

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/310832402>

# AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR SOBRE A DURAÇÃO DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS FLORAÇÃO-MATURAÇÃO DO CAFÉ EM SÃO PAULO SEGUNDO MODELO ETA/CPTEC

Conference Paper · January 2011

CITATIONS

0

READS

16

5 authors, including:



[Nicole Resende](#)

42 PUBLICATIONS 7 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Daniela Carneiro Rodrigues](#)

National Institute for Space Research, Brazil

29 PUBLICATIONS 101 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Priscila Da Silva Tavares](#)

National Institute for Space Research, Brazil

22 PUBLICATIONS 415 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Angelica Giarolla](#)

Brazilian Institute for Space Research

36 PUBLICATIONS 135 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



INCT-Mudancas Climaticas Fase II [View project](#)



METROPOLE: An Integrated Framework to Analyze Local Decision Making and Adaptive Capacity to Large-Scale Environmental Change: Community Case Studies in Brazil, UK and the US [View project](#)

**AValiação DA TEMPERATURA DO AR SOBRE A DURAÇÃO DOS ESTÁDIOS  
FENOLÓGICOS FLORAÇÃO-MATURAÇÃO DO CAFÉ EM SÃO PAULO  
SEGUNDO MODELO ETA/CPTEC**

NICOLE C. RESENDE<sup>1</sup>, DANIELA C. RODRIGUES<sup>2</sup>, PRISCILA S. TAVARES<sup>3</sup>,  
ANGÉLICA GIAROLLA<sup>4</sup>, SIN CHAN CHOU<sup>5</sup>

**RESUMO:** O objetivo do estudo foi avaliar e estimar a duração dos estádios floração-maturação do café arábica (*Coffea arabica* L.), cultivar Mundo Novo, para os municípios de Campinas, Mococa, Pindorama e Ribeirão Preto, no Estado de São Paulo. Utilizou-se dados de temperaturas médias diárias simuladas pelo modelo regional Eta, do Centro Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), cenário climático A1B (2011-2100), com resolução horizontal de 40 km. Séries históricas destas localidades foram utilizadas para ajuste do modelo a partir da remoção dos erros sistemáticos. A duração das fases floração e maturação foi estimada através do método de Graus-dia acumulado, com temperatura base de 10,2 °C e um total de 2900 GDA. No clima presente (1961-1990) o modelo obteve bom desempenho após a remoção do erro sistemático, apresentando valores próximos aos dados observados. Em todos os municípios selecionados, observou-se para o cenário futuro de 2071-2100 uma redução média de 52 dias do período gasto para completar 2900 GDA, ocasionada pelas projeções do aumento da temperatura média do ar.

**Palavras-chave:** Graus-dia acumulado, produtividade de café, mudanças climáticas, modelo Eta/CPTEC

## INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos de destaque no comércio internacional, por ser uma das bebidas mais populares no mundo. O Brasil é o maior exportador mundial de café e o Estado de São Paulo está entre as principais regiões produtoras.

O clima e, principalmente a temperatura do ar, é um fator determinante sobre as fases fenológicas do café, onde as fases de floração e maturação são as mais sensíveis a temperaturas elevadas. O aumento da temperatura média acarreta no desenvolvimento acelerado das fases fenológicas, como florescimento e maturação, isso reduz o tempo para o desenvolvimento da planta e dos grãos, o que limita seu desenvolvimento e causa má formação dos frutos. Conseqüentemente, afeta na produtividade e qualidade da bebida, pois os grãos passam rapidamente do estágio cereja para passa ou seco, aumentando as possibilidades de ocorrer fermentações indesejáveis, que são prejudiciais à bebida. Sendo assim, estudos que antecipem possíveis alterações nas condições que afetam a produção do café são importantes para os produtores, principalmente para os tomadores de decisões.

Tavares et al. (2011) calculou o duração, em dias, das fases floração-maturação do cafeeiro para as localidades produtoras do Estado de São Paulo (Campinas, Mococa, Pindorama e Ribeirão Preto), com base no acumulo de graus-dia, e consideraram o fator de correção hídrica com valores de temperatura base de 10,5 °C e 2733 GDA. Neste trabalho será feita uma segunda análise da duração das fases críticas (floração e maturação), considerando apenas a temperatura do ar, sem considerar o fator de correção hídrica, para as mesmas regiões produtoras, através do método de Graus-dia acumulado, para as projeções do cenário de mudanças climáticas A1B (2011-2100) simuladas pelo modelo regional Eta/CPTEC 40km (Chou et al., 2011).

