

O AQUECIMENTO GLOBAL E A CAFEICULTURA BRASILEIRA

Hilton S. Pinto¹, Jurandir Zullo Junior¹, Eduardo D. Assad², Balbino A. Evangelista³

¹Cepagri/Unicamp. CNPq; ²Embrapa Informática Agropecuária. CNPq; ³Agroconsult Ltda.

E-mails: hilton@cpa.unicamp.br, jurandir@cpa.unicamp.br, assad@cnptia.embrapa.br,

balbino@agroconsult.agr.br

RESUMO

A cultura do café no Brasil é caracterizada por plantas da espécie arábica (*Coffea arabica* L.), predominantes nas áreas com temperaturas médias anuais entre 18°C e 22°C, e por plantas da espécie robusta (*Coffea canephora* Pierre), cultivadas nas áreas com temperaturas médias anuais entre 22°C e 26°C. Temperaturas fora desses limites causam danos ao cultivo do café devido ao abortamento floral por ondas de calor ou por morte de tecidos devido a geadas. Considerando as perspectivas de aumento das temperaturas globais anunciadas pelo IPCC, o presente trabalho avalia, com base no comportamento eco-fisiológico das plantas, a adaptabilidade climática de ambas as espécies de café às novas condições de temperatura que poderão predominar no país, em especial entre as regiões Sudeste e Sul.

Palavras-chave: Café arábica, café robusta, mudança climática.

ABSTRACT

According to the reports of the Intergovernmental Panel of Climatic Change – IPCC 2001 and 2007 - the global extreme temperature is supposed to increase to the end of the century from 1.2°C to 6.4°C and the total rainfall can increase about 15% in the tropical area. Using these parameters numerical models of productivity based on water balance and on physiological properties of the crops were developed for two species of coffee - *Coffea Arabica* L. and *Coffea robusta* Pierre. Therefore scenarios of the Brazilian coffee cultivation were established as simulated by three different levels of temperature (+1,0°C, +3,0°C and +5,8°C) and an increase of 15% of rainfall. The results showed a migration of coffee arabica from Southeast to South of the country and a possibility of robusta coffee cultivation in the Southeast.

Keywords: Arabica coffee, robusta coffee, climate change.

1. INTRODUÇÃO

O relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007) confirmou e atualizou os resultados anteriores (IPCC 2001a, b), indicando uma situação inquietante quanto ao aumento da temperatura no planeta e seus efeitos na produção agrícola. Considerando as causas naturais e antropogênicas, a previsão é que a temperatura global deverá aumentar, até o final do século vinte e um, entre 1,4°C e 5,8°C, tendo a média de 1961-

1990 como referência, com valores extremos da ordem de 1,2°C e 6,4°C, dependendo da localização do país considerado. Esses cenários complementam os estudos feitos anteriormente pelo próprio IPCC (IPCC, 1997) que estimou um incremento na temperatura de 0,05°C por década e observou um aumento de chuvas entre 0,5 a 1,0% por década, até o final do século vinte, no Hemisfério Norte. No setor da região tropical compreendida entre 10°N e

10°S, o incremento na precipitação detectado nos estudos do IPCC (IPCC, 1997) foi de 0,2 a 0,3%. Independentemente das críticas e sugestões aos relatórios do IPCC (Gray, 1997; Reilly et al., 2001; Webster et al., 2001; Wingley e Raper, 2001), qualquer aumento das temperaturas, nas diferentes regiões do globo terrestre, levará a alterações do comportamento agrícola, provocando uma mudança das fronteiras de exploração econômica ou de subsistência. O objetivo deste artigo é avaliar, com base no comportamento eco-fisiológico das plantas de café, a aptidão das espécies arábica e robusta às novas condições climáticas que poderão predominar nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.

