



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
Centro de Pesquisas do Cacau



BOLETIM TÉCNICO N° 215

MÉTODOS PARA AVALIAR O TEMPO DE MATURAÇÃO DO FRUTO DO CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L.) DA BAHIA

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



2019

© 2019 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
Todos os direitos reservados. Permitida a reprodução parcial ou total desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.
A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é do autor.

Ano 2019
Tiragem: 1.000 exemplares
Elaboração, distribuição, informações:
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
Superintendência Regional no Estado da Bahia
Centro de Pesquisas do Cacau

Comissão de Editoração: Edna Dora Martins Newman Luz; George Andrade Sodré; Jacques Hubert Charles Delabie; José Raimundo Bonadie Marques; José Inácio Lacerda Moura; José Luís Bezerra; José Marques Pereira; Karina Peres Gramacho; Manfred Willy Muller; Raúl René Melendez Valle; Uilson Vanderlei Lopes.

Editor: Ronaldo Costa Argôlo.
Coeditor: Quintino Reis de Araujo

Normalização de referências bibliográficas: Maria Christina de C. Faria
Editoração eletrônica: Selenê Cristina Badaró e Jacqueline C. C. do Amaral

F
633.745
N 163

SANTOS FILHO, L. P.; VALLE, R. R. M. 2019. Métodos para avaliar o tempo de maturação do fruto do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) da Bahia. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico, nº 215. 14p.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
Centro de Pesquisas do Cacau



ISSN 0100-0845

**MÉTODOS PARA AVALIAR O TEMPO DE
MATURAÇÃO DO FRUTO DO
CACAUUEIRO (*Theobroma cacao* L.) DA
BAHIA**

Lindolfo Pereira dos Santos Filho
Raul Rene Melendez Valle

BOLETIM TÉCNICO N° 215

Ilhéus-Ba

2019





Bra-co





SUMÁRIO

1. Resumo	7
2. Abstract	8
3. Introdução	9
4. Material e Métodos	9
5. Considerações e Conclusão	15
6. Literatura Citada	15





Bra-co



MÉTODOS PARA AVALIAR O TEMPO DE MATURAÇÃO DO FRUTO DO CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L.) DA BAHIA

Lindolfo Pereira dos Santos Filho
Raul Rene Melendez Valle

1. RESUMO

Diante da relevância do uso da tecnologia mobile na atividade de previsão de safras de cacau da Bahia; do fato de que a variação da temperatura do ar reflete dentro e entre safras de cacau; e da facilidade de se obter diariamente essa grandeza meteorológica este trabalho objetivou avaliar três métodos de cálculo do tempo compreendido da polinização até o fruto maduro do cacau na Bahia (N). Utilizaram-se dados diários da temperatura do ar do período janeiro/1990 a dezembro/2016, dados de cinco fases de desenvolvimento dos frutos do cacau na Bahia, a técnica de agrupamento e o teste Tukey (5%) na comparação das médias dos métodos. Os resultados obtidos não descartam o uso de nenhum dos métodos, mas sugerem que a constante “c” utilizada como a “temperatura base inferior” do método Alvim ($N=2500/(Temperatura\ média\ diária - c)$), deva ser ajustada quando do uso em unidades agrícolas (roças de cacau). A relação entre a temperatura do ar e o tempo percorrido até a maturação do fruto do cacau na Bahia foi mais bem representada pela função potência $N=20.257 * X^{-1.53}$ ($R^2 = 0,9994$), sendo X o valor médio diário da temperatura do ar.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, maturação do fruto, temperatura.

CEPLAC-CEPEC, Rod. Ilhéus-Itabuna, km22, Caixa Postal 7, 45600-970, Ilhéus-Ba, Brasil.
lindolfo.filho@agricultura.gov.br

2. ABSTRACT

METHODS TO EVALUATE THE RIPENING TIME OF BAHIA'S COCOA (*Theobroma cacao* L.) FRUIT

