

Cenários de Mudanças Climáticas para a Evapotranspiração da Cana-de-Açúcar Cultivada no Submédio do Vale do São Francisco

Thieres George Freire da Silva¹; Magna Soelma Beserra de Moura²; Luciana Sandra Bastos de Souza³

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar os impactos das projeções do cenário B1 de mudanças climáticas sobre a evapotranspiração da cana-de-açúcar (ET_c) cultivada no Submédio do Vale São Francisco. Foram considerados os efeitos das anomalias das variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa do ar sobre o deficit de pressão do vapor d'água, bem como do incremento do dióxido de carbono na resistência da superfície e da temperatura do ar na duração do ciclo da cultura. Na estimativa da ET_c foram usados os valores do período de 1965 a 2010, o modelo original de Penman Monteith e o coeficiente da cultura específico da cana-de-açúcar. Com os resultados, o ciclo da cana-de-açúcar foi reduzido por causa do aumento da temperatura do ar, influenciando expressivamente na redução da ET_c acumulada. Em menores proporções, o aumento da concentração do dióxido de carbono atmosférico também contribuiu para essa diminuição. Entretanto, o aumento da demanda atmosférica diminuiu os efeitos combinados do incremento de dióxido de carbono e da duração do ciclo.

Palavras-chave: demanda de irrigação, dióxido de carbono, resistência estomática.

Introdução

Estratégias para mitigar os efeitos das mudanças climáticas a partir da redução de emissão de componentes gasosos que causam o efeito estufa tornam-se cruciais. Por isso, vem se observando forte pressão para a substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis renováveis. Como resultado, muitos países já têm sugerido modificações urgentes na matriz energética mundial, e um forte esforço está sendo empregado na expansão de áreas de produção de culturas fonte de biocombustíveis. Dentre elas, a cana-de-açúcar se destaca como uma opção, tanto pela produção de etanol quanto pelo uso dos resíduos do sistema de produção na cogeração de energia elétrica (ALONSO-PIPPO et al., 2008; COELHO et al., 2006).

Entretanto, com as mudanças climáticas, o sistema de produção dessa cultura também pode ser modificado. Em termos de requerimento hídrico, o aumento da concentração de CO₂ poderá reduzir a evapotranspiração das culturas, pois as plantas, sob tais condições, diminuem a condutância foliar e aumentam a produção de biomassa, elevando a eficiência de uso da água. O incremento de biomassa pode induzir o aumento da área foliar, favorecendo a elevação da taxa da transpiração das culturas (TRIGGS et al., 2004; VU; ALLEN JÚNIOR., 2009). Apesar da adaptação das plantas C4 à regiões quentes, pouco se

¹Professor Adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE, thieres@uast.ufrpe.br.

² Pesquisadora da Embrapa Semiárido – Agrometeorologia, Petrolina, PE.

³ Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, DEA, Viçosa, MG.

sabe sobre os efeitos conjugados do aumento da temperatura do ar e da concentração de CO₂, bem como da redução da umidade relativa do ar sobre o requerimento de água das plantas. Esses fatores poderão afetar a demanda de água da cana-de-açúcar, a disponibilidade e os preços de seus derivados, realocar os recursos de muitos países e modificar o padrão de comércio internacional (ANWAR et al., 2007).

Na Bacia do Submédio São Francisco, região situada entre os estados de Pernambuco e da Bahia, a cultura tem apresentado um desempenho de destaque em relação a outras áreas de cultivo no País, sobretudo, por causa da utilização de irrigação no sistema de produção. Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar os impactos das projeções do cenário B1 de mudanças climáticas sobre a evapotranspiração da cana-de-açúcar cultivada no Submédio do Vale São Francisco.