2. CLIMA E COMPORTAMENTO VEGETAL

No Brasil, até o ano 2001, foram poucos os estudos desenvolvidos sobre o efeito das mudanças climáticas e seus impactos na agricultura. Assad e Luchiari Jr. (1989) avaliaram as possíveis alterações de produtividade para as culturas de soja e milho em função de cenários de aumento e redução das temperaturas. Siqueira et al. (1994) apresentaram, para algumas regiões do Brasil, os efeitos das mudanças globais na produção de trigo, milho e soja. Uma primeira tentativa de identificar o impacto das mudanças do clima na produção regional foi feita por Pinto et al. (1989 e 2001), que simularam os efeitos da elevação da temperatura do ar e da chuva no zoneamento do café para os Estados de São Paulo e Goiás. Novos trabalhos elaborados nos últimos cinco anos, no entanto, analisaram com detalhe o comportamento da agricultura nos cenários prognosticados pelo IPCC. Desses, podem ser citados os trabalhos desenvolvidos por Assad et al. (2004), Pinto et al. (2005) e Zullo et al. (2006), que tratam da alteração dos cultivos no Brasil em função dos cenários de aumento das temperaturas em 1,4°C, 3,0°C e 5,8°C.

O principal aspecto que condiciona a adaptabilidade biológica das culturas ao clima refere-se ao efeito direto nas plantas, do aumento da temperatura e da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, que alteram, de forma significativa, o

comportamento dos estômatos e, conseqüentemente, da fotossíntese. A concentração do CO₂, sendo próxima de 300ppm, está bem abaixo da saturação para a maioria das plantas. Níveis excessivos, próximos de 1.000ppm passam a causar fitotoxicidade. Nesse intervalo, de modo geral, o aumento do CO₂ promove maior produtividade biológica nas plantas, conforme demonstraram Assad e Luchiari (1989). Da mesma forma, o aumento da temperatura do ar condiciona um comportamento biológico cada vez menos eficiente à medida que as temperaturas se aproximam de 34°C, principalmente durante a fase de florescimento, como no caso da planta de café arábica (Figura 1), que causa o abortamento das flores, transformando-as no que são comumente chamadas de “estrelinhas” (Iaffe et al., 2003 a).

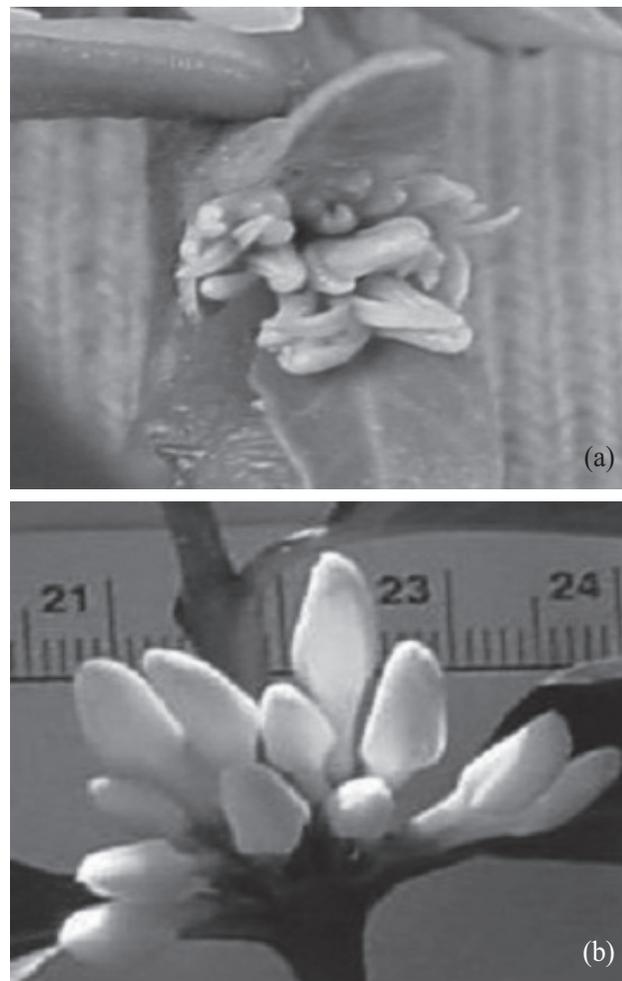


Figura 1: a) Botões florais normais; b) Botões abortados ou “estrelinhas”, devido à ocorrência de temperaturas elevadas observadas.