Given the relevance of using mobile technology in the cocoa crop forecasting activity of Bahia; the fact that air temperature variation reflects within and between cocoa crops; and the ease of obtaining this meteorological magnitude daily, this study aimed to evaluate three methods of calculating the time from pollination to the ripe fruit of cacao in Bahia (N). Daily data of air temperature from January / 1990 to December / 2016, data from five stages of development of cacao fruits from Bahia, clustering technique and Tukey test (5%) were used to compare the means of the methods. . The results obtained do not disregard the use of either method, but suggest that the constant “c” used as the “lower base temperature” of the Alvim method ($N = 2500 / (\text{Daily average temperature} - c)$) should be adjusted when use in agricultural units (cocoa fields). The relationship between air temperature and time to cacao fruit ripening in Bahia was better represented by the power function $N = 20.257 * X^{-1.53}$ ($R^2 = 0.9994$), where X is the daily mean value of air temperature.

Key word: *Theobroma cocoa*, fruit ripening, temperature.

3. INTRODUÇÃO

O cultivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) na Região Cacaueira da Bahia (RCB) é caracterizado pelas condições edafoclimáticas sem restrições térmicas e hídricas e pela particularidade do plantio sob sombra de árvores maiores (Müller e Valle, 2012).

Conforme Monteiro e Ahnert (2012) os cacauzeiros possuem ampla variabilidade genética, especialmente quanto ao tamanho e forma do fruto, especificamente do tipo *Comum* (cacau *Comum*, *Pará*, *Parazinho* e *Maranhão*) e cultivares híbridas de diversos cruzamentos. Em relação à interação planta x ambiente, a temperatura nos meses mais frios pode afetar os estágios iniciais do desenvolvimento do fruto da variedade *Catongo* provocando uma diferenciação no período de maturação, isto é, nos meses mais quentes a maturação se completa entre 140 a 175 dias e nos mais frios de 170 a 205 dias (Alvim, 1977).

Diante da facilidade de se obter diariamente através de aplicativos as temperaturas máxima, mínima e média do ar na região cacaueira da Bahia, da relevância do uso da tecnologia mobile na atividade de previsão de safras de cacau e do fato de que a variação da temperatura do ar influencia dentro e entre safras de cacau (Müller e Valle, 2012) este trabalho objetivou avaliar três métodos de cálculo do tempo compreendido da polinização até o fruto maduro do cacauzeiro na Bahia.

De forma mais ampla os resultados visam possibilitar aumentar a eficácia das decisões e o planejamento agrícola rural, especificamente, de estimativas de épocas de colheita, controle de infestação por doenças, assim como, subsidiar futuros estudos e modelos matemáticos de previsão de safra de cacau da Bahia.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Considerou-se o enfoque de sistema como ferramenta para avaliar o fenômeno biológico o número de dias (N) compreendido entre a polinização até o fruto maduro do cacauzeiro na Bahia. Neste sistema N é o resultado da ação conjunta da planta e do ambiente (clima, solo, manejo). Optou-se por considerar apenas o efeito da temperatura do ar ou acúmulo diário da energia no

desenvolvimento do fruto, mesmo considerando que nesse cultivo alterações no sombreamento podem afetar a chuva efetiva (parte que escoar no solo) que, por sua vez, afeta a temperatura, que afeta o metabolismo da planta modificando o tempo de maturação do fruto,

Nessa região, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, predomina a Tipologia Tropical chuvoso de floresta sem estação seca, pluviosidade média mensal superior a 60 mm e anual superior a 1500 mm, temperatura do mês mais frio acima de 18°C, verões longos e quentes com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (SEI, 1998).

Utilizaram-se informações de frutificação dos cacauzeiros do banco de dados do projeto Previsão de Safras de Cacau da Bahia-SPSC, conduzido desde 1977 no Centro de Pesquisas e Extensão do Cacau – CEPEX, da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira -CEPLAC. No projeto SPSC, os dados são obtidos de 21 em 21 dias, em cada uma das 17 coletas por ano agrícola (outubro-setembro), em 139 pontos amostrais, com um total de 868 cacauzeiros (tipos comuns, híbridos e clonados), distribuídos em três zonas (norte, centro e sul) da região cacaueira da Bahia – RCB (Cazorla et al., 1989).

Os dados diários da temperatura média compensada do ar (T_d) entre janeiro/1990 e dezembro/2016 foram obtidos da estação meteorológica do CEPEC (14°45'15"S e 39°13'59"W) em Ilhéus, Bahia, Brasil, situada aproximadamente no centro da região onde se concentra o cultivo tradicional do cacauzeiro sob sombra de árvores maiores.

