

EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO

Fábio R. Marin¹, Marcelo C. Santos², Maria L. Lopes-Assad³, Eduardo D. Assad¹, Felipe G.

Pilau⁴,

RESUMO

A eficiência é uma ferramenta para avaliação do desempenho de sistemas de produção agrícola em escala local, regional ou estadual. Na sua concepção, faz-se uma analogia com o conceito de eficiência termodinâmica, considerando-se que a energia disponível para a realização de um processo pode ser representada pela produção potencial (ou máxima) estimada por um modelo que considera a disponibilidade e a interação dos recursos ambientais na formação da produção de um cultivo. A produção real foi considerada com sendo similar à energia resultante do processo de bioconversão, em alusão ao conceito termodinâmico. No caso da cana-de-açúcar em São Paulo, é possível estabelecer relações entre a variação espacial dos solos, a oscilação temporal de preços e o resultado das inovações tecnológicas na produção agrícola e industrial influenciando na eficiência produtiva da cultura. Este trabalho tem por objetivo utilizar técnicas de modelagem em sistemas de informação geográfica para a obtenção de mapas de produtividade máxima e real de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e, a partir desses, gerar mapas de eficiência da produção em três datas diferentes, analisando os principais fatores determinantes da eficiência da produção agrícola

Palavras-Chave: modelagem, clima, solo

ABSTRACT

The crop production efficiency concept was derived from thermodynamic efficiency and was assumed as a tool for performance evaluation of agricultural systems in local or regional scale. To establish the agricultural-thermodynamic analogy, the input energy to realize some a biological process was represented by the estimated potential (or maximum) crop yield by any model based on a range of environmental resources affecting crop development. The real crop yield, observed in commercial field conditions, was considered as the available energy fixed in the bioconversion process. The case of sugarcane case in São Paulo allows to identify relationships between crop production efficiency and the soil variation, temporal price oscillation and the impact of technological innovations either in the agricultural, either in the industrial production systems. This paper intends to estimate the maximum and real sugarcane yields and to generate crop efficiency maps for the State of São Paulo, analyzing the main factors that regulate the production system of sugarcane and affects its performance.

Key-words: modeling, climate, soil

INTRODUÇÃO

¹ Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Av. André Tosello, 209, Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo- CP 6041 - 13083-886 - Campinas, SP – marin@cnptia.embrapa.br

² Acadêmico de Eng. Agrônoma da ESALQ, estagiário da Embrapa Informática Agropecuária, bolsista do projeto Geosafra/CONAB/CNPq.

³ Professora do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar, Rod. Anhanguera, Km 174 - Araras - SP - CEP 13600-970

⁴ Pós-Doutorando na Embrapa Informática Agropecuária, com bolsa do projeto Geosafra/CONAB/CNPq.

Do ponto de vista da termodinâmica, ecossistemas são máquinas que utilizam a energia solar para manter-se organizados. A razão entre a energia útil e o total de energia envolvida em um processo termodinâmico é denominada eficiência, conceito que tem sido muito utilizado em análises envolvendo o fluxo de energia em ecossistemas (Holiday, 1966; Monteith, 1977; Kiniry et al., 1989; Awal & Ikeda, 2003; Albrizio & Steduto, 2005; Steduto & Albrizio, 2005).

Normalmente, essas análises envolvem a relação entre o total de energia química armazenada na biomassa vegetal com a irradiância solar incidente sobre uma cultura, permitindo comparar o aproveitamento da energia radiante disponível em diferentes climas e condições de manejo das culturas. Monteith (1972, 1977) sugere que esse procedimento pode ser também empregado no entendimento dos fatores biológicos e físicos que interferem na produtividade de um ecossistema e, na agricultura, a análise da variação espacial da eficiência pode ser uma ferramenta para avaliações comparativas entre regiões produtoras.

A produtividade agrícola pode ser afetada por quatro fatores básicos: físicos, que representam as condições pedo-climáticas de uma região; estruturais, que correspondem ao sistema gerencial adotado, influenciando diretamente no desempenho da empresa agrícola e que pode estar relacionado com fatores que interferem em diferentes escalas do processo produtivo, seja na forma de condução da lavoura, das atividades industriais na usina, e da distribuição das usinas no espaço geográfico; institucionais, que envolvem a ação governamental por meio de políticas agrícolas implantadas, tais como preço, crédito, comercialização e contingenciamento e incentivos; e de desenvolvimento, relativo à capacidade de desenvolvimento de pesquisas que possam viabilizar ou aumentar a produtividade de determinada cultura em uma região (Pinazza, 1985).

