

## EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A APTIDÃO CLIMÁTICA PARA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE GOIÁS.

BERNARD F. BARBARISI<sup>1</sup>, FÁBIO R. MARIN<sup>2</sup>, EDUARDO D. ASSAD<sup>2</sup>; FELIPE G. PILAU<sup>2</sup>; LUDMILA R. F. PACHECO<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Graduando Eng. Ambiental PUCCAMP, estagiário Embrapa Informática Agropecuária, Campinas – SP, bernard@cnptia.embrapa.br;

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador Embrapa Informática Agropecuária;

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Dr. Pesquisador Embrapa Informática Agropecuária.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Atualmente, observa-se uma tendência de expansão para a região Centro-Oeste, resultado da crescente demanda por álcool no Brasil e no mundo, associado à divulgação de novas projeções informando sobre a forte possibilidade de mudanças climáticas globais até o final deste século. Atualmente, a Região Centro-Oeste apresenta boa aptidão para cana-de-açúcar, mas esta condição pode alterar-se com a mudança do clima. Neste artigo, avaliaram-se os impactos do aumento da temperatura na delimitação das áreas aptas e com restrição climática à cana-de-açúcar no Estado de Goiás, baseando-se no quarto relatório do IPCC no que se refere à variação da temperatura do ar, mas sem considerar a variação no regime de chuvas. Com base nos dados atuais, apenas 3,2% da área total do Estado de Goiás apresenta restrição hídrica para a produção de cana-de-açúcar. Admitindo o aumento da temperatura em 1,8°C, a área com restrição para a produção de cana aumentaria para 23% da área total do Estado; com elevação de 2,9°C a área restrita passaria para 35,2% e com 4,0°C, 48,4% do Estado apresentariam restrição para o cultivo da cana-de-açúcar.

**PALAVRAS-CHAVE:** saccharum officinarum, aquecimento global, deficiência hídrica.

### EFFECT OF GLOBAL CLIMATE CHANGES ON THE CLIMATIC APTITUDE OF SUGARCANE IN THE STATE OF GOIÁS

**ABSTRACT:** Brazil is the main world-wide sugarcane producer. Currently, has been a tendency of it expansion to Center West Region, resulting as an increase demand of alcohol in Brazil and in the World, linked to the publish of new projections about climate change possibility upon the end of this century. Nowadays, Center West Region presents apt conditions to sugarcane, but it can be change through climate change. This study evaluated the global warming impact on apt and restrict areas limits to sugarcane at Goiás State, based on the 4<sup>th</sup> Assessment Report of Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) which relates the air temperature variance, but without considering the rainfall variance. Based on current data, only 3.2% of total area of Goiás has water restrictions to sugarcane production. Admitting an increase of air temperature about 1.8%, this restriction area would increase to 23% of total area; with 2.9°C increase, area would increase to 35.2% and with 4.0°C to 48.4%, representing restrictions to sugarcane culture.