Material e Métodos

Dados climáticos do período de 1965 a 2010, da Estação Meteorológica Convencional (latitude, 09°09S; longitude, 40°22 W; altitude, 365 m), da Embrapa Semiárido, situada no Município de Petrolina, PE, foram utilizadas para a análise das mudanças climáticas sobre a evapotranspiração da cultura (ET_c) da cana-de-açúcar irrigada. A partir destes dados, inicialmente foi calculada a evapotranspiração de referência (ET_o) usando-se o modelo original de Penman Monteith (ALLEN et al., 1988):

$$\lambda ET = \frac{\Delta (R_n - G) + \frac{t \rho_a c_p (e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad (1)$$

Em que Δ = declividade da curva da relação entre a pressão de saturação do vapor e a temperatura média do ar (kPa °C⁻¹); R_n = radiação líquida (MJ/m²dia⁻¹); G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); t = fator de integração para escala mensal; ρ_a = densidade média do ar a pressão constante (Kg m⁻³); c_p = calor específico do ar (MJ Kg⁻¹ °C⁻¹); $(e_s - e_a)$ = deficit de pressão do vapor do ar (kPa); γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹); r_a = resistência aerodinâmica (s m⁻¹); r_s = resistência da superfície (s m⁻¹). r_a foi estimada pela relação $208/u_2$, enquanto a r_s foi calculada usando a expressão:

$$r_s = \frac{r_1}{0,5 IAF_{ativo}} \quad (2)$$

Onde, r_1 = resistência dos estômatos da folha bem iluminada (s m⁻¹), sendo de 100 sm⁻¹ para a folha; IAF = índice de área foliar, calculada em função da altura da grama ($h = 0,12$ m), usando-se a equação:

$$IAF = 24 h. \quad (3)$$

Para os cenários de mudanças climáticas foram considerados as projeções de +2,2 °C, uma redução de 5,5% nos valores absolutos da umidade relativa do ar e incrementos de 22% na resistência estomática e de 4% no IAF, por causa do aumento da concentração do dióxido de carbono atmosférico [CO₂]. De um lado,

as anomalias da temperatura e umidade relativa do ar são do cenário B1 do modelo acoplado do Hadley Centre for Climate Prediction and Research, da Inglaterra (HadCM3). Por outro lado, a projeção da resistência estomática foi a citada por Lovelli et al. (2010), informando redução na condutância estomática da folha bem iluminada (r_1) e um aumento do IAF_{ativo} da superfície gramada.

Como uma primeira aproximação, primeiramente foi estimada a ET_c da cana-de-açúcar para o cenário atual (CA). Em seguida, foram simulados três cenários de mudanças climáticas. O primeiro (Cenário futuro I, CFI) considerou os efeitos das anomalias da temperatura e da umidade relativa do ar sobre o deficit de pressão de vapor d'água ($e_s - e_a$) no cálculo da ET_o (equação 1); o efeito do $[CO_2]$ foi assumido por meio da sua influência nos valores de r_1 e IAF na estimativa da r_s (equação 2), e o efeito do incremento da temperatura do ar na duração do ciclo da cultura, usando-se os dados de exigência térmica e da temperatura base inferior informados por Silva (2009). No segundo cenário (Cenário futuro II, CFII) foi considerado apenas o efeito do $[CO_2]$ na estimativa da r_s e do incremento da temperatura do ar na duração do ciclo. No terceiro cenário (Cenário futuro III, CFIII) foi assumido apenas o efeito do $[CO_2]$ na ET_c .

A influência destas variáveis na ET_o foi convertida em ET_c da cana-de-açúcar por meio das equações de estimativa do coeficiente da cultura (K_c) em função dos graus-dia acumulados, conforme Silva (2009). Para estas simulações foi assumido que o início do ciclo ocorreu em 1º de janeiro.

Resultados e Discussão

Com os cenários de mudanças climáticas, foi verificada uma redução na duração do ciclo da cana-de-açúcar, conforme pode ser observado na Figura 1, passando de 373 para 329 dias. Este resultado ocorre por causa do incremento da temperatura ambiente, que dentro de sua faixa ótima de desenvolvimento da cultura, aumenta a velocidade de reação dos processos metabólicos das plantas (NORBY; LUO, 2004). Como consequência, essa redução do ciclo promoveu uma diminuição da evapotranspiração acumulada da cana-de-açúcar, conforme demonstrada na Figura 2.

