

# ANÁLISE DOS DADOS DE PROJEÇÃO CLIMÁTICA DO MODELO ETA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CULTURA DO CAFÉ ARÁBICA

PRISCILA P. COLTRI<sup>1</sup>, RENATA R.V. GONÇALVES<sup>2</sup>, ANA M. H. AVILA<sup>3</sup>, LUCIANA A. S. ROMANI<sup>4</sup>, JURANDIR ZULLO JR.<sup>5</sup>, HILTON S. PINTO<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, doutoranda da Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri /Unicamp, Campinas-SP, Fone: (19)3521-1127, pcoltri@cpa.unicamp.br. <sup>2</sup>Engenheira Cartógrafa, doutoranda da Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri /Unicamp, Campinas-SP.

<sup>3</sup>Meteorologista, Pesquisadora Dra. do Cepagri/Unicamp, Campinas-SP. <sup>4</sup>Cientista da Computação, Pesquisadora Dra. da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP. <sup>5</sup>Engenheiro Agrícola, Pesquisador Dr. do Cepagri/Unicamp, Campinas-SP. <sup>6</sup>Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Dr. do Cepagri/Unicamp, Campinas-SP

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

**RESUMO:** Extremos de temperatura durante a fase do florescimento do café arábica causam abortamento de flores e perda na produção. Estudos de projeção climática, normalmente baseados em modelos de baixa resolução, já demonstram perdas na produção de café como consequência das altas temperaturas. No entanto, esses estudos têm uma menor precisão nas respostas por causa da resolução dos modelos, e novos estudos baseados em modelos de melhor resolução se tornam necessários. Este trabalho apresenta uma análise das implicações dos extremos de temperatura e precipitação na aptidão climática em municípios tradicionalmente produtores de café em Minas Gerais e São Paulo, utilizando o modelo climático Eta (40km de resolução). Primeiramente, as respostas do modelo foram comparadas com os dados climáticos atuais (dados observados). As projeções do modelo Eta foram satisfatórias porque seguem o padrão do clima já existente. Os dados do modelo demonstram um deslocamento do maior déficit hídrico do ano para o mês de setembro. O modelo projeta cenários com aumento de temperaturas, principalmente nos meses de setembro e outubro, que é o florescimento do café, impactando a produção de café arábica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aptidão climática, Café arábica, Eta,

**ABSTRACT:** Extreme temperatures during Coffee Arabica's flowering season cause flower abortion, leading to loss of production. If temperatures rise as consequence of climate change, coffee crop could suffer geographical reconfiguration of its cultivation. Existing studies show a significant loss of production due to predicted higher temperatures, however, due to the low resolution of the climate models used, the studies' precision is low and new studies based on higher resolution climate models are needed. This study aims to analyze the implications of extreme temperatures and rainfall for climate suitability of Coffee Arabica in traditional producing cities in Minas Gerais and São Paulo, using the output of Eta climate model (40km resolution). Eta model responses validated against the current climate (observed data) were considered satisfactory, as they follow the existing weather pattern. For the future, the model predicts temperature increases especially in September and October (flowering season in the studied area). Moreover, the water balance shows that the soil moisture deficit could be changed for the month of September, impacting coffee production.

**KEYWORDS:** Suitable climate areas, coffee, model ETA

**INTRODUÇÃO:** A variabilidade climática é um dos principais fatores responsáveis pelas oscilações e frustrações nas produções de café no Brasil, especialmente em Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Paraná, que são os maiores produtores do grão no país (CAMARGO, 2010). Assad et al (2004) ressaltam que nas plantas, o aumento da temperatura é diretamente proporcional à atividade fotossintética. No caso do cafeeiro da espécie *Coffea arabica*, temperaturas médias anuais ótimas situam-se entre 18°C e 22°C, e, a ocorrência frequente de temperaturas máximas superiores a 34°C causa o abortamento de flores e, conseqüentemente, perda de produtividade (CAMARGO, 1985; SEDIYAMA et al.,2001). Temperaturas entre 28°C e 33°C provocam uma redução na produção de folhas e na atividade fotossintética do cafeeiro (CAMARGO, 1985). Pinto et al (2008) ressaltam que o café arábica, em um cenário climático pessimista (sem mitigação dos Gases de Efeito Estufa (GEEs)), poderia perder, em 2070, cerca de 33% de sua área com menor risco climático, o que equivaleria a perdas financeiras em torno de R\$ 3 bilhões. Nesse cenário, os principais estados produtores se tornariam de alto risco climático e, no futuro, a cultura poderia migrar para regiões atualmente mais frias, tal como o sul do país.

