



EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA CANA-DE-AÇÚCAR COM BASE NO MODELO APSIM/SUGARCANE

Helena Maria S. Pinto¹, Fabio R. Marin², Leandro G. da Costa³, Daniel P. Nassif⁴

¹ Eng. Ambiental, Mestranda, Depto. Eng. de Biossistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, (19) 9141-6950, helenamp@usp.br

² Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas,-SP, Professor Doutor, Depto. Eng. de Biossistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP,

³ Eng. Agrônomo, Doutorando, Depto. Eng. de Biossistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP,

⁴ Eng. Agrônomo, Doutorando, Depto. Eng. de Biossistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 2 a 6 de Setembro de 2013 – no Centro de Eventos Benedito Nunes na Universidade Federal do Pará. Belém – PA.

RESUMO: O estado de São Paulo é o maior produtor nacional de derivados de cana-de-açúcar, e responde por 52,7% da área plantada e 58,2% da produção nacional de cana-de-açúcar (CONAB, 2011). Com os últimos relatórios de mudanças climáticas do IPCC, a vulnerabilidade agrícola tornou-se tema de diversas pesquisas no mundo. Diante deste cenário, este trabalho simulou cenários futuros de mudança climática para a cultura de cana-de-açúcar em 4 municípios do estado de São Paulo. A produtividade para o cenário de mudanças climáticas B1 apresentou perdas comparadas ao cenário atual na faixa de 5% em média, para todos os municípios analisados. Para o cenário A2 as perdas chegaram à média de 2%. Os dados mostraram que a cana-de-açúcar sofrerá perdas moderadas em decorrência das alterações do clima projetadas pelo IPCC, corroborando a necessidade de estudos de adaptação do setor agrícola brasileiro mudanças do clima.

Palavras chave: Cana-de-açúcar, mudanças do clima, modelagem.

ABSTRACT: The state of São Paulo is the largest producer of sugarcane derived, and accounts for 52.7% of the planted area and 58.2% of the national production of cane sugar (CONAB, 2011). With recent reports of the IPCC climate change, vulnerability agriculture has become the subject of several studies in the world. Given this scenario, we simulated future scenarios of climate change for the culture of sugarcane in 4 counties in the state of São Paulo. Productivity for the climate change scenario B1 showed losses compared to the current scenario in the range of 5% on average for all the cities analyzed. For the A2 scenario, losses came by an average of 2%. The data showed that the sugarcane suffer moderate losses as a result of climate change projected by the IPCC, confirming the need for adaptation studies of the Brazilian agricultural sector climate change.

Keywords: Sugarcane, climate changes, modeling.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma cultura de relevância socioeconômica para o Brasil. O estado de São Paulo é o maior produtor nacional de derivados de cana-de-açúcar no país e responde por 52,7% da área plantada e 58,2% da produção nacional (CONAB, 2011). As usinas paulistas possuem vantagem em relação às demais unidades produtoras brasileiras, beneficiadas pela proximidade com o centro consumidor do país e portos usados





para escoar a produção de açúcar e álcool. O estado também possui aptidão climática para o desenvolvimento da cana-de-açúcar devido ao regime térmico adequado para seu desenvolvimento, porém, este regime pode ser alterado devido ao possível cenário de mudanças do clima. A preocupação com a vulnerabilidade dos sistemas agrícolas tornou-se tema de diversas pesquisas no mundo, após a publicação do 4º relatório do IPCC (IPCC, 2007). No caso do Brasil, o impacto poderá ser sentido pelos produtores até o final dessa década e (PINTO et al., 2008) pode ter uma importância econômica e social que supera sua probabilidade de ocorrência aparente (Thornton et al., 2009). Este cenário de maior fragilidade climática é especialmente importante para culturas com ciclos mais longos e expostas aos riscos climáticos, como a cana-de-açúcar (MARIN e NASSIF, 2013). Nesse cenário, o uso de modelos de simulação de crescimento e produtividade atrelados a projeções de clima formam importante uma ferramenta, auxiliando no gerenciamento de expansão de áreas com potencial produtivo e mitigação de culturas. Considerando este contexto, o objetivo deste trabalho foi simular os efeitos das mudanças climáticas sobre a cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, considerando três cenários de mudanças de clima no Estado.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se o modelo APSIM-Sugar para simular o crescimento e produtividade da cultura de cana-de-açúcar para 4 municípios do estado de São Paulo, e avaliar o rendimento do modelo no cenário atual e futuro, baseado nos cenários de mudanças climáticas A2 e B1.