Conforme Cazorla et al (1989) considerou-se que: o desenvolvimento dos frutos ocorre em cinco fases: bilro, pequeno, médio, adulto e maduro; que o processo vegetativo do cacauzeiro (lançamento foliar e floração) do ano agrícola na RCB começa na primavera; que no mês de agosto aumenta a intensidade do lançamento foliar, se intensifica em setembro e atinge o pico em outubro-novembro, decrescendo até julho. A floração segue essa mesma trajetória deslocada de aproximadamente 30 dias para frente.

No cálculo da temperatura média compensada diária utilizou-se a Equação 1, onde T_d =temperatura média diária compensada, T_{max} = temperatura máxima, T_{min} = temperatura mínima, T_9 =temperatura às 09:00 e T_{21} =temperatura às 21:00.

$$T_d = \frac{T_{max} + T_{min} + T_9 + 2.T_{21}}{5} \quad (Eq. 1)$$

Tempo de maturação do fruto

Utilizaram as Equações 2 e 3 para o cálculo dos graus-dia (GD) segundo método aplicado para cacauero por Milde e Sgrillo (1993, citando Villa Nova et. al., (1972).

Se $T_{bs} \geq T_{max} > T_{min} > T_{bi}$

$$GD = \sum \frac{T_{max} - T_{min}}{2} + T_{min} - T_{bi} \quad (Eq. 2)$$

Se $T_{bs} \geq T_{max} > T_{bi} \geq T_{bmin}$

$$GD = \sum \frac{T_{min} - T_{bi}}{T_{max} - T_{min}} * \frac{T_{min} - T_{bi}}{2} \quad (Eq. 3)$$

Em que: GD = graus-dia (°C), T_{bs} = temperatura-base superior, T_{max} = temperatura máxima do dia (°C), T_{min} = temperatura mínima do dia (°C); $T_{bi} = 14,2^{\circ}\text{C}$ denota temperatura basal inferior. Optou-se por excluir o GD quando $T_{bi} > T_{min}$.

Para o cálculo do número de dias (N) compreendido do fruto bilro (fruto até 21 dias de desenvolvimento) e o fruto maduro do cacauero na Bahia foram utilizados três métodos que se diferenciaram basicamente pelas variáveis: temperatura basal inferior, cultivar e o ponto inicial de contagem de N.

O primeiro método foi o utilizado por Milde e Sgrillo (1993), de constante térmica 1.403,4 e Equações 2 e 3 para o cálculo do graus-dia. O tempo de maturação do fruto do cacau (N) foi calculado de acordo com a Equação 4.

$$N = \frac{1.403,4}{GD} \quad (Eq. 4)$$

O segundo método, de natureza empírica, foi o proposto por Alvim (1977) conforme Equação 5:

$$N = \frac{2500}{T_d - c} \quad (Eq. 5)$$

Onde $c = 9$, N = período em dias entre polinização até maturação e T_d a temperatura média compensada diária após a data da polinização. Pode-se também inferir as constantes empíricas 2500 graus-dia como a constante térmica e 9 como a temperatura basal inferior.

O terceiro método, usado como padrão de comparação com os demais, é o que a CEPLAC adota no seu programa de previsão de safra de cacau da Bahia e que tem como base a fórmula empírica proposta por Alvim (1977), por

ser o que melhor se ajustou aos dados reais. No entanto, em vez de 9°C usa 8°C (Equação 6) e, inicia a contagem do tempo a partir do fruto bilro (fruto com até 21 dias de desenvolvimento).

$$N = \frac{2500}{T_d - 8} \quad (\text{Eq. 6})$$

Para análise dos dados utilizou-se estatística multivariada de agrupamento hierárquico, método de variação mínima de Ward, através do procedimento “*Proc Cluster*”, opção método normal do pacote estatístico SAS. A escolha deveu-se a característica da técnica de reunir um grupo a outro se a reunião proporcionar um menor aumento da variância intragrupo. Para unir os grupos homogêneos e definir o nível da hierarquia utilizou-se da estatística SPRSQ (R^2 - semiparcial). A síntese do agrupamento hierárquico das temperaturas médias mensais do ar (T_m) foi apresentada por meio de um dendrograma. Na elaboração dos cálculos e da representação gráfica valeu-se da planilha de cálculo Excel e na análise da técnica de agrupamento do pacote estatístico SAS (1987). Na comparação múltipla entre as médias de N dos agrupamentos utilizou-se o teste Tukey a 5% de significância.