Fonte: Iaffe et al. (2003 a).

Temperaturas próximas a 40°C nas folhas tendem a causar uma diminuição gradual da fotossíntese nas plantas do tipo C₃, conforme mostrado na Figura 2. A denominação C₃ advém do fato da maioria das plantas verdes formarem como primeiro produto estável da cadeia bioquímica da fotossíntese o ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA), uma molécula com três carbonos. As plantas C₄ são assim chamadas por formarem como primeiro produto da fotossíntese o ácido oxalacético (4C), o qual é rapidamente reduzido a ácido málico e ácido aspártico, ambos com 4C, porém mais estáveis. Estruturalmente, outra diferença entre as plantas C₃ e C₄ é a presença, nestas últimas, de uma camada proeminente de células clorofiladas envolvendo os feixes condutores da folha (“Anatomia Kranz” ou “Síndrome de Kranz”) (HERBÁRIO, 2007).

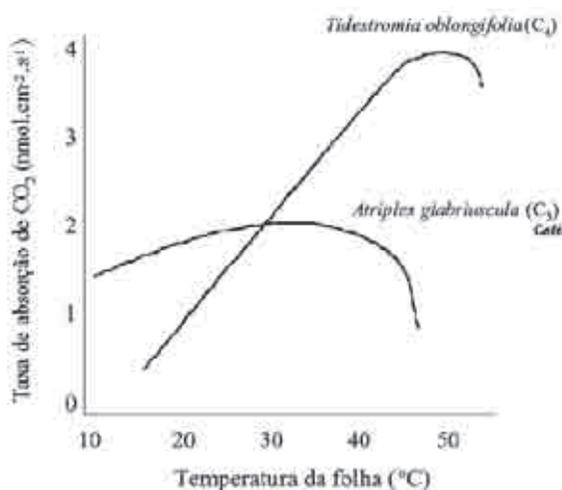


Figura 2: Efeito da temperatura no processo da fotossíntese em plantas dos tipos C₃ (café e girassol, por exemplo) e C₄ (cana-de-açúcar e milho, por exemplo).

Fonte: <http://www.herbario.com.br/cie/universi/teoriacont/1003fot.htm>.

3. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS ADEQUADAS AO CULTIVO DO CAFÉ NO BRASIL

Os limites para a definição da aptidão climática das espécies robusta e arábica de café no Brasil, que condicionam riscos de safras menores que 20%, são mostrados na Tabela 1. Esses valores são estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária

e Abastecimento (MAPA), com base no Zoneamento de Riscos Climáticos. Os cálculos das deficiências hídricas mensais e anual foram feitos pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), para armazenamento de água no solo igual a 125mm.

Tabela 1: Valores limites da deficiência hídrica e da temperatura determinantes da aptidão climática dos cafés arábica e robusta no Brasil.

Espécie	DHA (mm)	DHSet (mm)	DH Out-Mar (mm)	TMAno (°C)	TMNov (°C)
Arábica	<150	-	-	>18 <23	<24
Robusta	<200	<50	<10	>22 <26	<25

As siglas DHA, DHSet, DHOut-Mar, TMAno, TMNov significam, respectivamente, Deficiência Hídrica Anual, Deficiência Hídrica no mês de Setembro, Deficiência Hídrica entre Outubro e Março, Temperatura Média Anual e Temperatura Média no mês de Novembro. Fonte: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=12485>.

4. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO SUL E SUDESTE DO BRASIL

Uma avaliação da variabilidade climática ao longo do tempo no Brasil mostra que, dependendo da região analisada, podem ocorrer alterações contínuas ou ciclos bem demarcados dos elementos meteorológicos, como a chuva e temperatura. No Estado de São Paulo, Pinto et al. (1989) analisaram o comportamento das chuvas médias anuais na região de Campinas (SP), de 1890 a 2000, e observaram que não existia uma tendência de aumento ou decréscimo nos totais pluviométricos, mas uma oscilação cíclica passando por um mínimo de 1.000 mm e um máximo de 1.700 mm em fases de cerca de 35 anos. Medidas diárias efetuadas entre 1940 e 1997, pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), em 391 estações pluviométricas distribuídas pelo Estado de São Paulo, após analisadas quanto à consistência, homogêneas e consolidadas em médias anuais, mostraram uma clara tendência de

aumento nesse período, coincidente com a curva da precipitação pluviométrica de Campinas, o que permitiu inferir que o comportamento hidrológico da região de Campinas poderia ser representativo do Estado.

A Figura 3, elaborada com dados termométricos observados entre 1890 e 2006 no Centro Experimental do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), exemplifica um acréscimo significativo de cerca de 0,0225°C/ano na temperatura média mínima anual, ou seja, um aumento de 2,6°C nos últimos 116 anos. Outras análises efetuadas com séries climáticas de localidades no Sudeste e Sul do país mostraram tendências semelhantes para aumento das temperaturas da ordem de 0,02/ano em Sete Lagoas (MG) ou 0,008°C/ano em Pelotas (RS). Em todos os casos citados, as maiores tendências de crescimento foram observadas nas temperaturas mínimas.



Figura 3: Variação das temperaturas mínimas médias anuais entre 1890 e 2006 na região de Campinas, SP. Dados do IAC/SAA.

Considerando que a cultura do café é extremamente sensível a temperaturas elevadas na época do florescimento, o que acarreta o abortamento floral com conseqüente queda da produção, pode-se ter uma avaliação do comportamento regional da cultura em função principalmente das chamadas ondas de calor. Iaffe et al. (2003b) analisaram condições contrastantes de incidências de dias seqüenciais com temperaturas acima de 34°C e mostraram que a região noroeste de São Paulo tem uma probabilidade próxima a 25% de

ocorrência de pelo menos dois dias com temperaturas máximas iguais ou superiores a 34°C. Campinas, por exemplo, tem cerca de 3% de probabilidade para esse tipo de ocorrência.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trabalhos desenvolvidos por Assad et al. (2004), Pinto et al. (2005) e Zullo et al. (2006) mostram que o Brasil poderá perder cerca de 23% de sua área potencialmente apta ao cultivo do café arábica devido ao aumento de apenas 1,0°C na temperatura. A perda será de 58% caso a temperatura global aumente 3,0°C e o país perderá, aproximadamente, 92% da produção potencial de café arábica caso o prognóstico do IPCC de aumento de 5,8°C seja confirmado para o final do século. Observa-se, nos resultados obtidos por esses autores, que as áreas de inaptidão para a cultura cafeeira em função das temperaturas máximas suportadas pelas plantas – 23°C de média anual - aumentam significativamente até o final do século, deslocando a cultura progressivamente para o Sul do país e para áreas mais elevadas no Sudeste, em busca de clima mais ameno, assumindo a hipótese de redução da incidência de geadas com a elevação da temperatura global. No entanto, simulações preliminares para os cenários futuros de aumento das temperaturas no Sul do país mostram que essa alteração climática poderá beneficiar o cultivo do café arábica em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul onde serão encontrados padrões de temperatura e chuva compatíveis com a biologia do cafeeiro.