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras/DEG, [nicole.resende@yahoo.com.br](mailto:nicole.resende@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Engenheira Agrícola, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/CPTEC, [danic\\_rodrigues@yahoo.com.br](mailto:danic_rodrigues@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Engenheira Agrônoma, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/CCST, [angelica.giarolla@inpe.br](mailto:angelica.giarolla@inpe.br)

<sup>4</sup> Meteorologista, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/CCST, [priscila.tavares@inpe.br](mailto:priscila.tavares@inpe.br)

<sup>5</sup> Meteorologista, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/CPTEC, [chou.sinchan@cptec.inpe.br](mailto:chou.sinchan@cptec.inpe.br)

## REFERENCIAL TEÓRICO

A agricultura é uma atividade altamente dependente das condições climáticas. São estas as condições que, individualmente explicam a maior parte da variabilidade total da produção cafeeira no Estado de São Paulo, quando comparados com fatores edáficos e biológicos da plantas (DAMATTA; RAMALHO, 2006). Neste contexto, os modelos de previsão climática são ferramentas essenciais à agrometeorologia. O modelo regional Eta, foi adaptado e rodado no CPTEC/INPE para o cenário climático A1B com resolução horizontal de 40 km. Detalhes do modelo Eta adaptado para gerar cenários de mudanças climáticas podem ser encontrados em Chou et al., 2011.

O conceito de graus-dia (GD) citado por Pereira et al. (2002), baseia-se no fato de que a taxa de desenvolvimento de uma espécie vegetal está relacionada à temperatura do meio. Este conceito de graus-dia assume a existência de relação linear entre desenvolvimento da cultura e temperatura, não considerando o efeito de outros fatores ambientais sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal. Pezzopane et al. (2005) determinou a temperatura base para o período de floração-maturação como sendo 10,2 °C. O período floração-maturação, que representa o período reprodutivo do cafeeiro, inicia-se normalmente a partir de setembro com o reinício das chuvas da primavera e estende-se posteriormente até dezembro (ZACHARIAS et al., 2008).

Nunes et al. (2010) analisando a duração do estágio fenológico da floração-maturação de seis ciclos da cultivar Mundo Novo nas regiões produtoras de Campinas e Mococa, no Estado de São Paulo, estimou uma duração média de 214 dias aproximadamente para completar os 2900 GDA. Tavares et al. (2010) avaliaram a projeções da duração do ciclo da soja para algumas regiões produtoras do Estado do Paraná a partir das saídas do modelo Eta/CPTEC, cenário A1B, e através do método de graus-dia, com os parâmetros específicos da soja, verificou uma redução do ciclo da soja de 45 a 55 dias no cenário futuro (2071-2100) de um ciclo 110 dias no cenário presente (1960-1990)

## MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se as rodadas do modelo Eta/CPTEC, com resolução horizontal de 40 km, para o clima presente (1961-1990) e para projeções do cenário A1B (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100). Consideram-se os valores de temperatura média do ar (°C), calculados pela média aritmética das temperaturas nos horários das 1800 UTC e das 0600 UTC (15:00 e 03:00 horas locais), horários próximos aos dos postos meteorológicos para a extração das temperaturas máxima e mínima do ar, respectivamente. Os municípios selecionados foram: Campinas (22,9° S; 47,08° W; 674 m), Mococa (21,46° S; 47,01° W; 665 m), Pindorama (21,23° S; 45° W; 918 m) e Ribeirão Preto (21,18° S; 47,8° W; 531 m). Séries históricas de temperatura mínima e máxima (°C), cedidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), foram utilizadas para ajuste das simulações do modelo através da identificação e remoção dos erros sistemáticos. A avaliação consistiu da análise do viés (erro sistemático), calculado conforme teste de Willmot et al. (1985). Com o pressuposto de que os erros do modelo são sistemáticos, portanto persistentes, estes foram removidos tanto do clima presente como também dos cenários futuros. Consideraram-se os meses de setembro (início das chuvas) a maio do ano seguinte, pois estes meses geralmente correspondem ao período de floração e maturação do café arábica, cultivar Mundo Novo, nos municípios selecionados. O método adotado para a avaliação da duração da floração até a colheita do café (em dias) foi o de Graus-Dia (GD), onde a duração do ciclo vegetativo da cultura pode ser relacionada, em termos de exigências bioclimáticas, com a temperatura do ar, conforme a seguinte expressão:

$$GD = \sum_{i=1}^n \left( \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2} - T_b \right)$$

em que: GD - Total de graus-dia acumulado;  $T_{máx}$  - Temperatura máxima do ar (°C);  $T_{mín}$  - Temperatura mínima do ar diária (°C);  $T_b$  - Temperatura-base do café (°C); n - Número de dias do período. Considerou-se para esse estudo, um Graus-dia acumulado durante o período da floração até a