Na Figura 1 verifica-se, no ano agrícola, a trajetória média da temperatura do ar, de janeiro/1990 a dezembro/2016, cortada pela média anual de 23,6°C. A amplitude térmica observada foi de 4,0°C e, *a priori*, a potencialidade térmica (frio e quente) pode ser separada em três grupos. O primeiro Quente, que vai

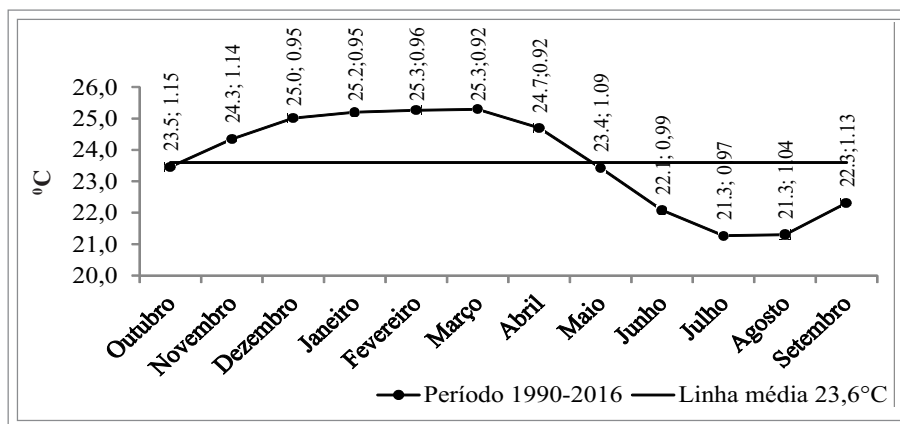


Figura 1. Temperatura média mensal, desvio padrão e linha média de 23,6°C. Posto agroclimático do Centro de Pesquisas do Cacau – Cepec. Janeiro/1990 a dezembro/2016.

Tempo de maturação do fruto

de novembro a abril, com temperaturas acima da média do período (23,6°C); o segundo, Frio que vai de junho a setembro, com temperaturas abaixo da média; e um terceiro intermediário formado pelos meses maio e outubro, pois possui elementos de transposição ou de passagem entre os demais grupos.

Com base nessa classificação do valor médio da temperatura do ar no ano agrícola e utilizando-se do dendrograma na Figura 2 dividiu-se o ano agrícola do cacau em três agrupamentos: outubro (grupo 1); novembro-abril (grupo 2); maio (grupo 1) e junho a setembro (grupo 3).

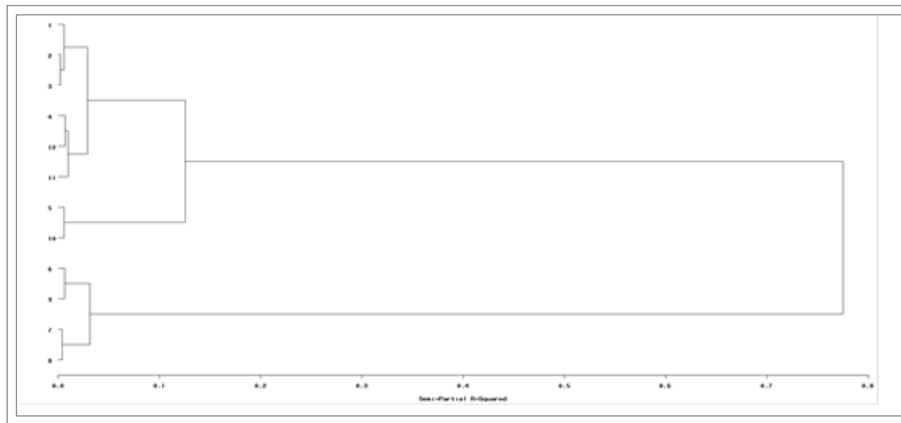


Figura 2. Dendrograma, método WARD, da temperatura média mensal. Posto agroclimático do Centro de Pesquisas do Cacau – Cepec, Janeiro/1990 a dezembro/2016.