Por outro lado, os Estados de São Paulo e Minas Gerais, embora perdendo grande parte da área com potencial ao cultivo do café arábica, deverão sofrer modificações que beneficiarão o cultivo do café robusta, menos susceptível às altas temperaturas, conforme mostra a Tabela 2. Com exceção das condições atuais, as chuvas foram consideradas com 15% de aumento. Os cenários futuros são mostrados nas Figuras 4 e 5.

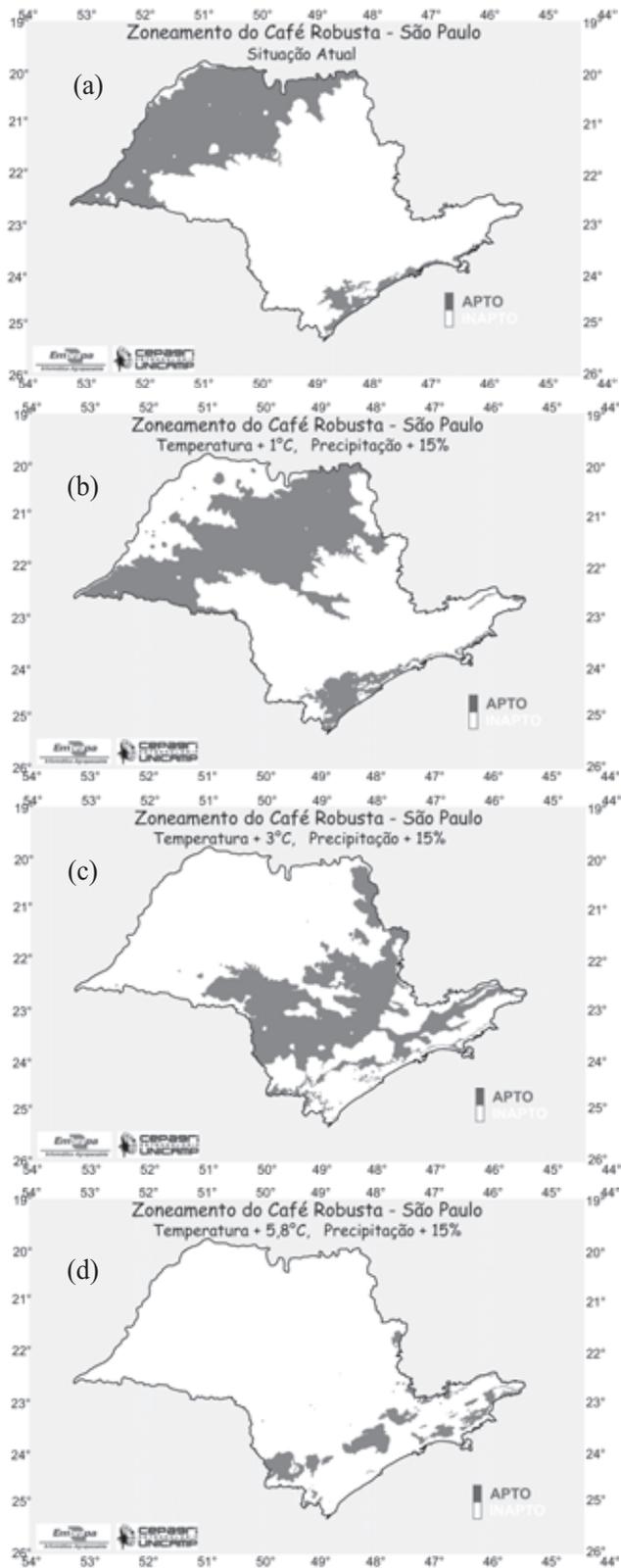


Figura 4: Mapas representativos das áreas com potencial ao cultivo do café robusta no Estado de São Paulo na condição climática atual (a) e cenários correspondentes a aumentos de 15% na chuva e 1,0°C (b), 3,0°C (c) e 5,8°C (d) na temperatura.

