

DURAÇÃO DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS, FLORAÇÃO-MATURAÇÃO, DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.), BASEADA NAS PROJEÇÕES CLIMÁTICAS DO MODELO ETA/CPTEC (CENÁRIO A1B)

PRISCILA S. TAVARES¹, DANIELA C. RODRIGUES², ANGÉLICA GIAROLLA³, SIN CHAN CHOU⁴, NICOLE C. RESENDE², MARCELO B. P. DE CAMARGO⁵

¹Meteorologista, pesquisadora bolsista do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Centro de Ciências do Sistema Terrestre (INPE/CCST), Cachoeira Paulista-SP, Brasil, Fone: (12) 3186-8546, e-mail: priscila.tavares@inpe.br.

²Alunas do curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras (UFLA) – MG, e-mails: danic_rodrigues@yahoo.com.br; nicole.resende@yahoo.com.br

³Engenheira agrônoma, pesquisadora do INPE-CCST, São José dos Campos – SP, Brasil, e-mail: angelica.giarolla@inpe.br.

⁴Meteorologista, pesquisadora do INPE-CCST, Cachoeira Paulista – SP, Brasil, e-mail: chou.sinchan@cptec.inpe.br.

⁵Centro de Ecofisiologia e Biofísica- IAC/APTA, Campinas -SP, e-mail: mcamargo@iac.sp.gov.br

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011. SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES.

Resumo: O presente estudo teve como objetivo avaliar e estimar a duração da floração e da maturação do café arábica (*Coffea arabica* L.), cultivar Mundo Novo, para os municípios de Campinas, Mococa, Pindorama e Ribeirão Preto, localizados no estado de São Paulo, a partir de dados diários de temperaturas mínima e máxima geradas pelo modelo Eta/CPTEC 40km, cenário A1B (2011-2100). Séries históricas destas localidades foram utilizadas para ajuste do modelo a partir da remoção dos erros sistemáticos. A duração do período de floração e maturação foi baseada no método do graus-dia, utilizando os valores com correção do fator hídrico, de 2733 graus-dia e temperatura base de 10,5°C. 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 em 2071-2100 uma redução média de 51 dias, ocasionada pelas projeções do aumento da temperatura média do ar.

Palavras-chave: graus-dia, cultura do café, modelo Eta/CPTEC, mudanças climáticas

DURATION OF FLOWERING AND RIPENING STAGES OF COFFEE CROP (*COFFEA ARABICA* L.) IN THE FUTURE CLIMATE CHANGE A1B SCENARIO REPRODUCED BY THE ETA/CPTEC MODEL AT 40-KM RESOLUTION

Abstract: The objective of this work is to evaluate the duration of flowering and maturation phases of coffee crop (*Coffea arabica* L.), Mundo Novo cultivar, in the future climate change scenario A1B. The evaluation will be based on Eta/CPTEC downscaled scenario at 40km resolution in São Paulo state: Campinas, Mococa, Pindorama and Ribeirão Preto locations. Observed data sets of those locations in the period 1961-1990 were used to adjust Eta/CPTEC model and to remove systematic errors. The duration of flowering and ripening stages of coffee crop was based on the method of degree-days (DD) it was considered 2733 DD and base temperature of the 10.5°C. For the present climate, the model presented good performance after removing the systematic errors. It was noted a 51-day reduction during the phenological phase for the 2071-2100 period, due to the increase of mean air temperature.

Keywords: degree days, coffee crop, model Eta/CPTEC, climate change

1.0 Introdução

O café é uma das bebidas mais populares e um dos produtos mais importantes no comércio internacional, sendo o Brasil o maior exportador, o que mostra a relevância da cultura no cenário nacional. O clima exerce um importante papel na produção cafeeira, uma vez que as condições meteorológicas, como temperaturas mínimas e máximas do ar durante os estágios fenológicos críticos, interferem na produtividade. O aumento da temperatura média acarreta no desenvolvimento acelerado das fases fenológicas, como florescimento e maturação, diminuindo o ciclo e causando 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 de grande importância para os produtores, principalmente para os tomadores de decisões. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a duração, em dias, das fases críticas (floração e maturação) do cafeeiro em algumas regiões produtoras do estado de São Paulo, para projeções do cenário A1B (2011-2100) simuladas pelo modelo regional Eta/CPTEC.

2.0 Material e métodos

Utilizou-se as simulações do Eta/CPTEC, com resolução horizontal de 40km, para o clima presente (1961-1990) e para projeções do cenário A1B divididas em três sub-períodos: 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100. Detalhes do modelo Eta/CPTEC adaptado para gerar cenários de mudanças climáticas podem ser encontrados em Chou et. al. (2011). Consideram-se valores de temperatura média do ar (°C), calculados pela média aritmética das temperaturas nos horários das 1800 UTC e das 0600 UTC, 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. Supondo 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:

$$GD = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{i}n}}{2} - T_b \right)$$

em que: GD - Total de graus-dia acumulado; $T_{m\acute{a}x}$ - Temperatura máxima do ar (°C); $T_{m\acute{i}n}$ - Temperatura mínima do ar diária (°C); T_b - Temperatura-base do café (°C); n - Número de dias do período. Considerou-se para esse estudo, o Graus-dia acumulado durante o período da floração até a colheita de 2733 e a T_b do café igual a 10,5°C, conforme apresentado por

Nunes et al., (2010). É importante destacar que os valores de GDA = 2733 e Tb = 10,5°C foram ajustados com o fator de correção hídrica, cultivar Mundo Novo (Nunes et al., 2010). Utilizou-se a representação do ciclo fenológico do café arábica proposto por Camargo e Camargo (2001), 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).