A. Simulação da produtividade da cana-de-açúcar

i. Estabelecimento do Cenário Atual

Para simulação foram utilizados dados meteorológicos obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), totalizando 4 estações meteorológicas (Tabela 1) concentradas no estado de São Paulo. As séries históricas foram formatadas e cadastradas no APSIM.

Em meio a todas as informações, selecionaram-se apenas os dados medidos de relevância, sendo estes: data; precipitação; temperatura máxima; temperatura mínima; radiação; latitude e longitude. Como algumas estações não possuíam medição de radiação solar global, os dados faltantes foram estimados pelo método de Bristow & Campbell (1984).

As 4 estações utilizadas não possuíam a mesma data de início de medição, dessa forma geraram-se valores a partir de 1 de janeiro de 1961, com o intuito de padronizar o período das séries históricas.

Tabela 1: Estações meteorológicas com suas respectivas latitude, longitude e altitude.

	Estação	Estado	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	Catanduva	SP	-21.11	-48.93	570.00
2	São Carlos	SP	-21.96	-47.86	856.00
3	Votuporanga	SP	-20.41	-49.98	502.50
4	São Simão	SP	-21.48	-47.55	617.39





Com intuito de utilizar o solo mais representativo para cada região, utilizou-se o banco de dados de solo Projeto Radam Brasil (BRASIL, 1983).

Após uma criteriosa análise sobre o solo mais representativo de cada município, foi realizada busca de amostragens de solo no Banco de Dados de Solo da EMBRAPA, e foram determinados os tipos de solo para cada município. Para completar os dados de solo, foram utilizadas as equações de pedotransferência e curvas de retenção para os solos brasileiros (TOMASELLA, HODNETT, ROSSATO, 2000; VAN GENUCHTEN, 1980) e o método de estimativa de micro e macroporosidade do solo estabelecido por Stolf, Thurler, Bacchi e Reichardt (2011).

Em relação ao manejo, foram realizados plantios de cana de ano em 15/fev, com cortes em 01/maio (precoce) e 01/nov (tardia) para os 4 municípios, totalizando 8 tratamentos no cenário atual. Desta forma foi possível avaliar a resposta da cana-de-açúcar em diferentes épocas do ano e diferentes fases de crescimento. Os dados de adubação, irrigação, ocorrência de queimada, quantidade de gemas por metro linear, padrões de plantio e quantidade de cortes para a reforma do canavial, foram utilizados buscando tornar a simulação mais parecida possível com o tratamento dado pelas usinas brasileiras aos canaviais.

ii. Estabelecimento dos Cenários Futuros

Os cenários de projeção climática foram obtidos através de três modelos globais (GCMs), Gfdl 2.0, Ipsi cm4, Ukmo Hadcm3, adotando a série de 1980 a 2010 como referência para os cenários A2 e B1, elaborados pelo AGMIP.

O método Delta (Gleick, 1986) foi usado para criar seis projeções futuras além do cenário atual, adicionando valores à temperatura, radiação e precipitação em cada estação, gerando dois cenários; A2 (pessimista) e B1 (otimista), projetando dados para a série de 2040 a 2070.

Com as séries históricas de cada estação modificada, os dados foram organizados em dois grupos (A2 e B1), e para cada grupo três modelos globais de projeções futuras: E, I e P.