Na Figura 3 registram-se a temperatura do ar e as trajetórias de N dos três métodos avaliados. Observa-se que as trajetórias variaram de acordo com a temperatura do ar, apresentando-se apenas deslocadas entre si. Verifica-se que o afastamento tanto da trajetória do método Milde como a do método Alvim em relação ao padrão CEPLAC foi evidente. Ou seja, as trajetórias não se mostram coincidentes.

Na comparação dos métodos, utilizando-se dos agrupamentos 2 e 3 (quente e frio respectivamente) observaram diferenças significativas ($p < 0.005$) entre métodos. No grupo quente a maturação completa (N) foi no método Milde de 123,2 dias, Ceplac 147,9 dias e Alvim 157,3 dias. Dentro do grupo frio o valor de N foi no método Milde de 170,6 dias, Ceplac=183,0 dias e Alvim=197,5 dias.

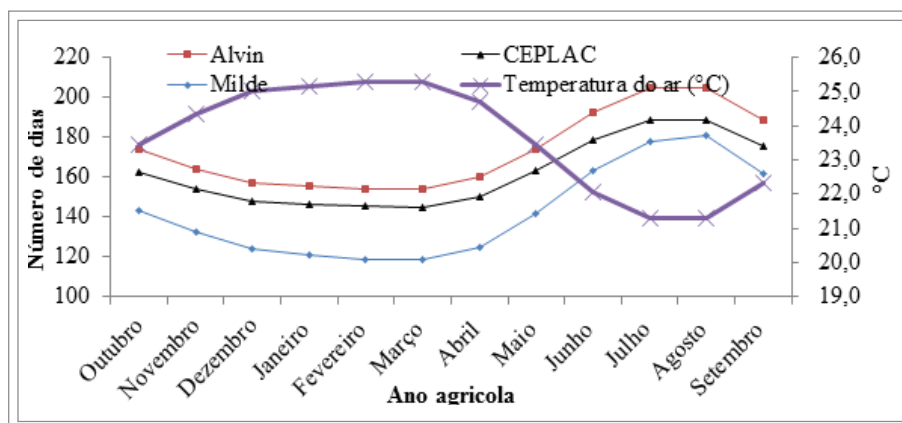


Figura 3. Médias mensais do número de dias de duração do desenvolvimento do fruto até maturidade. Métodos Milde, Alvim e CEPLAC, período 1990-2016.

Observou-se que as trajetórias do método Milde subestimou e o de Milde superestimou N quando comparadas ao do padrão CEPLAC. Tais comportamentos pode ser em função das condições experimentais e/ou época de avaliação que impedem a determinação precisa da temperatura-base. Para a cultura do cacau, não se conhece, exceto o utilizado por Milde e Sgrillo (1993), um método específico de determinação da temperatura base. Observa-se que o método Alvim utilizou-se de uma equação empírica e o método Milde, no cálculo dos graus-dia, empregou somente uma única temperatura base. É conhecido que para a determinação da temperatura base, a determinação fidedigna depende, dentre outras variáveis, do método de cálculo. Como exemplo, os resultados obtidos por Lima (2006) no cálculo da temperatura base do cafeeiro arábica, utilizando quatro métodos de determinação, variou de 12,9°C a 15,4°C. Logo, o deslocamento das curvas devido aos valores utilizados da temperatura-base e da constante térmica eram esperados e são aceitáveis.

Quanto à trajetória do método CEPLAC se colocar entre os outros métodos não foi surpresa. Os dados de campo coletados ao longo de 40 anos, em comparação com os dados de experimentos de curta duração, pode refletir com mais propriedade o comportamento médio de variáveis que têm efeito sobre N , com destaque para as diferentes condições micro ambientais (especialmente disponibilidade de água), a idade e as variedades do cacauero, assim como o manejo (disponibilidade de nutrientes no solo e densidade de plantas).