**KEYWORDS:** saccharum officinarum, global warming, water deficit.

**INTRODUÇÃO:** O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) com uma produção de 422,9 milhões de toneladas na safra 2005/06 (IBGE, 2007). Dentre os Estados produtores, o Estado de Goiás ocupa a sexta posição, representando 3,7% da produção nacional. Dos elementos climáticos que interferem sobre o desenvolvimento e a formação da produção da cana de açúcar, a temperatura do ar e disponibilidade hídrica são os que exercem maior influência. Temperatura do ar entre os 22°C e 30°C é considerada ótima ao crescimento da cultura; temperaturas acima de 38°C paralisam o crescimento e valores próximos de 0°C provocam a morte das plantas (BARBIERI & VILLA NOVA, 1977; DOORENBOS & KASSAM, 1979; MAGALHÃES, 1987). Durante a fase de desenvolvimento vegetativo da planta são necessários de 1.500 a 2.500mm ano<sup>-1</sup> distribuídos de maneira uniforme (DOORENBOS & KASSAM, 1979). É fundamental, porém, durante a maturação da cana-de-açúcar, o período de tempo mais seco para induzir o acúmulo de sacarose. Estudos recentes indicam que o aquecimento global causado pela elevação na concentração de gases do efeito estufa, tende a causar a elevação da temperatura média do ar até o final deste século entre 1,8°C e 4°C, em função dos diferentes cenários de controle ambiental traçados pelo IPCC. A associação dos altos preços do petróleo nos últimos anos com a necessidade de aumento da participação de energias renováveis na matriz energética mundial, vem contribuindo para elevação na demanda por álcool no Brasil e no mundo. Em consequência, observa-se uma forte expansão da cultura da cana-de-açúcar para a Região Centro-Oeste do Brasil, na busca por solos de boa qualidade e relevo que permita a mecanização integral das lavouras. Considerando este contexto, este artigo simulou o efeito das mudanças climáticas sobre a cultura da cana-de-açúcar no Estado de Goiás, considerando três cenários de elevação de temperatura e sem alterar o regime de chuvas atualmente observado no Estado.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram utilizados dados mensais normais de temperatura média do ar e chuva de estações meteorológicas distribuídas nos Estados de Goiás, Tocantins, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Bahia (BRASIL, 1992). Para simulação do efeito do aquecimento global foram acrescentados os valores de aumento da temperatura média para os 12 meses do ano, para as estações, sem alteração no regime pluviométrico. Processou-se o balanço hídrico climático segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955) adotando-se uma capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100mm, obtendo-se valores de deficiência hídrica anual, referentes aos três diferentes cenários de mudança climática (Tabela 1). Considerando-se a dificuldade em se identificar um padrão minimamente confiável de alteração do regime pluviométrico com base nas previsões do IPCC, optou-se por manter o regime pluviométrico normal para os três cenários de mudanças climáticas avaliados.

Tabela 1. Cenários de aumento da temperatura do ar apontados pelo 4º relatório do IPCC.

Cenários (IPCC – 4AR)	Aumento na Temperatura Média Global (°C)
Otimista	1,8°C
Média dos Cenários	2,9°C
Pessimista	4,0°C

Para a geração dos mapas utilizou-se o modelo digital de elevação (MDE) com resolução espacial de 90 m. A partir das equações propostas por BARBARISI et. al. (2006) para geração dos mapas de temperatura do ar média e das equações geradas por análise de regressão múltipla entre os valores de deficiência hídrica anual (DEF) e coordenadas geográficas e altitude das estações meteorológicas (Tabela 2), elaboraram-se os mapas referentes a condição climática atual e dos cenários de mudanças climáticas avaliados para o Estado de Goiás.

Tabela 2. Coeficiente linear (Intersecção), coeficientes angulares para as variáveis latitude (a), longitude (b) e altitude (c), e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das análises de regressão múltipla para os dados de deficiência hídrica anual para o Estado de Goiás.

Deficiência Hídrica Anual (DEF)	Intersecção	a	b	c	$R^2$ (Ajustado)
DEF (Temp. normal)	912,6491	22,46447	5,991105	-0,06138	0,790
DEF (Temp. +1,8°C)	919,2584	23,00479	5,164666	-0,06238	0,735
DEF (Temp. +2,9°C)	902,3765	24,93969	3,876626	-0,04902	0,739
DEF (Temp. +4,0°C)	890,5107	25,85771	2,871959	-0,04589	0,700

Para delimitação das zonas de aptidão à cana-de-açúcar no Estado de Goiás, adotaram-se como exigência térmica a temperatura basal de 20°C (DOORENBOS & KASSAM, 1979), e hídrica da cultura, três classes de deficiência hídrica anual: de 0 a 40 mm com a ausência de período seco na maturação; 40 a 300 mm como amplitude ideal ao cultivo; superior a 300 mm como limitante hídrica da produtividade, sujeito a irrigação suplementação. Com base nessas exigências climáticas e na elaboração e intersecção dos mapas de temperatura média do ar e deficiência hídrica anual para a condição climática atual e os três cenários de aumento da temperatura global (Tabela 1), conforme expresso esquematicamente na Figura 1, delimitaram-se as áreas aptas e com restrição hídrica ao cultivo da cana de açúcar no Estado de Goiás.