Para as simulações das projeções futuras acrescentou-se CO₂ atmosférico, na concentração de 550 ppm e 450 ppm, respectivamente, para os cenários A2 e B1. Os tratamentos foram replicados para cada estação e os resultados das simulações foram extraídos dos arquivos de saída do APSIM para avaliar como a cana-de-açúcar se comportou sob os diferentes cenários de clima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produtividades para o cenário de mudanças climáticas B1 apresentaram perdas, na ordem de 4,7% em média nos ciclos de cana de corte precoce. Para o cenário A2 as perdas chegaram à 2,2%. Essa perda de produtividade é consequência da alteração do regime pluviométrico, aumentando a deficiência hídrica da cultura. Para a cana colhida em novembro, as perdas chegaram a 5,3% para o cenário B1, enquanto que no cenário A2 representou 1,7%. Entre os municípios, São Carlos apresentou maior impacto negativo na produtividade, chegando a perdas de 5%, para corte precoce e 4,5 para corte tardio. O município de Catanduva/SP quase não sofreu alterações na produtividade entre os ciclos para ambos os cenários, chegando a -1,6%.

De modo geral, houve perda média de 3,5% na produtividade nos municípios simulados, demonstrando elevação do risco climático para a cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo para o ano de 2050. Esse resultado difere daquele obtido por Marin et al. (2012) e pode



estar relacionado à alteração no regime de chuvas e aumento da temperatura máxima das séries climáticas, causando estresse hídrica na cultura, como mostra a figura 1.

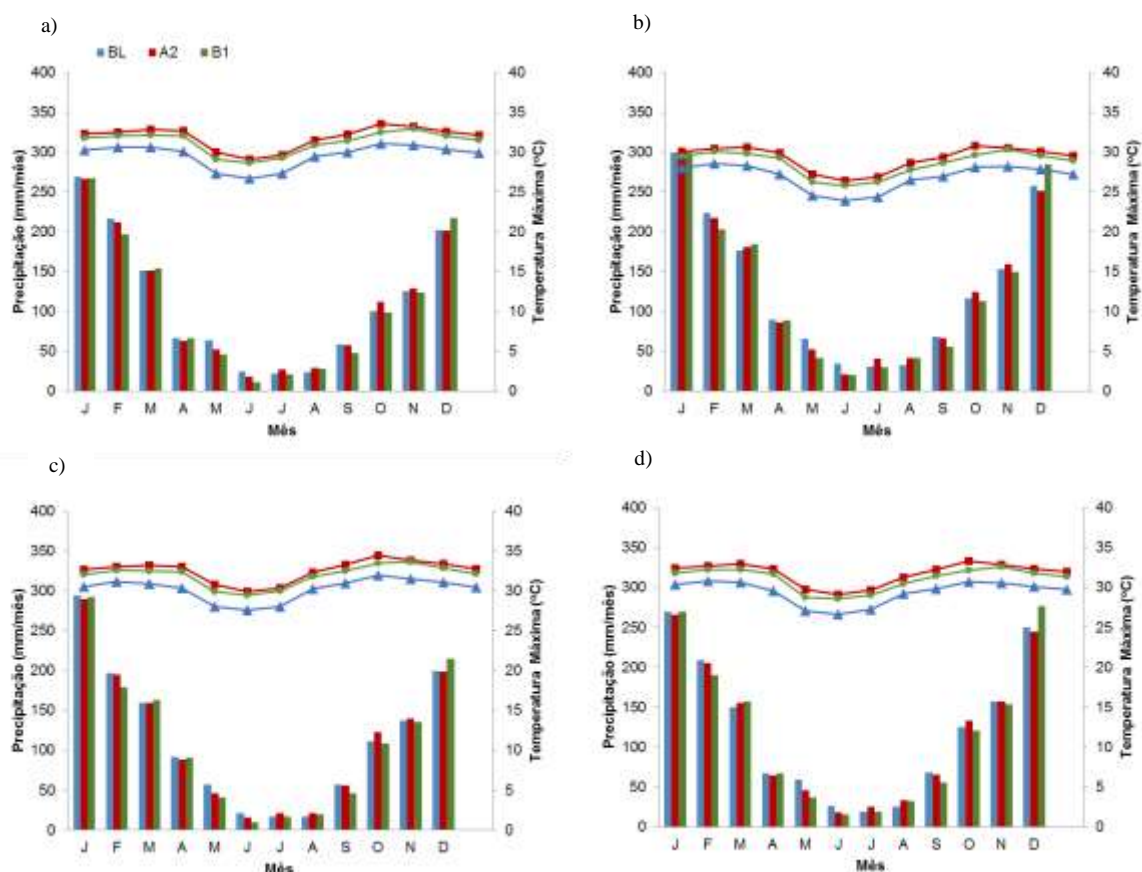


Figura 1: Médias de precipitação e temperatura máxima mensais para os cenários atual (BL), A2 (pessimistas) e B1 (otimista), para os municípios de a) Catanduva; b) São Carlos; c) Votuporanga e d) São Simão.