2.0 Resultados e discussão

Primeiramente, fez-se a identificação dos erros sistemáticos e posteriormente realizou-se a remoção dos mesmos, tanto para o clima presente quanto para os cenários futuros. A avaliação consistiu da análise do viés (erro sistemático), calculado conforme teste de Willmot et al. (1985). Observou-se no clima presente (1961-1990) que após a remoção do erro sistemático o modelo Eta obteve bom desempenho. Vale ressaltar que, algumas séries observadas apresentaram períodos significativos de falhas, desfavorecendo, assim, um melhor ajuste do modelo para a localidade (Tabela 1). Portanto, 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

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

Verificou-se, em todos os municípios, uma diminuição da duração das fases de floração e maturação do café arábica, cultivar Mundo Novo, nas projeções do cenário de mudanças climáticas A1B, causada pelo aumento da temperatura média do ar. As reduções foram, em média, da ordem de 50 dias, passando de aproximadamente 210 dias, observado no clima presente, para 158 dias, simulado para período de 2071-2100. Vale mencionar que, as durações dos estádios de floração-maturação, estimadas com as saídas do modelo Eta/CPTEC para o clima presente foram semelhantes aos valores encontrados por Nunes et al. (2010). Nunes e colaboradores utilizaram modelos agrometeorológicos para estimar a duração de seis ciclos (anos agrícolas) para o 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). Sob o aspecto de mudanças climáticas na cafeicultura, é importante ressaltar a revisão feita por Camargo (2010), a qual aborda o tema impacto da variabilidade e da mudança climática na produção de café arábica no Brasil. O autor apresenta algumas estratégias que podem ser avaliadas para atenuar/mitigar o impacto das temperaturas desfavoráveis na cafeicultura em caso de aquecimento global, tais como: sistemas de sombreamento (arborização), plantio em altas densidades, manter solo vegetado, irrigação correta e adaptações agrônômicas com foco em programas de melhoramento.

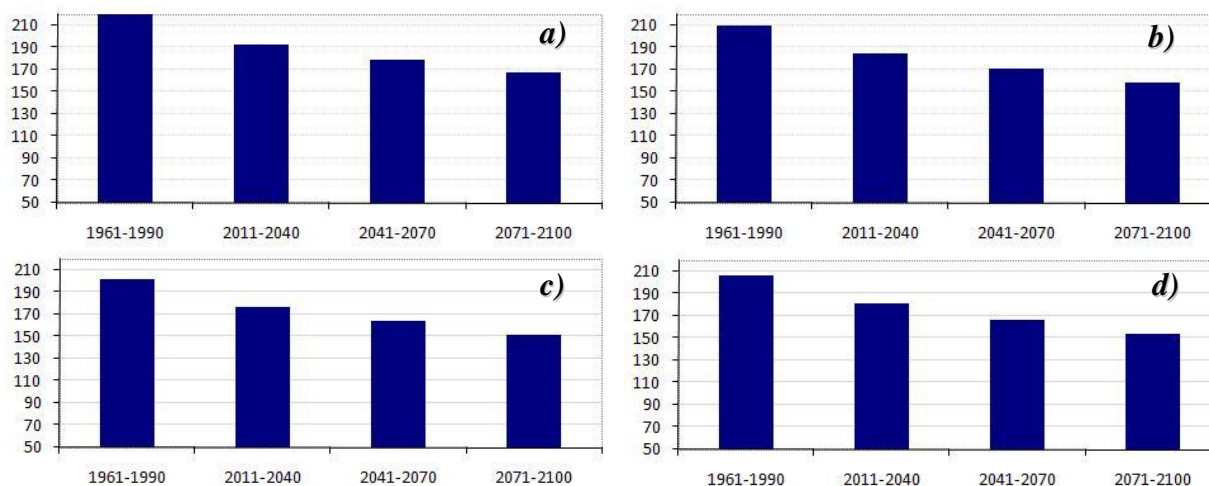


Figura 2 - Duração dos estádios floração-maturação do café arábica (em dias), para total acumulado de GD de 2733°C.dia para as estações de a) Campinas, b) Mococa, c) Pindorama e d) Ribeirão Preto. Cenário presente (1961-1990) e projeções do cenário A1B (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100).

3.0 Conclusões

O modelo regional Eta/CPTEC apresentou bom desempenho na simulação do clima presente (1961-1990) para a duração das fases de floração e maturação do café arábica Mundo Novo para os municípios produtores de Campinas, Mococa, Pindorama e Ribeirão Preto, localizados no estado de São Paulo. Fornecendo, portanto, indícios da duração futura média das fases na região, durante o período de 2011 a 2100, no caso de estabelecimento do cenário de mudanças climáticas A1B. Podendo assim, contribuir para estudos que antecipem medidas preventivas de adaptação e mitigação da cafeicultura nas localidades estudadas.

4.0 Agradecimentos

Aos projetos FCO_GOF-Dangerous Climate Change DCC e PNUD BRA/05/31 e ao Instituto Agronômico de Campinas – IAC, pela concessão dos dados observados.

5.0 Referências bibliográficas

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 SC, Marengo JA, Lyra A, Sueiro G, Pesquero J, Alves LM, Kay G, Betts R, Chagas D, Gomes JL, Bustamante J, Tavares P. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamics*. DOI 10.1007/s00382-011-1002-8, 2011.

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.

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.