



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Período de Incubação da Ferrugem do Cafeeiro no Cenário de Alta Emissão de CO₂ no Estado de Minas Gerais¹



Waldenilza Monteiro Vital Alfonsi^{2}; Jurandir Zullo Júnior^{3*}; Priscila Pereira Coltri^{4*}; Flavia Rodrigues Alves Patricio⁵; Vânia Rosa Pereira^{6*}; Renata Ribeiro do Valle Gonçalves^{7*}*

¹ Parte do projeto de doutorado junto a Faculdade de Engenharia Agrícola - Unicamp

2- Eng. Agrônoma, Doutoranda Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP) -Campinas - SP, walmvital@gmail.com

3- Matemático e Eng. Agrícola, Pesq.CNPq eCentro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI)

4- Eng. Agrônoma, Pesq. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI)

5- Eng. Agrônoma, Pesquisadora Instituto Biológico de Campinas

6- Geógrafa, Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI)

7- Eng. Cartógrafa, Pesq. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI)

* Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas - SP

RESUMO: O conhecimento do efeito potencial das mudanças climáticas sobre as doenças que acometem a cultura do cafeeiro é essencial para o manejo de estratégias de adaptação a serem adotadas para esta cultura que visem a minimizar prejuízos futuros. No Brasil, a ferrugem do cafeeiro - causada pelo fungo *Hemileiavastatrix*- é uma das principais doenças dessa cultura. O presente trabalho avaliou potencial impacto de alterações nas temperaturas mensais, estimadas pelas projeções das mudanças climáticas, sobre a o período de incubação (PI), período em dias desde a penetração até a manifestação dos sintomas, da ferrugem do cafeeiro na espécie *Coffea arabica*. Foi considerado o cenário de altas emissões de gases de efeito estufa (GEE) (cenário RCP 8.5), para grandes municípios produtores do estado de Minas Gerais: Guaxupé, Machado, São Lourenço e São Roque de Minas. Para estimar o PI, utilizaram-se as temperaturas mensais máximas e mínimas projetadas pelo modelo climático regional ETA sob condição de contorno do modelo climático global, ETA/HadGEM2-ES do 5º relatório do IPCC (AR5), para os anos de 2020 a 2050. Os resultados indicam que poderá reduzir o PI em todos os municípios estudados, indicando condição mais favorável para a doença no cenário futuro estudado. Com base nesses resultados, a ferrugem poderá ter seu ciclo de epidemia alterado, iniciando a infecção mais cedo, nos meses de outubro-novembro, e estendendo o seu pico para os meses de julho e agosto.

PALAVRAS-CHAVE: café, mudanças climáticas, doenças de plantas, alteração da temperatura

Incubation period of Coffee Rust Disease, in the High CO₂ Emission Scenario in the State of Minas Gerais

ABSTRACT: Climate change effects on plant diseases are essential for the coffee management adaptation strategies to minimize future losses. In Brazil, the coffee rust - caused by *Hemileiavastatrix* fungus - is one of the most important coffee diseases. On this study, we assessed the potential impacts of monthly temperature climate change projections over the period of incubation (IP) of the coffee rust (*Coffea arabica* species). We assumed the very high emission of greenhouse gases scenario (RCP 8.5) for the four top coffee producer municipalities of state of Minas Gerais: Guaxupé, Machado, São Lourenço and São Roque de Minas. We selected the 2020-2050 monthly minimum and maximum temperatures projected by the ETA regional climate model under the HadGEM2 ES boundary conditions (ETA/HadGEM2ES) of the 5th IPCC report (AR5). Here, we report that in the future climate projection, the incubation period (IP) reduced in all municipalities. The results indicate a favorable climate for the disease in a future scenario. Based on these results, is also expected that the disease epidemic cycle changes the pattern. The coffee rust can start earlier, from October to November, and extends its peak for the months of July and August.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

KEYWORDS: coffee, climate change, plant diseases, temperature change



INTRODUÇÃO

O risco de perdas na produção agrícola causadas por doenças de plantas é altamente influenciado pelo clima (Sparks et al., 2014; Ghini et al., 2011; Hamada et al., 2011). A infecção da planta por patógenos ocorre pela interação de três fatores principais: ambiente favorável, suscetibilidade do hospedeiro e existência de um patógeno (Sparks et al., 2014). Assim, mudanças no clima afetam diretamente o risco e a severidade das doenças das plantas cultivadas.