Para o cenário atual (CA), a evapotranspiração da cultura foi de $1488 \text{ mm ciclo}^{-1}$, para as condições médias da região, que apresenta radiação solar global de $18,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, temperatura média do ar de $26,1 \text{ }^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de 65,9% e velocidade do vento igual a $2,2 \text{ m s}^{-1}$. Silva (2009), para as condições climáticas da mesma região de estudo, determinou a ET_c anual da cana-de-açúcar irrigada em torno de $1.710 \text{ mm ciclo}^{-1}$, quando as condições médias dos referidos elementos meteorológicos foram, nessa ordem, iguais a $19,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, $25,9^\circ\text{C}$, 58,4% e $1,7 \text{ m s}^{-1}$.

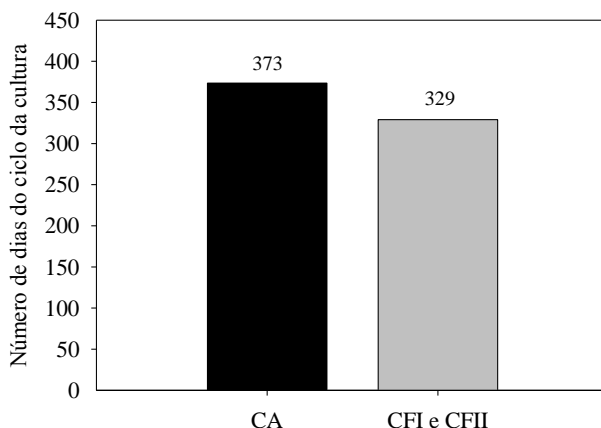


Figura 1. Duração do ciclo da cultura da cana-de-açúcar para os cenários atual (CA) e futuros I e II (CFI e CFII) de mudanças climáticas na região do Vale do Submédio São Francisco.

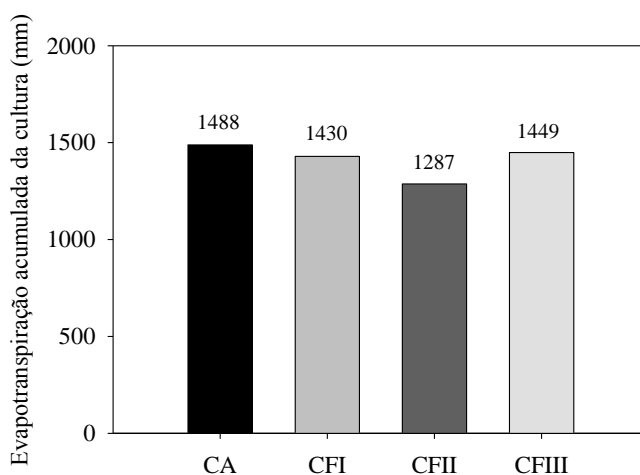


Figura 2. Evapotranspiração da cultura acumulada da cana-de-açúcar para os cenários atual (CA) e futuros I, II e III (CFI, CFII e CFIII) de mudanças climáticas na região do Submédio do Vale do São Francisco.

Para o cenário futuro I (CFI), o aumento do deficit de pressão de vapor d'água (DPV), atribuído ao incremento da temperatura e da redução da umidade relativa do ar, em conjunto com o incremento de CO₂ atmosférico, mesmo com a redução da duração do ciclo da cana-de-açúcar, promoveu uma redução de apenas de 4% na ET_c, passando de 1.488 mm ciclo⁻¹ para 1.430 mm ciclo⁻¹ (Figura 2). Entretanto, quando se considerou o cenário futuro II (CFII), que assumiu o efeito isolado do CO₂ na resistência da superfície e da temperatura do ar sobre a duração do ciclo, observou-se que esta redução na ET_c atingiu magnitudes maiores, em torno de 13,5%, passando de 1.488 mm ciclo⁻¹ para 1.287 mm ciclo⁻¹.