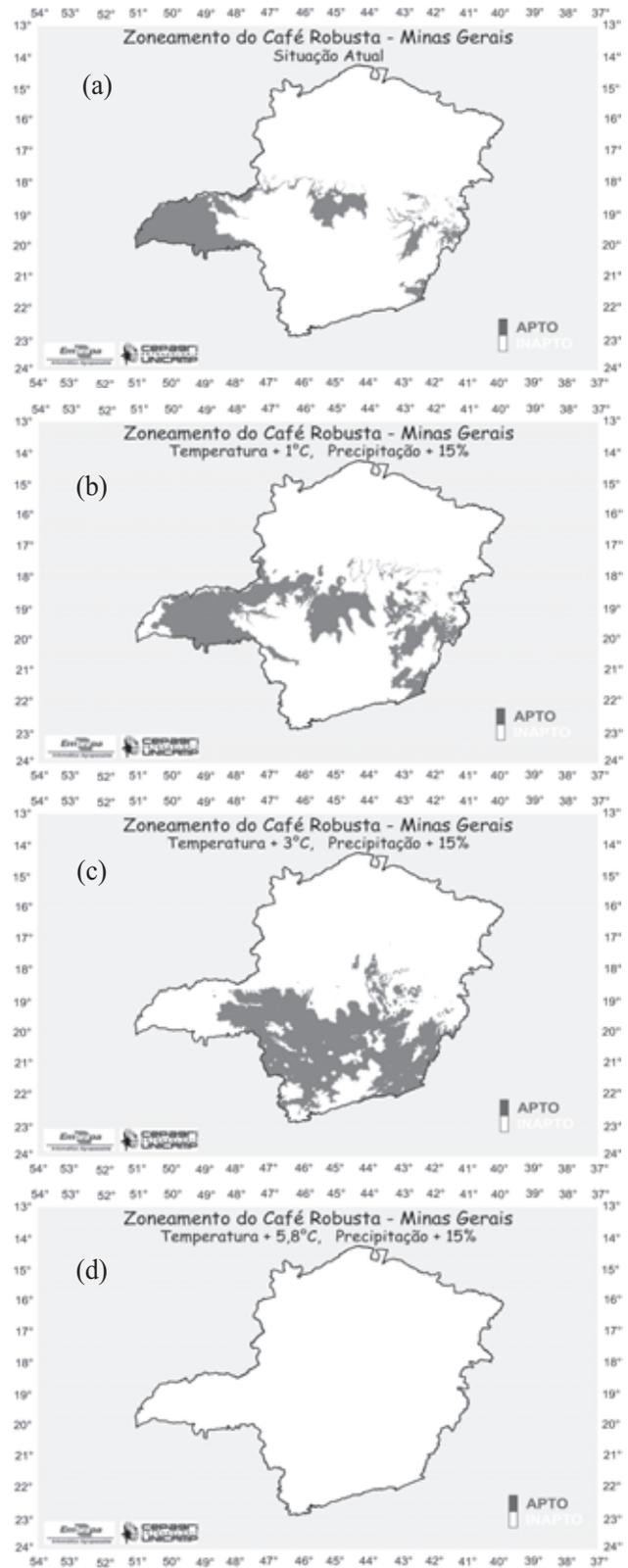


Figura 5: Mapas representativos das áreas com potencial ao cultivo do café robusta no Estado de Minas Gerais na condição climática atual (a) e cenários correspondentes a aumentos de 15% na chuva e 1,0°C (b), 3,0°C (c) e 5,8°C (d) na temperatura.

Tabela 2: Porcentagem de áreas climaticamente aptas ao plantio de café robusta nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, nas condições de temperatura atual e simulada para aumentos de temperatura de 1°C, 3°C e 5,8°C e 15% na chuva.