Tempo de maturação do fruto

Os resultados obtidos no período estudado ainda permitiram avaliar e representar, pelo método CEPLAC, a relação entre a temperatura do ar e o tempo percorrido até a maturação do fruto do cacauero no Sul da Bahia. O modelo que melhor ajustou foi $N=20.257X^{-1.53}$ ($R^2 = 0,9994$), sendo que N varia inversamente em relação à temperatura média diária do ar (X), na figura 4.

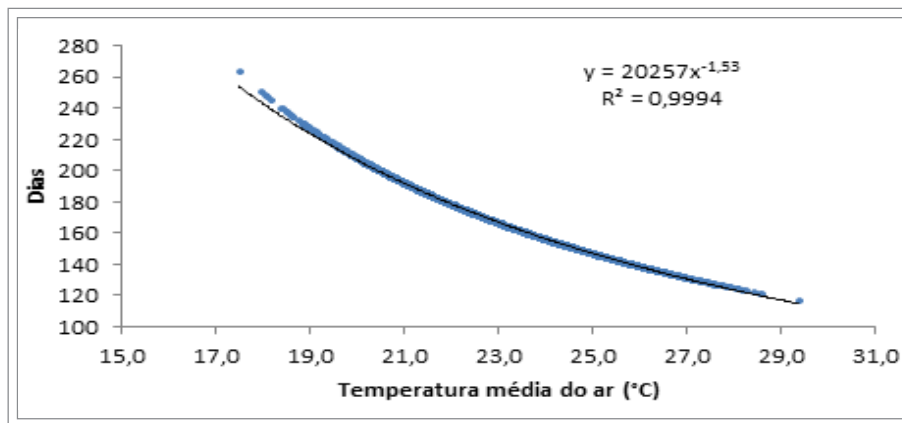


Figura 4. Relação temperatura média dia do ar e número de dias de duração do desenvolvimento do fruto até a maturidade, método CEPLAC.

5. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÃO

Os resultados obtidos não descartam o uso de nenhum dos métodos, mas sugerem que a constante “c” utilizada como a “temperatura base inferior” do método Alvim ($N=2500/(Temperatura\ média\ diária - c)$), deva ser ajustada quando do uso em unidades agrícolas (roças de cacau), assim como foi com o método CEPLAC de referência.

6. LITERATURA CITADA

ALVIM, P. de T. 1977. Cacao. In *Ecophysiology of Tropical Crops*. T. T. Kozłowski. Chapter 10. Academic Press, New York, pp. 279-313.

- CAZORLA, I. M.; AIDAR, T.; MILDE, L. C. E. 1989. Perfis do lançamento foliar, da floração, da bilração e de estágios do fruto do cacauzeiro no Estado da Bahia, no período de 1977/1988. Ilhéus, BA, Centro de Pesquisas do Cacau. 58p.
- LIMA, E. P. 2006. Graus-dia, temperatura base e coeficientes de cultura para cafeeiros arábica em fase de implantação. Tese Doutorado. Universidade Federal de Lavras UFLA, Lavras, MG.
- MILDE, L. C. E.; SGRILLO, R. B. 1993. Parâmetro para modelagem do crescimento do fruto do cacauzeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 28(7):759-765.
- MONTEIRO, W. R.; AHNERT, D. 2012. Melhoramento genético do cacauzeiro. In: Valle, R. R. Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacauzeiro. 2 ed. Brasília, DF, CEPLAC/CEPEC/SEFIS. pp.11-29.
- MULLER, M. W.; VALLE, R. R. 2012. Ecofisiologia do Cultivo do cacauzeiro. In: Valle, R. R. Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacauzeiro. 2 ed. Brasília, DF, CEPLAC/CEPEC/SEFIS. pp.31-66.
- SAS Institute. SAS user's guide: statistics. 5. ed. Cary, NC, 1987. 956p.
- SEI. 1998. Tipologia Climática Köppen. Governo do Estado da Bahia. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia. Superintendência de Estudos econômicos e sociais da Bahia (SEI). Bahia Brasil. Visita em 09/04/2019 por: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/Classifica%C3%A7%C3%A3o.de.k%C3%B6ppen-Geiger.estado.da.Bahia.jpg>



Bra-co