Uma das principais ferramentas para esse tipo de estudo climático em longo prazo são os “Modelos de Circulação Geral Acoplado Oceano-Atmosfera” (CGCMs). A utilização de um “Modelo Regional” permite, por conta de sua resolução, um estudo mais adequado para impactos dessa magnitude. Nesse sentido, o modelo Eta, com 40km de resolução, (CHOU et al, 2000) vem se destacando em estudos desse porte. O objetivo deste trabalho foi analisar a resposta do modelo Eta em relação ao cenário presente climatológico e suas implicações na cultura do café arábica no que se refere a riscos de abortamento por extremos climáticos.

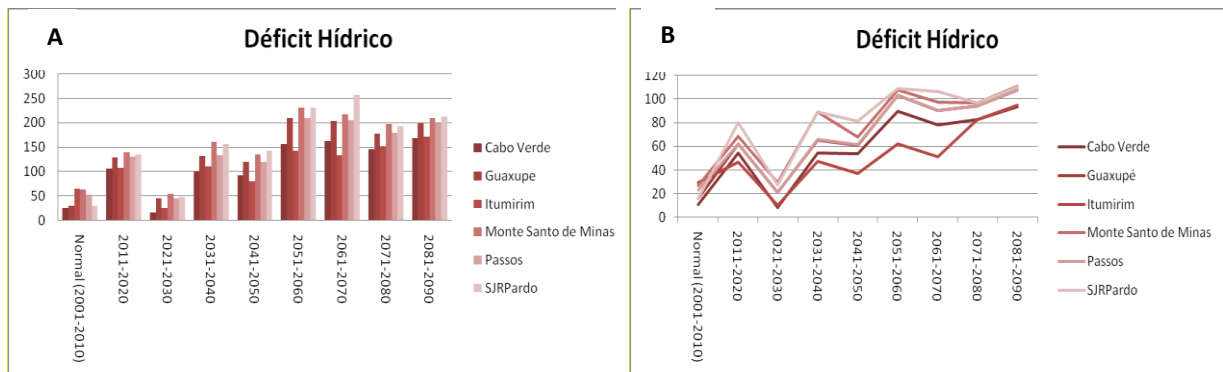
**MATERIAL E MÉTODOS:** Para a realização deste trabalho, foram selecionados cinco municípios tradicionalmente produtores de café arábica no sul de Minas Gerais e no norte de São Paulo, sendo eles: Cabo Verde (MG), Guaxupé (MG), Itumirim (MG), Monte Santo de Minas (MG), Passos (MG) e São José do Rio Pardo (SP).

Para representar o clima atual de cada um dos municípios, foram utilizados dados de precipitação, temperatura máxima e mínima, obtidos pelo sistema AgriTempo ([www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br)) e disponibilizados no *website* da Cooperativa COOXUPÉ. Para os municípios de Cabo Verde, Monte Santo de Minas e São José do Rio Pardo, os dados climáticos disponíveis eram de 2001 a 2010. Já para os municípios de Guaxupé e Itumirim, os dados disponíveis eram de 1960 a 2010 e, para o município de Passos, de 1979 a 2010. Neste trabalho, essas séries de dados foram chamadas de “normal climatológica”. Para a representação dos cenários futuros (2011 a 2090) utilizou-se dados diários do modelo Eta, cedidos pelo CPTEC/INPE, na mesma latitude e longitude das estações dos municípios escolhidos. Segundo Chou et al (2000) o modelo Eta utiliza como condição de contorno o modelo acoplado oceano - atmosfera HadCM3. O modelo está inserido no cenário A1B do SRES (*Special Reports on Climate Change*) do IPCC, e é configurado com tamanho de grade de 40 km e 38 camadas na vertical. O Modelo Regional Eta oferece quatro cenários de sensibilidade, alta, média, baixa e sem perturbação. Neste trabalho utilizou-se o sem perturbação. Para o estudo do clima, o modelo utiliza a concentração constante de 330 ppm de CO<sub>2</sub>.