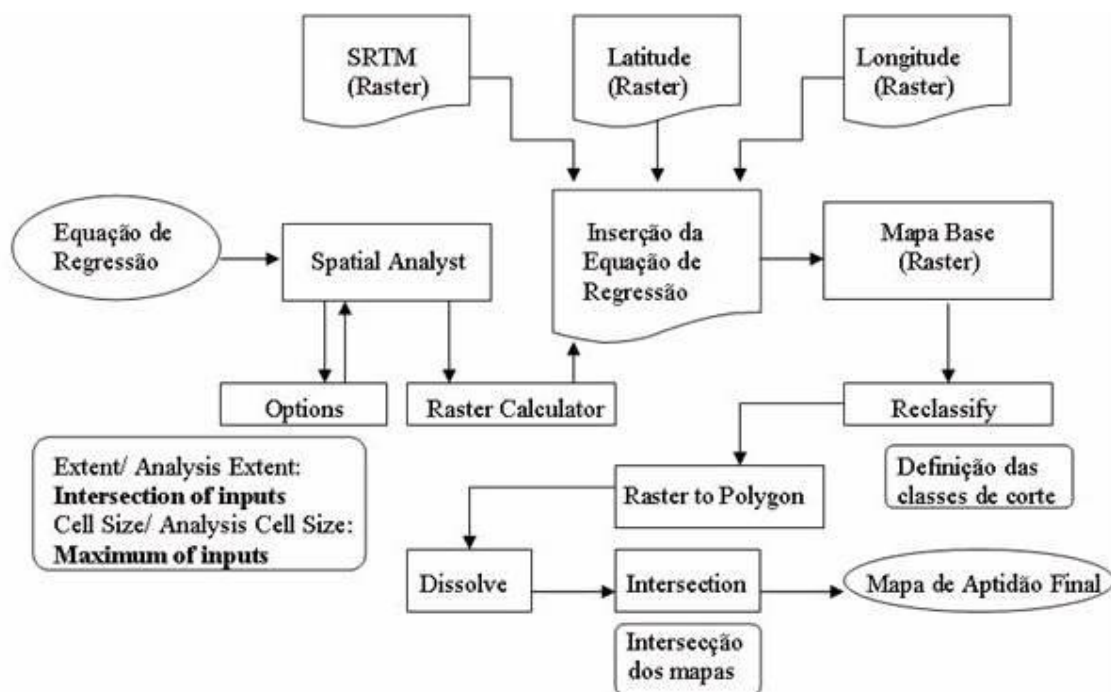


Figura.1 Fluxograma da rotina de elaboração dos mapas de aptidão climática da cana-de-açúcar para o Estado de Goiás, frente aos quatro cenários climáticos avaliados.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Analisando a temperatura média do ar, mesmo com a concretização do cenário de aquecimento global mais pessimista (Tabela 1), não haveria restrição ao cultivo de cana-de-açúcar para o Estado de Goiás, já que as temperaturas máximas médias não ultrapassariam os 38°C, valor acima do qual o crescimento da planta seria nulo (BARBIERI & VILLA NOVA, 1977; DOORENBOS & KASSAM, 1979;

MAGALHÃES, 1987). Conforme o próprio relatório do IPCC os maiores aumentos são registrados na temperatura mínima, já que o incremento da concentração de gases do efeito estufa (GEE), principalmente do CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), tem influência direta no balanço de ondas longas, com efeito mais pronunciado sobre a temperatura noturna. Com relação a disponibilidade de água nos solos, é razoável inferir que a manutenção do regime de chuvas implicaria em elevação nos valores de deficiência hídrica, já que o aumento da temperatura implicaria numa elevação proporcional nas taxas de evapotranspiração máxima da cultura. Com isso, a área que hoje é considerada com aptidão restrita por apresentar deficiência hídrica anual superior a 300mm e que correspondendo a apenas 3,2% da área total do Estado (Figura 2a), seria elevada para 23% caso a temperatura do ar tivesse elevação de 1,8°C (Tabela 1). Considerando um cenário de redução intermediária no padrão de emissão dos GEE's, cerca de 35,2% da área total do Estado passaria a apresentar restrição hídrica para a produção de cana-de-açúcar (Figura 2b). Para o cenário pessimista as projeções apontam uma grande restrição para o cultivo da cana-de-açúcar em Goiás, com potencial para inviabilização da cultura em certas regiões do Estado pois a deficiência hídrica anual passaria dos 460 mm ano<sup>-1</sup>.