Muitos trabalhos têm analisado o risco de doenças em plantas em cenários climáticos futuros projetados pelo IPCC (Luck et al., 2011; Savary et al., 2011). A maioria deles indicam que poderá haver alterações nos ciclos, na magnitude na importância de muitas doenças. Considerando que as doenças de plantas são responsáveis por aproximadamente 10% das perdas de produção mundial de alimentos (Strange et al. 2005), mudanças nos ciclos das doenças devem ser consideradas e analisadas pois podem causar problemas econômicos e sociais adicionais aos já esperados pelas mudanças climáticas.

No Brasil, estudos têm demonstrado que o café arábica é uma das culturas mais vulneráveis às mudanças climáticas (Assad et al., 2004; Zullo Junior et al., 2011; Coltri, 2012). Com relação a pragas e doenças que acometem essa cultura, o potencial impacto das mudanças climáticas foi estudado com modelos globais de mudanças climáticas avaliando-se o seu efeito sobre a distribuição espacial de nematoides (*Meloidogyne incognita*), do bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*) (Ghini et al., 2008) e da ferrugem (*Hemileia vastarix*) (Ghini et al., 2011), mas poucos trabalhos foram realizados com modelos regionais. A regionalização dos modelos climáticos melhora a representação de algumas variáveis climáticas como a precipitação e a temperatura de superfície (Giorgiet al., 2004), sendo relevante para uma cultura conduzida em condições tão diversas, como o café (Coltri, 2012).

Dentre as doenças de maior importância do cafeeiro, destaca-se a ferrugem, causada pelo fungo *Hemileia vastarix*. Essa doença causa grandes prejuízos na cafeicultura, pois atinge com severidade grandes áreas, afetando a produtividade e necessitando de controle, o que aumenta significativamente o custo de produção, podendo causar perdas de 30% a 50% da produção total (Godoy et al., 1997; Zambolim et al., 2005; Matiello e Almeida, 2006, Carvalho et al., 2010).

As condições climáticas que favorecem a ferrugem são temperaturas entre 20 e 25°C e o total de chuvas maior que 30 mm. Temperaturas acima de 30°C e abaixo de 15°C são desfavoráveis à doença; no entanto, a epidemia de ferrugem aumenta rapidamente em temperaturas entre 15 e 18°C (Pereira et al., 2008). No Brasil, a epidemia de ferrugem começa em novembro e dezembro, com o início da estação das chuvas, e atinge o pico entre os meses de maio e junho (Zambolim et al., 2005).

A severidade da doença está associada com a velocidade com que o patógeno se reproduz (Moraes et al., 1976). O período de incubação, compreendido pelo tempo entre a germinação e a penetração do fungo nos tecidos vegetais até o aparecimento dos primeiros sintomas, variam de 18 a 45 dias, sendo que a média é de 25 a 30 dias. Plantas com carga pendente alta normalmente apresentam taxas maiores de infecção (Zambolim et al., 1997). O período de incubação é calculado com base nas temperaturas mínimas e máximas. Quanto menor o período de incubação, mais favoráveis são as condições para a ocorrência da doença (Pereira et al., 2008).

Devido à importância da ferrugem para o cafeeiro, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar os impactos potenciais das projeções das mudanças climáticas do cenário de alta emissões de gases de efeito estufa (cenário RCP 8.5), sobre o período de incubação (PI) da ferrugem do cafeeiro da espécie *Coffea arabica*, para os municípios de Guaxupé, Machado, São Lourenço e São Roque de Minas.

MATERIAL E MÉTODOS

a. Área de Estudo

Os estudos foram realizados considerando cafeeiros da espécie *Coffea arabica*, para os municípios de Guaxupé, Machado, São Lourenço e São Roque de Minas, grandes produtores de café do estado de Minas Gerais, maior produtor do Brasil (Figura 1).

b. Período de Incubação (PI) e Dados Climáticos

Para estimar o período de incubação (PI) da ferrugem do cafeeiro, foi utilizado o modelo de regressão múltipla proposto por Moraes et al. (1976), descrito pela equação (1)

$$Y = 103,01 - 0,98.X_1 - 2,10.X_2 \quad (1)$$

onde: Y = estimativa do período de incubação em dias; X_1 = temperatura média máxima, e X_2 = temperatura média mínima.