**XX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPA**  
**12 a 16 de setembro de 2011**

colheita de 2900 GDA e a Tb do café igual a 10,2 °C, conforme apresentado por Nunes et al., (2010). É importante destacar que os valores de GDA = 2900 e Tb = 10,2 °C não foram ajustados com o fator de correção hídrica (Nunes et al., 2010). O ciclo fenológico do café arábica proposto por Camargo e Camargo (2001), foi usado com base para estimar a duração das fases fenológicas, conforme apresentado na Figura 1.

ANO 1											
PERÍODO VEGETATIVO											
Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
(1) Vegetação e formação das gemas vegetativas						(2) Indução e maturação das gemas florais					
										Repouso	
ANO 2											
PERÍODO REPRODUTIVO											
Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
(3) Florada, chumbinho e expansão dos frutos			(4) Granação dos frutos			(5) Maturação dos frutos			(6) Repouso, senescência dos ramos 3° e 4°		
Período reprodutivo (novo período vegetativo)									Autopoda		

Figura 1 - Vegetação e frutificação do cafeeiro arábica, abrangendo seis fases fenológicas, durante 24 meses. Adaptado de Camargo e Camargo (2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se um bom comportamento do modelo Eta no clima presente (1961-1990), onde obtiveram-se valores semelhantes aos dados observados. É importante ressaltar que as séries de Mococa e Pindorama apresentaram períodos significativos de falhas, desfavorecendo, assim, um melhor ajuste do modelo (Tabela 1). Sendo assim, os resultados obtidos nessas localidades devem ser analisados cautelosamente. Os maiores desvios do Eta/CPTEC foram encontrados em Pindorama, com superestimativa da temperatura do ar em todos os meses analisados, conforme apresentado na Tabela 2. Em geral, observou-se que nos municípios de Campinas, Mococa e Ribeirão Preto o modelo tende a subestimar a temperatura.

Tabela 1 - Períodos com ausência de dados de temperatura do ar (°C)

Localidade	Dados	Período
Mococa	Temp. máxima	1961 a 1970
Pindorama	Temp. máxima	1961 a 1965
Pindorama	Temp. mínima	1961 a 1970

Tabela 2 - Viés (erro sistemático) obtidos nas estimativas da temperatura média do ar (°C) a partir do modelo Eta/CPTEC 40km, para os quatro municípios selecionados no estado de São Paulo.

Meses/Municípios	Campinas	Mococa	Pindorama	Ribeirão Preto
Setembro	1,40	1,90	4,28	2,51
Outubro	0,57	1,22	3,76	2,79
Novembro	-0,50	-0,13	2,36	1,29
Dezembro	-1,33	-1,34	0,64	-0,37
Janeiro	-1,30	-1,41	0,58	-0,43
Fevereiro	-0,54	-0,76	1,19	0,38
Março	-1,99	-1,87	0,12	-0,74
Abril	-0,87	-0,95	1,04	-0,10
Mai	-0,84	-1,09	0,83	-0,09
Média	-0,6	-0,49	1,64	0,58

## Duração dos estádios fenológicos - Clima presente e projeções do cenário A1B

O modelo estimou uma diminuição da duração das fases de floração e maturação do café arábica, para todas as localidades, que se deve ao aumento da temperatura média do ar que o cenário climático A1B estabelece. As reduções foram, em média, da ordem de 217 dias no cenário presente (1960-1990) para 191 dias para o período 2011-2040, 177 dias no período 2041-2071, e 165 dias no período 2071-2100, com uma redução de até 52 dias. Os valores estimados para a duração dos estádios de floração-maturação, pelas saídas do modelo Eta/CPTEC para o clima presente, foram aproximados aos valores encontrados por Nunes et al. (2010). Nunes e colaboradores (2010) utilizaram modelos agrometeorológicos para estimar a duração de seis ciclos (anos agrícolas) para a cultivar Mundo Novo, em Campinas e Mococa, e observaram que a duração do período floração-maturação variou entre 196 a 242 dias, com média de 214 dias (maturação média).