O cálculo da deficiência e do excedente hídrico anual foi feito a partir da estimativa do balanço hídrico climático utilizando o método de Thornthwaite & Mather (1955), utilizando planilhas no ambiente Excel (ROLIM et al., 1998), considerando um armazenamento de água no solo correspondente a 125mm (ASSAD et al, 2004). O balanço hídrico foi feito para os dados disponíveis do clima atual (normal climatológica), e para cada década do cenário futuro fornecido pelo modelo ETA: 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040, 2041-2050, 2061-2070, 2071-2080 e 2081-2090.

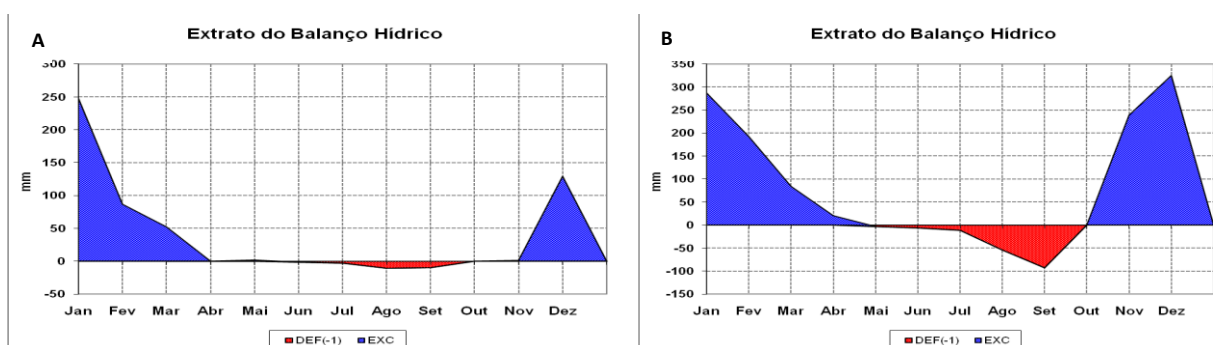
Os dados diários de temperatura máxima do modelo ETA, também foram utilizados para analisar a quantidade de dias com temperaturas máximas acima de 34°C, nos meses de setembro e outubro dos anos projetados, a fim de verificar como as temperaturas máximas poderão influenciar na floração do café arábica dessas regiões.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A partir dos dados do balanço hídrico anual, pode-se verificar que tanto os déficits hídricos quanto os excedentes, em geral, se tornaram mais intensos nas cidades estudadas quando comparados com o clima atual. A quantidade de déficit hídrico tende a aumentar em todos os municípios estudados, conforme as Figura 1A e 1B.



**Figura 1:** Em A) Somatória do Déficit Hídrico em mm dos anos da normal climatológica e dos dados dos modelos, em B) Maior déficit hídrico calculado para cada década.

Para todos os municípios estudados, o déficit hídrico mais acentuado da normal climatológica aconteceu no mês de agosto. Com exceção do município de Cabo Verde, os meses nos quais ocorre déficit hídrico são abril, maio, junho, julho e agosto. Em Cabo Verde, a normal climatológica indicou déficit nos meses de junho, julho, agosto e setembro. As projeções climáticas do modelo ETA indicaram que, os déficits hídricos mais acentuados tendem a se deslocar para o mês de setembro, e se prolongam, para todos os municípios, de abril a setembro. As Figuras 2A e B demonstram o extrato do balanço hídrico para a cidade de Cabo Verde na normal climatológica (2A) e da década de 2081 a 2090 (2B).