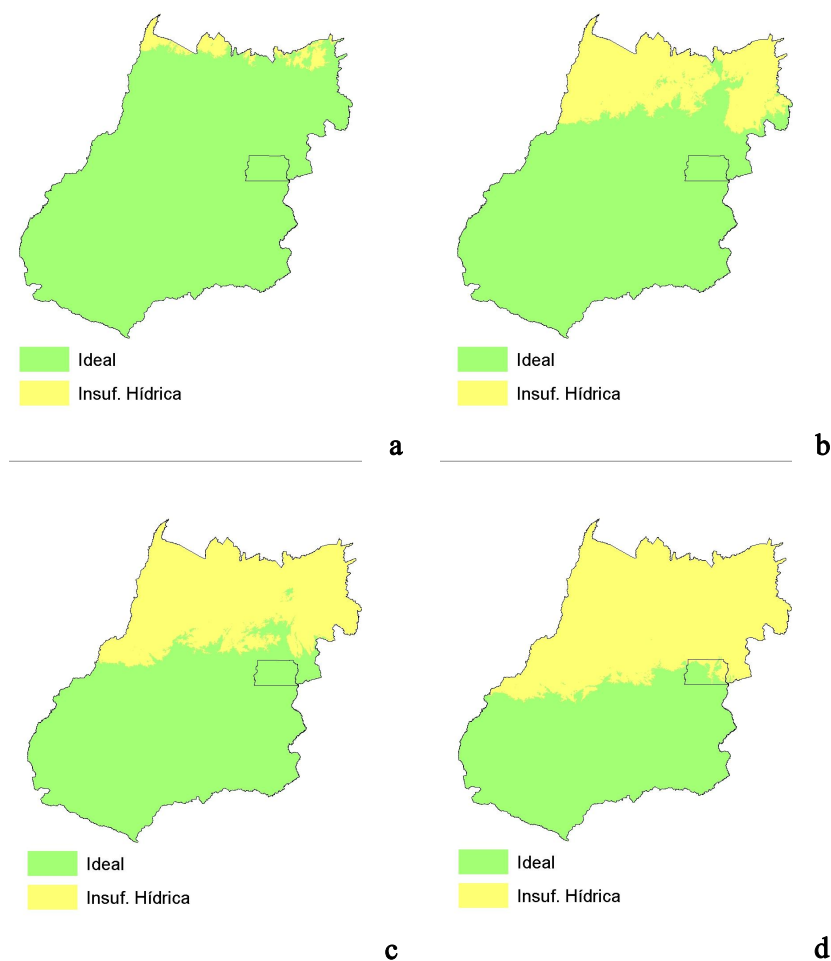


Figura 2. Áreas com aptidão climática (Ideal) e com insuficiência hídrica (Insuf. Hídrica) ao cultivo da cana-de-açúcar no Estado de Goiás, na condição climática atual (a), e frente as projeções de aumento da temperatura global de 1,8°C (b), 2,9°C (c) e 4,0°C (d).

**CONCLUSÕES:** Considerando a expansão da cana-de-açúcar para o Centro-Oeste brasileiro, a região norte do Estado deve sofrer restrições por falta de água no solo em decorrência das mudanças climáticas. Admitindo o cenário mais pessimista traçado pelo IPCC, em cerca de metade do Estado seriam observadas perdas de produtividades por causa da falta de água no solo, com possibilidade de inviabilização da produção no extremo norte por causa da excessiva deficiência hídrica.

**REFERÊNCIAS:**

BARBARISI, B. F.; PILAU, F. G.; MARIN, F. R.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.. Estimativa da Temperatura do Ar para os Estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Tocantins a partir do uso de imagens de radar. Anais XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis, Brasil, 27 novembro-1 dezembro 2006.

BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N.A.. Climatologia e a cana-de-açúcar. In: PLANALSUCAR – Coordenadoria Regional Sul, COSUL, Araras, 1997. p1-22.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Departamento Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas (1961-1990). Brasília: SPI/ EMBRAPA, 1992. 84p.

DELGADO ROJAS, J. S.. Modelo agrometeorológico para a estimativa dos efeitos de deficiência hídrica na produtividade agro-industrial da cana-de-açúcar. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ USP - Piracicaba, Brasil, agosto de 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H.. Yield response to water. Rome: FAO, 1979, 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=p&o=20&i=P](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=p&o=20&i=P). Acesso em: 02 de abril de 2007.

IPCC WGI Fourth Assessment Report. Summary for Policymakers. Disponível em:

[www.mct.gov.br/indez.php/content/view/46909.html](http://www.mct.gov.br/indez.php/content/view/46909.html). Acesso em: 02 de abril de 2007.