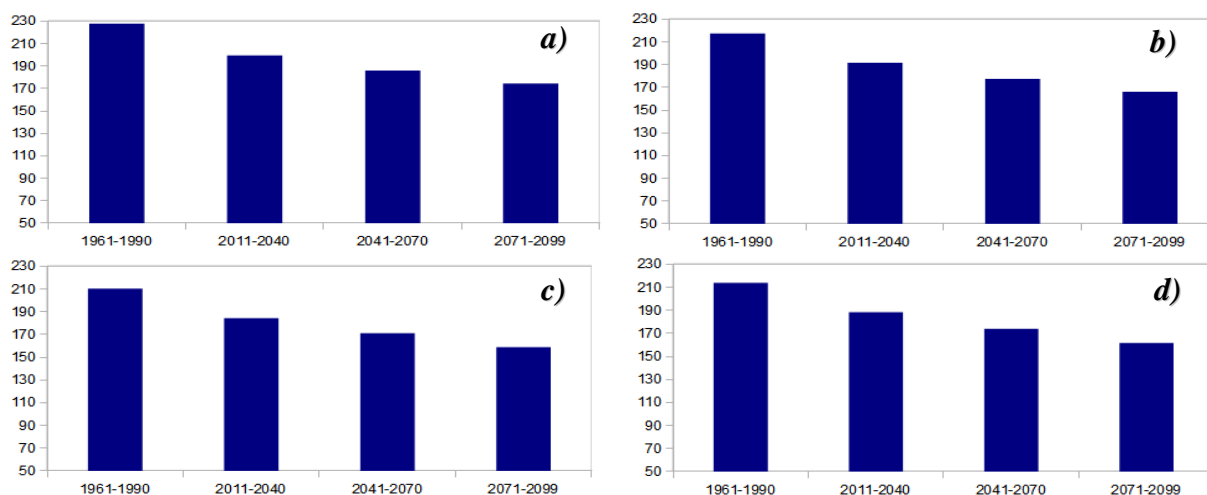


Figura 2 - Duração dos estádios floração-maturação do café arábica (em dias), para total de 2900 GDA para as estações de a) Campinas, b) Mococa, c) Pindorama e d) Ribeirão Preto. Cenário presente (1961-1990) e projeções do cenário A1B (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100).

## CONCLUSÃO

O modelo Eta/CPTEC apresentou bom desempenho na simulação da temperatura do ar para o clima presente para as localidades analisadas do Estado de São Paulo. Nas simulações da duração das fases fenológicas floração-maturação no clima futuro (2011 a 2100) referente ao cenário A1B e observou-se diminuição do número de dias da duração da floração até a maturação. Fenômeno este, que indica a perda na qualidade do café, devido a maturação precoce. Os resultados indicam que até o final do século mudanças significativas nas condições do clima pode afetar a produtividade e/ou qualidade do café arábica, devido ao forte estresse térmico, se não forem tomadas medidas de prevenção para a cafeicultura.

## AGRADECIMENTOS

Aos projetos FCO\_GOF-Dangerous Climate Change DCC e PNUD BRA/05/31 e ao Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, em especial ao Marcelo Bento Paes de Camargo, pela concessão dos dados observados.

## REFERÊNCIAS

**XX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**  
**12 a 16 de setembro de 2011**

---

CAMARGO, M. B. P. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.239-247, 2010.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, 60(1), 65-68, 2001.

CHOU S. C. et al. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. **Climate Dynamics**. DOI 10.1007/s00382-011-1002-8, 2011.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas v. 18, n. 1, p.55-81, 2006.

NUNES, F. L. et al. Modelos agrometeorológicos de estimativa da duração do estágio floração-maturação para três cultivares de café arábica. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p1011-1018, 2010.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas. Guaíba: Agropecuárias. 2002. 465p.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JR, M. J.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. C. Temperatura-Base e Graus-dia com correção pela disponibilidade Hídrica para o cafeeiro 'Mundo Novo' no período florescimento-colheita. **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Campinas, SP, Anais.. 2005.

TAVARES, P. S.; GIAROLLA, A.; CHOU, S. C.; RODRIGUES, D. C.; RESENDE, N. C. Projeções da duração do ciclo da cultura da soja baseadas no modelo regional Eta/CPTEC 40km (cenário A1B). **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Belém, PA, Anais..2010.

TAVARES, P. S.; RODRIGUES, D. C.; GIAROLLA, A.; CHOU, S. C.; RESENDE, N. C.; CAMARGO, M. B. P. Duração dos estádios fenológicos, floração-maturação, do cafeeiro (*coffea arabica* L.), baseada nas projeções climáticas do modelo Eta/CPTEC (cenário A1B). **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Guarapará, ES, Anais.. 2011.

ZACHARIAS, A. O.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L.C. Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro. **Bragantia**, v.67, p.249-256, 2008

WILLMOT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATE, D.R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington. v.90, p. 8995-9005, 1985.