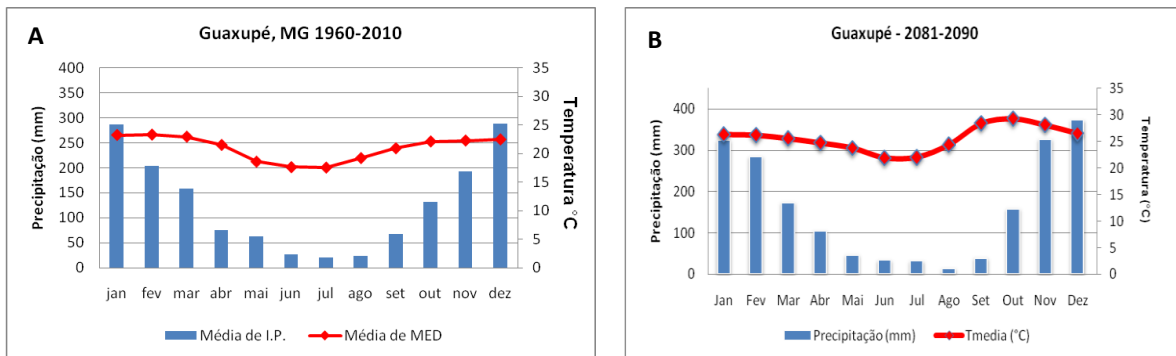


**Figura 2-** Em A.: Extrato do Balanço Hídrico da Cidade de Cabo Verde, MG, de 2001 a 2010. Em B.: Extrato do Balanço Hídrico da cidade de Cabo Verde, MG, de 2081 a 2090 com dados do modelo ETA.

Nem todos os municípios apresentaram intensificação dos excedentes hídricos. Passos e Guaxupé, por exemplo, não apresentam tendência de aumento nessas intensidades. Os demais municípios apresentaram aumento no excedente hídrico.

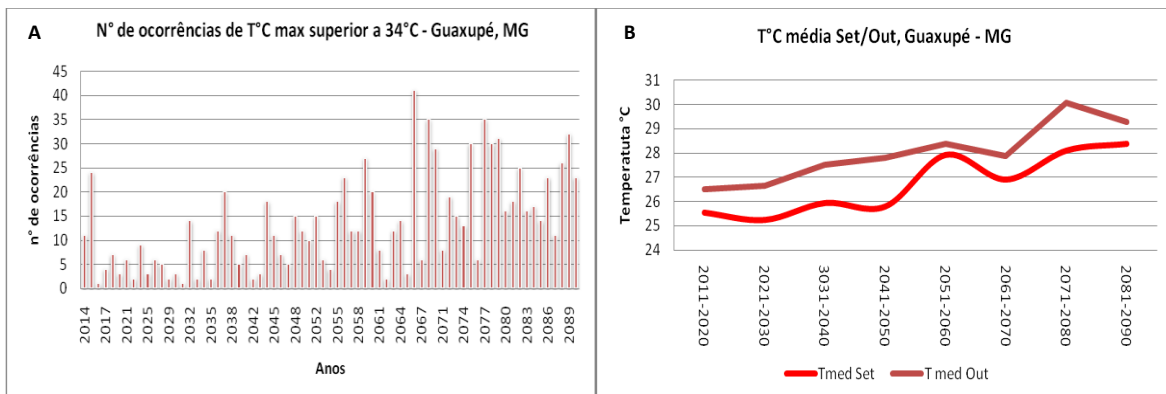
A projeção do modelo Eta indica elevação das temperaturas, assim como a intensificação do período de seca nos meses de junho, julho e agosto (o que culmina no maior déficit hídrico de

setembro). Essa projeção, em comparação com o clima atual, pode ser observada nas Figuras 3 A e B, que apresentam a temperatura média e a precipitação média da normal climatológica (dados reais) e da fornecida pelo modelo Eta (2081- 2090).