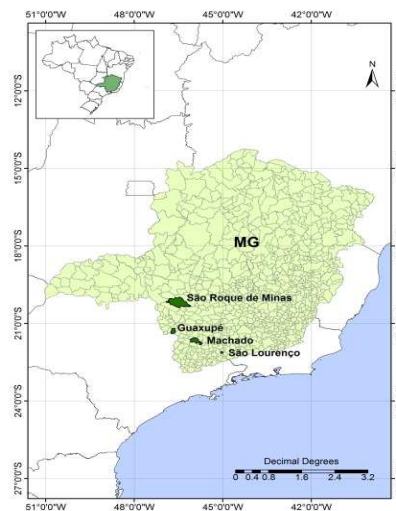


Figura 1. Área de estudo, contendo municípios do estado de Minas Gerais: Guaxupé, Machado, São Lourenço e São Roque de Minas.

Primeiramente, o PI foi estimado para as condições atuais de temperatura. Para tanto, utilizaram-se dados mensais de temperatura máxima e mínima de estações meteorológicas de superfície dos municípios da área de estudo. Utilizaram-se dados da normal climatológica, do período de 1961 a 1990. Esses dados foram chamados de “clima atual”.

Para avaliar o impacto das projeções das mudanças climáticas na ferrugem do cafeeiro, foram utilizados dados de temperatura máxima e mínima mensal do modelo climático regional ETA Hadgem2 ES, com resolução espacial de 20km. Esses dados foram chamados de “cenário futuro”.

A projeção das temperaturas simuladas pelo modelo foi recortada para a área de estudo, no intervalo de 2020-2050, no cenário de alta emissão de gases de efeito estufa (GEE), o RCP 8.5, baseados no quinto relatório (AR5) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). O modelo regional ETA foi escolhido por representar bem o clima presente na América do Sul, simulando de forma robusta os principais mecanismos e variações das condições atmosféricas, tais como condições termais e de circulação dos ventos (Chou et al., 2012, Marengo et al., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o período de incubação (PI) da ferrugem do cafeeiro no clima atual e no cenário futuro do modelo regional ETA HadGEM2 ES para os quatro municípios estudados. Foi possível verificar que os municípios apresentaram uma redução no valor de PI: Guaxupé reduziu de 38 dias do clima atual para 25 dias no clima futuro; Machado reduziu de 38 dias no clima atual para 30 dias no futuro; São Lourenço reduziu de 38 dias para 36 dias no clima futuro e; São Roque de Minas reduziu de 39 dias no cenário atual para 31 dias no cenário futuro. Esses resultados indicam que, de uma maneira geral, considerando-se o modelo ETA HadGEM2 ES, os municípios deverão apresentar uma maior vulnerabilidade à doença no cenário futuro de alta emissão de gases de efeito estufa. Resultados semelhantes foram encontrados por Ghiniet al. (2011), que avaliaram epidemias da ferrugem do cafeeiro em cenários climáticos futuros em modelos globais e concluíram que, de uma maneira geral, houve uma tendência de redução de PI, sendo a maior redução no cenário de alta emissões de gases de efeito estufa (A2). Alfonsi et al. (2014), utilizando modelo regionalizado ETA para estudarem o PI da ferrugem do cafeeiro, nos estados de Minas Gerais e de São Paulo, também observaram uma redução do PI no cenário de alta emissão de gases de efeito estufa.

Verificou-se também que o padrão sazonal da epidemia nos cenários futuros segue o padrão atual, ou seja, há maior vulnerabilidade de ocorrência da doença no período chuvoso (de outubro a março) e menor vulnerabilidade no período seco do ano (de abril a agosto), conforme a Figura 2. No entanto, vale ressaltar que, embora o período chuvoso seja mais favorável, os meses de janeiro a março também serão mais quentes, o que é desfavorável para a ocorrência da doença. Nesse sentido, é de se esperar que o ciclo de epidemia da doença, especialmente nos municípios de Guaxupé, Machado e São Roque de Minas, possa começar mais cedo, outubro e novembro, e estender o seu pico aos meses de julho e agosto; mas, no entanto, as epidemias dependerão da quantidade e distribuição das chuvas.