Esses resultados indicam que para o CFI, sem assumir a restrição de água no solo para a cultura, o aumento da demanda atmosférica compensou a redução da evapotranspiração acumulada promovida pela diminuição do ciclo da cana-de-açúcar promovido pelos cenários de temperatura do ar, bem como a redução causada pelo incremento da concentração de dióxido de carbono atmosférico. Por fim, no cenário futuro III (CFIII), o efeito isolado da [CO₂] promoveu uma redução de 2,6% na ET_c (Figura 2), passando para

Cenários de Mudanças Climáticas para a Evapotranspiração da Cana-de-Açúcar Cultivada no Submédio do Vale do São Francisco.

1.449 mm ciclo⁻¹. Sob tal ambiente, as plantas tendem a reduzir a condutância estomática das folhas (LLOYD; FANQUHAR, 2008).

Conclusões

A evapotranspiração acumulada da cana-de-açúcar é reduzida quando se considera os cenários de mudanças climáticas, principalmente em decorrência da diminuição da duração do ciclo da cultura, e em menores proporções por causa do aumento da concentração do dióxido de carbono atmosférico.

Os efeitos combinados da diminuição da duração do ciclo e do aumento da concentração de CO₂, entretanto, são inibidos pelo aumento da demanda atmosférica, que resultou em uma redução da evapotranspiração da cana-de-açúcar em menor magnitude.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 326 p. (FAO.Irrigation and Drainage Paper, 56)
- ALONSO-PIPPPO, W.; LUENGO, C. A.; KOEHLINGER, J.; GARZONE, P.; CORNACCHIA, G. Sugarcane energy use: the cuban case. **Energy Policy**, Amsterdam, v. 36, p. 2163- 2181, 2008.
- ANWAR, M. R.; O'LEARY, G.; MCNEIL, D.; HOSSAIN, H. NELSON, R. Climate change impact on rainfed wheat in south-eastern Australia. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.104, p. 139–147, 2007.
- COELHO, S. T.; GOLDEMBERG, J.; LUCON, O.; GUARDABASSI, P. Brazilian sugarcane ethanol: lessons learned. **Energy for Sustainable Development**, Bangalore, v. 10, n. 2, p. 26-39, 2006.
- LLOYD. J.; FARQUHA, G. D. Effects of rising temperatures and [CO₂] on the physiology of tropical forest trees. **Philosophical transactions of the Royal Society of London . Series B . Biological sciences** , London, v. 363, n.1498, p. 1811-1817, 2008.
- LOVELLI, S.; PERNIOLA, M.; TOMMASOA, T. di; VENTRELLAB, D.; MORIONDOC, M.; AMATOA, M. Effects of rising atmospheric CO₂ on crop evapotranspiration in a Mediterranean area. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p.1287-1292, 2010.
- NORBY, R. J.; LUO, Y. Evaluating ecosystem responses to rising atmospheric CO₂ and global warming in a multi-factor world. **New Phytologist**, Oxford, v. 162, n. 2, p. 281-293, 2004.
- SILVA, T. G. F. da. **Análise de crescimento, interação biosfera-atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco**. 2009. 194 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- TRIGGS, J. M.; KIMBALL, B. A.; PINTER JÚNIOR, P .J.; WALL, G. W.; CONLEY, M. M.; BROOKS, T. J.; LAMORTE, R. L.; ADAM, N. R.; OTTMAN, M. J.; MATTHIAS, A. D.; LEAVITT, S. W.; CERVENY, R. S. Free-air CO₂ enrichment effects on the energy balance and evapotranspiration of sorghum. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 124 p. 63–79, 2004.
- VU, J. C. V.; ALLEN JÚNIOR, L. H. Growth at elevated CO₂ delays the adverse effects of drought stress on leaf photosynthesis of the C₄ sugarcane. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 166, p. 107-116, 2009.