**Figura 3-** Média da Precipitação mensal e da temperatura média mensal da normal climatológica (dados reais) de 1960 a 2010 (em A) e para a década de 2081-2090 (dados do modelo ETA) (em B) para o Município de Guaxupé, MG.

A elevação das temperaturas, projetadas no cenário futuro do modelo Eta, foi verificada em todos os municípios estudados. A Figura 4A apresenta o número de ocorrências de temperatura acima de 34°C nos meses de setembro e outubro para o município de Guaxupé, MG. Seguindo a tendência de Guaxupé, todos os municípios estudados apresentam um aumento no número de ocorrências de temperaturas superiores a 34°C nesses meses. Os dados do modelo demonstram um aumento significativo dessas ocorrências, principalmente depois de 2050, fato esse muito importante para a cultura do café, pois afeta diretamente em seu florescimento (ASSAD et al, 2004; SEDIYAMA et al.,2001, PINTO et al, 2008). As temperaturas médias desses meses, para o município de Guaxupé, de 2011 a 2090, podem ser observadas na Figura 4B. Os demais municípios seguiram a mesma tendência.



**Figura 4-** Em A.: Número de ocorrências de temperaturas máximas (fornecidas pelo modelo ETA) superiores a 34°C, no município de Guaxupé (MG), nos meses de Setembro e Outubro de 2011 a 2090. Em B.: Evolução da temperatura média (modelo ETA) para os meses de Setembro e Outubro de 2011 a 2090 no município de Guaxupé, MG.

Segundo Camargo (1985) temperaturas médias acima de 30°C podem provocar danos à folhagem e, se essas temperaturas elevadas ocorrem na fase do florescimento, nos meses de setembro e outubro, pode culminar no abortamento dos botões florais, não produzindo frutos e interferindo diretamente na produção final. Nesse sentido, os dados do modelo demonstram que a elevação da temperatura nos locais estudados, pode influenciar na aptidão climática da cultura do café arábica.

Vale ressaltar que os dados do modelo Eta seguiram um padrão climático equivalente ao regime climatológico encontrado nos dados reais, ou seja, com quantidades de precipitações mais altas nos meses mais chuvosos (janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro, dezembro) e mais baixos nos meses atualmente mais secos (junho, julho, agosto, setembro). Além disso, no que diz respeito à temperatura, o modelo aponta uma condição de aumento de temperatura, mas seguindo a mesma tendência dos dados atuais (de temperaturas maiores no verão/primavera, e menores no inverno/outono). Esses resultados encontrados indicam, portanto, a alta qualidade dos dados do modelo Eta em uma escala regional, de 40km, possibilitando o uso desses dados para estudos agrometeorológicos.

**CONCLUSÕES:** A partir deste trabalho é possível concluir que os dados do modelo Eta regional, de resolução de 40km, seguem um mesmo padrão climático do regime climatológico atual, possibilitando o uso desses dados para estudos em agrometeorologia. Os dados da projeção climática do modelo apontam para um aumento das temperaturas, principalmente nos meses de setembro e outubro, o que pode prejudicar a aptidão climática do café nas localidades estudadas. Além disso, os dados do modelo apontam para um deslocamento do maior déficit hídrico do ano para o mês de setembro.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem às agências CNPq, Capes, Fapesp e Microsoft Research

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; AVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.

CAMARGO, M. B. P. de. 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.C. Clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, n.126, p.13-26, 1985.

CHOU S.C, NUNES A.M.B, CAVALCANTI I.F.A. Extended range forecasts over South America using the regional Eta model. **J Geophys Res** 105:10147-10160, 2000.

SEDIYAMA, G.C. ; MELO JUNIOR, J .C. ; SANTOS, A.R. ;RIBEIRO, A.; COSTA, M.H.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N.; COSTA, L.C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.501-509, 2001.

PINTO, H.S.; ASSAD, E.D. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**, Campinas, SP. 2008. 83p.

ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137, 1998.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Climatology**, v.8, n.1, 104p., 955.