Estado	Área Potencial			
	Atual	+1,0°C	+3,0°C	+5,8°C
SP	31,1%	38,8%	29,6%	6,2%
MG	12,2%	20,5%	28,1%	0,0%

Segundo os dados do IBGE, disponíveis em <http://www.ibge.gov.br>, tem-se que, entre 1990 e 2005, o Estado de São Paulo perdeu cerca de 61% das áreas com cultivo de café arábica. Uma avaliação mais detalhada desses dados mostra que as regiões com temperaturas mais elevadas, próximas ao limite de maior susceptibilidade do cafeeiro, perderam mais áreas com cultivo do que outras regiões onde as temperaturas são normalmente mais baixas, sugerindo que um ligeiro aumento das temperaturas observado nesses anos pode ter sido suficiente para afetar negativamente a produtividade, levando os cafeicultores a mudarem de cultura. Coincidentemente, nesse mesmo período, a área com cultivo de seringueira no Estado, uma planta resistente ao calor, cresceu cerca de 10 vezes, de 3.700 ha para 37.000 ha, estabelecendo-se, principalmente, nas áreas anteriormente ocupadas pela cafeicultura. Por outro lado, o estado de Minas Gerais possuía, em 1990, uma área plantada com café arábica da ordem de 984 mil hectares e passou para 1,04 milhões em 2005. Nesse caso, o Triângulo Mineiro, região limítrofe de temperatura potencial para o cafeeiro, passou de 156 mil hectares para 146 mil hectares, enquanto que o Sul e o Sudeste do Estado, com áreas mais frias, passou de 413 mil hectares para 443 mil hectares. Não há uma indicação efetiva de que a causa dessas migrações da cultura tenha sido uma ligeira alteração climática, mas pode ter havido uma opção dos agricultores por uma cultura mais rentável devido à diminuição de produtividade do café.