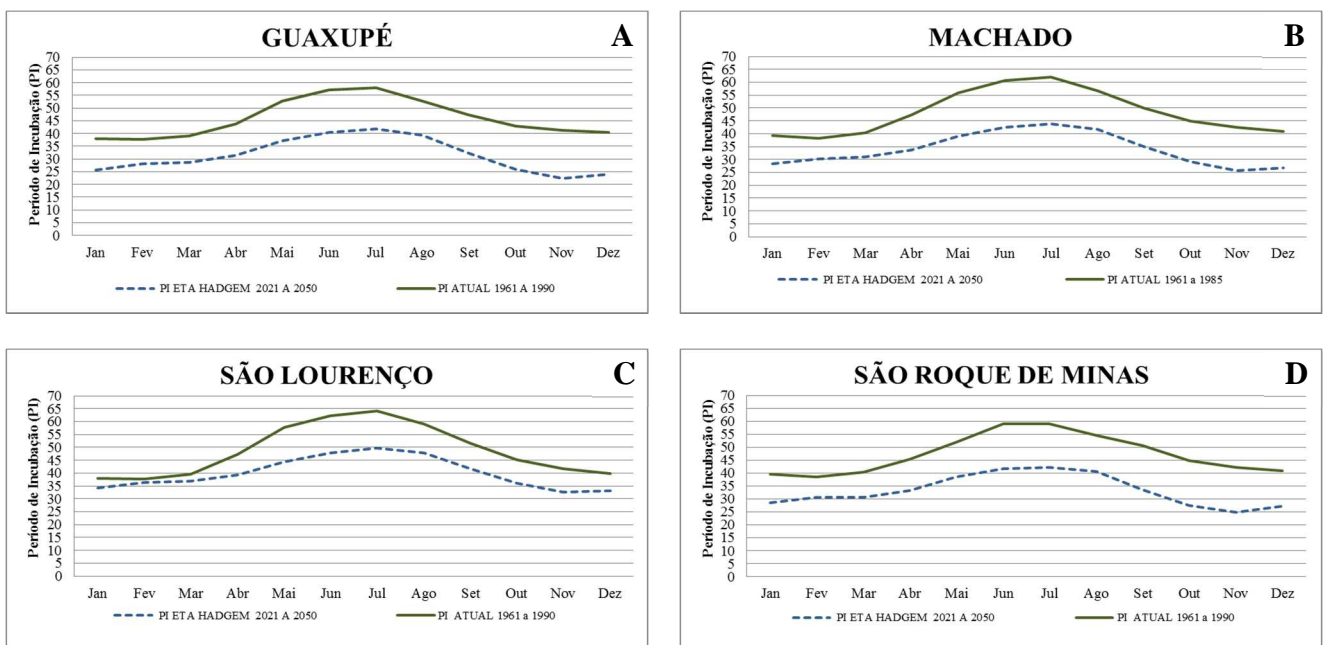


Figura 2. Período de incubação atual (1961-1990) (linha verde) e de acordo com o modelo ETA Hadgem2 ES (linha azul pontilhada) para os municípios de Guaxupé (A), Machado (B), São Lourenço (C) e São Roque de Minas (D).

CONCLUSÕES

1. As epidemias da ferrugem do cafeeiro poderão mudar no futuro, porque o período de incubação poderá diminuir se a temperatura aumentar durante os meses mais quentes do ano.
2. A epidemia de ferrugem do cafeeiro no Brasil poderá começar mais cedo e estender seu pico de infecção para os meses de junho a agosto.
3. Algumas regiões de produção de café poderão ser mais afetadas pelas mudanças climáticas do que outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, W. M.; COLTRI, P. P.; PATRICIO, F. R. A.; ZULLO JUNIOR, J.; GONCALVES, R. R. V. Vulnerability of Coffee Crop to Coffee Rust Disease in Brazil in the High CO₂ Emission of ETA Regional Climatic Model. In: ASIC 2014 - The 25th International Conference on Coffee Science, 2014, Armenia. ASIC 2014 - The 25th International Conference on Coffee Science - Programs and Abstracts, 2014.p. 209.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1057-1064, 2004.

