L.; SANTANA, M. do A. Comercialização. In: PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N.; SOUZA, F. V. D. (Ed.). **Manga: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 15, p. 177-184. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- ANILA, L.; VIJAYALAKSHMI, N. R. Antioxidant action of flavonoids from *Mnagifera indica* and *Embllica officinalis* in hypercholesterolemic rats. **Food Chemistry**, v. 83, p. 569-574, 2003.

- BALLY, I. S. E. *Mangifera indica* (mango). In: ELEVITCH, C. R. (ed.). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR)*, Hōlualoa, Hawaii, 2006.
- BARROS, M. P.; ZANETTI, V. B.; FRAGA, C. I. M.; NINCE, P. C. C.; JUNIOR, J. H. C.; LOBO, F. A. Unidades Fototérmicas e Temperatura-Base Inferior de Frutos de Mangueiras ALFA, na Baixada Cuiabana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 479-485, 2010.
- BIUDES, M. S.; CAMPELO JÚNIOR, J. H., NOGUEIRA, J. S.; SANCHES, L. Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo Método da Razão de Bowen. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 135-143, 2009.
- CASTRO NETO, M. T.; REINHARDT, D.H. Relações entre parâmetros de crescimento do fruto da manga cv. haden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, 25, n. 1, p. 35-37, 2003.
- CHAUDHRI, S. A. Mango. In: GARDNER, R. S.; CHAUDHRI, S. A. **The propagation of tropical fruit trees**. England: CAB International, p. 403-474, 1976.
- COOPER, J. P.; TAINTON, N. M. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. **Herbage Abstracts**, v. 38, p. 167-176, 1968.
- GALAN, V. The situations of mango culture in the world. **Acta Horticulturna**, v. 241, p. 31-41, 1993.
- JACQUES, A. V. A. Caracteres morfofisiológicos e suas implicações com o manejo. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. (Ed.). **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNPGL, p. 31-48, 1994.
- LACERDA, E. G. M.; CARVALHO, A. C. P. L. Introdução aos algoritmos genéticos. In: GALVÃO, C. O.; VALENÇA, M. J. S. (Ed.). **Sistemas inteligentes: aplicações a recursos hídricos e ciências ambientais**. Ed. Universidade/UFRGS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 99-150, 1999.
- LÉCHAUDEL, M.; GÉNARD, M.; LESCOURET, F.; URBAN, L.; JANNOYER, M. Modeling effects of weather and source-sink relationships on mango fruit growth. **Tree Physiology**, Heron Publishing, Victoria, Canadá, v. 25, p. 583-597, 2005.
- LESCOURET, F.; BEN MIMOUN, M.; GÉNARD, M. A. Simulation model of growth at shoot bearing fruit level. I. Description and parameterisation for peach. **European Journal of Agronomy**. Amsterdam, v. 9, p. 170-185, 1998.
- LUCENA, E. M. P. **Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga 'Tommy Atkins' no Vale do São Francisco**. 152 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- MICHALEWICZ, Z. **Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs**. Springer-Verlag, New York, 1994.
- MORAIS, P. L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N.; ALVES, R. E. Correlação entre variáveis de crescimento do fruto da mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 743-747, 2004.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo:Ceres, 435p, 1981.
- PINTO, A. C. Q.; ANDRADE, S. R. M.; AMARO, A. A.; GOMES, U. Mango industry in Brazil. **Acta Hort.** (ISHS) 645:37-50, 2004.
- POMMER, C. V.; BARBOSA, W. The impact of breeding on fruit production in warm climates of Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 612-634, 2009.

Temperaturas basais...

VENTURA, T. M. et al

QUINTANA, E. G.; NANTHACHAI, P.; HIRANPRADIT, H.; MENDONZA JR., D. B.; KETSA, S. Changes in mango during growth and maturation. In: WILLS, R. B. H.; MENDOZA, D. B. (Ed.), **Mango: Fruit Development**, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN, 21-38, 1984.

SILVA, J. S. O. **Produção de manga: manual**. Viçosa: CPT, 34p, 1996.

SIMÃO, S. **Tratado de Fruticultura**. Piracicaba: FEALQ. 577-563, 1998.