6. CONCLUSÕES

Resultados obtidos anteriormente por Assad et al. (2004), Pinto et al. (2005) e Zullo et al. (2006) mostraram uma clara tendência de diminuição das áreas aptas para o cultivo do café arábica no Sudeste do país, considerando os cenários futuros apresentados pelo IPCC e que o acréscimo das temperaturas seja homogêneo nessas áreas. O presente trabalho demonstra que a perda de áreas aptas para o café arábica no Sudeste do país poderá ser compensada pelo aparecimento de áreas com aptidão ao desenvolvimento do café robusta, hoje encontrado nas áreas baixas do Espírito Santo. Além disso, avaliações preliminares indicam que, considerando os padrões utilizados no Zoneamento de Riscos Climáticos do Brasil, o café arábica poderá encontrar condições de potencial climático para seu desenvolvimento econômico nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Considerando o cenário de aumento das temperaturas, pode-se admitir que, nas regiões climaticamente limítrofes àquelas de delimitação de cultivo adequado das plantas agrícolas, a anomalia positiva de temperatura que venha a ocorrer será desfavorável ao desenvolvimento vegetal. Quanto maior a anomalia, menos apta se tornará a região, até o limite máximo de tolerância biológica ao calor. Por outro lado, culturas mais resistentes a altas temperaturas, provavelmente, serão beneficiadas, até o seu limite próprio de tolerância ao estresse térmico. No caso de baixas temperaturas, regiões que atualmente sejam limitantes ao desenvolvimento de culturas susceptíveis a geadas, com o aumento do nível térmico devido ao aquecimento global, passarão a exibir condições favoráveis ao desenvolvimento da planta. Um caso típico seria o da cultura cafeeira que poderá ser deslocada futuramente do Sudeste para o Sul do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assad, E.D.; Luchiari Jr, A. A future scenario and agricultural strategies against climatic changes: the case of tropical savannas. In: *Mudanças Climáticas e Estratégias Futuras*. USP. São Paulo, out. 1989.
- Assad, E. D.; Pinto, H. S.; Zullo Jr, J.; Ávila, A. M. H. de. Impacto das Mudanças Climáticas no Zoneamento Agroclimático do Café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 39(11):1057-1064, 2004.
- Gray, V. **Climate Change 95: An Appraisal**. The Heartland Institute, September 10, p: 7-10, 1997.
- HERBÁRIO. **A Fixação do Carbono: a Fase Escura**. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.herbario.com.br/cie/universi/teoriacont/1003fot04.htm>. Acessado em 26 de junho de 2007.
- Iaffe, A.; Pinto, H. S.; Mazzafera, P.; Zullo Jr, J.; Assad, E. D. Avaliação da Ocorrência de Florescimento Anormal e Formação de Flores Estrelas Associadas à Deficiência Hídrica e Recuperação do Potencial Hídrico Foliar em Cafeeiros em Garça, SP. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 15 (Suplemento), p. 325, 2003a.
- Iaffe, A.; Pinto, H. S.; Zullo Jr, J.; Assad, E. D. e Mazzafera, P. Temperaturas Elevadas no Florescimento de Cafeeiros III. Primeira e última data de ocorrência de períodos com 4 dias seguidos com temperaturas máximas superiores a 34°C. In: XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa Maria, RS. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, **Anais**, v. 1, p. 491-492, 2003b.
- IPCC **An introduction to simple climate models used in the IPCC second assessment report**. ISBN 92-9169-101-1. 47 pg. OMM/WMO – PNUE/UNEP, February, 1997, 47p .
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group I. Third Assessment Report. Summary for Policymakers. WMO. 17 p. http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf, 2001a.
- IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II. TAR: Summary for Policymakers**. http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf, 2001b.
- IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers**. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report. World Meteorological Organization. Geneva. 21 p. 2007.
- Pinto, H. S.; Zullo JR., J.; Zullo, S. A. Oscilações Pluviométricas Temporais no E.S.Paulo. VI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Maceió, AL. **Anais**. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p. 29-33. 1989.
- Pinto, H. S.; Assad, E. D.; Zullo Jr, J.; Brunini, O., Evangelista, B.A. Impacto do Aumento da Temperatura no Zoneamento Climático do Café nos Estados de São Paulo e Goiás. Avaliação dos cenários do IPCC. XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Fortaleza, **Anais**. p. 605-606. 2001.
- Pinto, H. S.; Zullo Jr, J.; Assad, E. D.; Ávila, A. M. H. de. Global Warming and Future Brazilian Agriculture Scenarios. 17th International Congress of Biometeorology. **Analen der Meteorologie**. v. 1, 41. p. 223-226. Deutscher Wetterdienst. Munich. DL, 2005.
- Reilly, J.; Stone, P. H.; Forest, C. E.; Webster, M. D.; Jacoby, H. D.; Prinn, R. G. Uncertainty and Climate Change Assessments. *Science Magazine*. Joint Program on the Science and Policy of Global Change. MIT. Vol: 293 (5529), p. 430-433. Cambridge, MA, USA, 2001.

Siqueira, O. J. F.; Farias, J. R. B.; Sans, L. M. A. Potential effects of global climate change for brazilian agriculture and adaptative strategies for wheat, maize and soybean. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 2:115-129, 1994.

Webster, M. D.; Forest, C. E.; Reilly, J. M.; Sokolov, A. P.; Stone, P. H.; Jacoby, H. D.; Prinn, R. G. Uncertainty Analysis of Global Climate Change Projections. **Joint Program on the Science and Policy of Global Change**. MIT. Cambridge, MA, USA. <http://web.mit.edu/globalchange/www/rtp73.html>. 3 p. 2001.

Wigley, T. M. L.; Raper, S. C. B. Interpretation of High Projections for Global-Mean Warming. **Science Magazine**. 10.1126/science.1061604. <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/293/5529/451>. 10 p. 2001.

Zullo Jr. J.; Pinto, H. S.; Assad, E. D. Impact Assessment Study of Climate Change According to IPCC Prognostics on Brazilian Agricultural Zoning. **Meteorological Applications**, 1:69-80, 2006.