CARVALHO, V.L.; CHALFOUN, S.M.; CUNHA, R. L. Manejo de doenças do cafeeiro. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. **Café arábica, do plantio a colheita**, Lavras: EPAMIG, 2010, v.1, p. 689-756

CHAKRABORTY, S. Climate change and plant disease. **PlantPathology**, St Lucia (Austrália), v.60, p. 1, Jan. 2011. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3059.2010.02415.x/pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2013

CHAKRABORTY, S., NEWTON, A. C. Climate change, plant diseases and food security: an overview. **PlantPathology**, 60, 2-14. 2011. doi:10.1111/j.1365-3059.2010.02411.x

CHOU, S. C., MARENGO, J. A., LYRA, A. A., SUEIRO, G., PESQUERO, J. F., ALVES, L. M., TAVARES, P. (2012). Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. **Climate Dynamics**, 38(3-4), 635–653. doi:10.1007/s00382-011-1002-8

COLTRI, P. P. **Mitigação de emissão de gases de efeito estufa e adaptação do café arábica a condições climáticas adversas**. 2012. 148 p Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

GHINI, R.; HAMADA, E.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; GONÇALVES, R.R.V. Incubation period of *Hemileiavastatrix* in coffee plants in Brazil simulated under climate change. **SummaPhytopathologica**, v. 37, n. 2, p. 85-93, 2011.

GODOY, C. V.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C. L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 184-200.

HAMADA, E.; GHINI, R.; MARENGO, J.A.; THOMAZ, M.C. Projeções de mudanças climáticas para o Brasil no final do século XXI. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. 2011. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Embrapa Meio Ambiente. p. 41-74.

IPCC-INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability**. Geneva, 2014. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em 01 ago. 2014



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

LUCK, J.; SPACKMAN, M.; FREEMAN A., TREBICKI P.; GRIFFITHS, W.; FINLAY, K., CHAKRABORTY, S. Climate change and diseases of food crops. **Plant Pathology**, v. 60, p. 113-121, 2011

MARENGO, J. A., CHOU, S. C., KAY, G., ALVES, L. M., PESQUERO, J. F., SOARES, W. R., TAVARES, P. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. *Climate Dynamics*, 38(9-10), 1829-1848, 2012

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle**. Varginha: PROCAFÉ, 2006. 106 p.

MORAES, S. A.; SUGIMORI, M. H.; RIBEIRO, I. J. A.; ORTOLANI, A. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Período de incubação de *Hemileiavastatrix* Berk. et Br. em três regiões do Estado de São Paulo. *SummaPhytopathologica*, v. 2, p. 32-38, 1976.

PATRICIO, F. R. A.; OLIVEIRA, E. G. Desafios no manejo de doenças do café. **Visão Agrícola**, v.12, p.51-54 (2014).

PEREIRA, A. R.; CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M.P. **Agrometeorologia de cafezais no Brasil**. Campinas: INSTITUTO AGRONÔMICO, 2008. 127 p.

SPARKS, A. H.; FORBES, G. A.; HIJMANS, R. J. GARRETT, K. A. Climate change may have limited effect on global risk of potato late blight. **Global Change Biology**, v. 20, p. 3621-3631, 2014

SAVARY, S. NELSON.A.; SPARKS, A. H. et al. International agricultural research tackling the effects of global and climate changes on plant diseases in the developing world. **Plant Disease**, v. 95, p. 1204-1216, 2011

STRANGE, R.N.; SCOTT, P.R. Plant disease: a threat to global food security. **Annual Review of Phytopathology**, v. 43, p. 83-116, 2005

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.): controle de doenças - doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa: UFV, v. 1, 1997. p. 83-139.

ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, E.M. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H.; Amorim, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia**. 4. ed. vol. 2. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. v. 1. p. 165-180.

ZULLO JUNIOR, J.; PINTO, H.S.; ASSAD, E.D., ÁVILA, A.H. Potential for growing Arábica coffee in the extreme south of Brazil in a warmer world. **Climatic Change**, Netherlands, v.109, n.3-4, p. 535-548, dez., 2011.