A diferença relativa entre os valores da produtividade do cenário atual e os cenários futuros (A2 e B1) pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2: Diferença relativa entre os valores da produtividade (T ha⁻¹) do Cenário Atual e os Cenários Futuros, para média do corte precoce e tardio.

Município	Cenário					
	A2E	A2I	A2P	B1E	B1I	B1P
Catanduva	0,65	0,95	-1,22	-5,62	-2,5	-1,59
São Carlos	-2,21	-2,55	-6,54	-8,34	-5,45	-3,49
Votuporanga	-2,39	-1,94	-4,2	-7,83	-5,28	-4,05
São Simão	-2,22	1,05	-2,9	-8,97	-5,15	-1,45



CONCLUSÕES

A produtividade para o cenário de mudanças climáticas B1 apresentou perdas de 5% comparadas ao cenário atual, em média, para todos os municípios analisados. Para o cenário A2 as perdas chegaram a 2%. A principal causa de perda para os dois cenários foi a associação da mudança no regime hídrico e aumento da temperatura máxima, causando estresse hídrico na cultura. Apesar da figura 2 apresentar boa regularidade e elevados volumes de chuva durante o verão, o longo período de estiagem é limitador do acúmulo de biomassa por causa da baixa umidade do solo durante praticamente todo o outono e o inverno. Tal limitação hídrica acarreta o fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, queda nas taxas de fotossíntese.

Os dados mostram que a cana-de-açúcar sofrerá em decorrência das alterações do clima projetadas pelo IPCC, demonstrando vulnerabilidade do setor agrícola brasileiro às mudanças do clima. Novos estudos podem auxiliar na tomada de decisão para a criação de planos de adaptação e mitigação, e auxiliar no monitoramento da cultura, na previsão de rendimento, e para o avanço da compreensão sobre os processos de crescimento e produção da cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pelo auxílio financeiro. À Universidade de São Paulo pela oportunidade de continuar os estudos. Aos colegas do Laboratório de Agrometeorologia da ESALQ/USP, pela contribuição nos trabalhos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL: Folha SD. 23. Rio de Janeiro, 1982. 660 p. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 29).

BRISTOW, K. L.; CAMPBELL, G. S. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. *Agricultural and Forest Meteorology* 3, n. 2. 1984. p. 159–166.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Cana-de-açúcar: Safra 2011/2012 terceiro levantamento. Acompanhamento da safra brasileira. Brasília, 2011. 20p.

GLEICK, P.H. Methods for evaluating the regional hydrologic impacts of global climatic changes. *J Hydrol* 88(1–2):97–116. 1996.

IPCC 2007. AR4, WGI Report. Cambridge Univ. Press. 2007.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



MARIN, F; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 2, Feb. 2013.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; JUNIOR, J. Z.; EVANGELISTA, S. R. M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H.; EVANGELISTA, B.; MARIN, F. R.; JUNIOR, C. M.; PELLEGRINO, G. Q.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. Embrapa, São Paulo, 2008.

STOLF, R.; THURIER, A.M.; BACCHI, O.O.S.; REICHARDT, K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 35, n. 2, Apr. 2011.

THORNTON, P. K.; JONES, P. G.; ALAGARSWAMY, G.; ANDRESEN, J. Spatial variation of crop yield response to climate change in East Africa. Global Environment Change, v.19, p.54-65, 2009.

TOMASELLA, J.; M. G. HODNETT; L. ROSSATO. Pedotransfer functions for estimation of soil water retention in Brazilian soils. Soil Sci. Soc. of Am. J. 64(1):327, 2000.