A integração de modelos de simulação de crescimento e produção vegetal em sistemas de informação geográfica (SIG) permite a avaliação em escala geográfica da produção das culturas agrícolas e o diagnóstico dos fatores que exercem restrição, nos casos de baixa eficiência, ou que determinam altos índices de eficiência (Marin, 2005). Nesse sentido, uma hipótese é que a determinação da eficiência da produção agrícola é um indicador do nível de desenvolvimento agropecuário, e que sua representação em escala geográfica facilita a identificação dos principais fatores determinantes da produção agrícola.

O objetivo deste trabalho foi associar técnicas de modelagem em sistemas de informação geográfica para a obtenção de mapas de produtividade máxima e real de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e, a partir deles, gerar mapas de eficiência da produção em três datas diferentes, analisando os principais fatores determinantes da eficiência da produção agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de produção real (PR) de cana-de-açúcar para cada município do Estado de São Paulo foram obtidos junto ao IBGE e correspondem às safras de 1990/1991, 1995/1996 e 2002/2003.

As estimativas de produtividade potencial basearam-se no Método das Zonas Agroecológicas (MZA) (Doorembos & Kassan, 1979). Os mapas de produtividade potencial (PP) foram inicialmente gerados por meio de interpolações feitas com diversos métodos. Os produtos obtidos foram considerados inadequados para o escopo deste trabalho e, diante disto, dados de PP foram correlacionados com os valores de temperatura média anual de cada localidade analisada. Foi obtida uma equação de regressão significativa a 1% de probabilidade e coeficiente de determinação elevado. A passagem do MZA, que é um modelo pontual, para um modelo regional foi feita utilizando-se um modelo digital de elevação (MDE) do Estado de São Paulo gerado a partir dos dados SRTM, com resolução de 90 m. Assim, a estimativa da produtividade potencial das localidades selecionadas foi feita a partir da temperatura média anual e das coordenadas geográficas, utilizando-se um modelo numérico de elevação.

Denominou-se produtividade máxima (PM) as estimativas realizadas considerando-se as perdas de produtividade decorrentes da deficiência hídrica.

A produtividade real (PR) é aquela observada em condições normais de cultivo em unidades de produção comercial e submetidas aos mais diferentes fatores de estresse, dentre eles, deficiência hídrica e nutricional, ataque e pragas e doenças, competição com plantas invasoras. Nas simulações de PM foram utilizados os mesmos dados adotados, com unidades uniformizadas ($t\ ha^{-1}$).

A determinação da eficiência da produção agrícola segundo a adaptação aqui proposta foi feita pela “divisão” dos valores de cada pixel da imagem referente à PR pelos valores de cada pixel correspondente da imagem de PM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas de produtividade potencial (PP) para cana-de-açúcar variaram entre 40 e 202 $t\ ha^{-1}$, respectivamente para Campos do Jordão e Ilha Solteira (Figura 1a). Esses valores foram condizentes com os observados em condições experimentais, mas superiores aos normalmente observados em condições normais de cultivo no Estado de São Paulo. Cabe salientar que os dados utilizados para ajuste empírico das equações utilizadas no MZA foram obtidos de campos experimentais cultivados com variedades altamente produtivas e manejados de forma a atender a todas as exigências hídricas e nutricionais da cultura, evitando-se a ocorrência de doenças e pragas nesses campos (Doorembos & Kassan, 1979). Nesta estimativa não se considerou o efeito da deficiência hídrica e, ao incluí-lo, os valores extremos de produtividade passaram a oscilar entre 24 e 139 $t\ ha^{-1}$ nas mesmas localidades (Figura 1b).

O valor médio de PR levantado no Estado de São Paulo foi 78 t ha^{-1} na safra 2002/2003, e a máxima produtividade foi 140 t ha^{-1} , valor este acima do que normalmente se observa, mas ainda assim aceitável para regiões com condições de clima e solo favoráveis para a cultura.

A equação (1) foi obtida a partir da análise de regressão entre os dados de temperatura média anual e de produtividade potencial estimada pelo MZA, refletindo a principal característica ecofisiológica da cana-de-açúcar, espécie de ciclo de fixação fotossintético do tipo C4 e, por isso, com tendência de acúmulo linear de biomassa conforme se eleva a temperatura média anual (TMA) na faixa de 13 a 25 graus.

$$PP = 12,613 * TMA - 115,88 \quad (1)$$

Ao longo das três safras estudadas (90/91, 95/96 e 02/03) houve incremento na produtividade, que pode ser constatado na comparação da distribuição espacial da produtividade real da cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo nesses períodos (Figura 3).

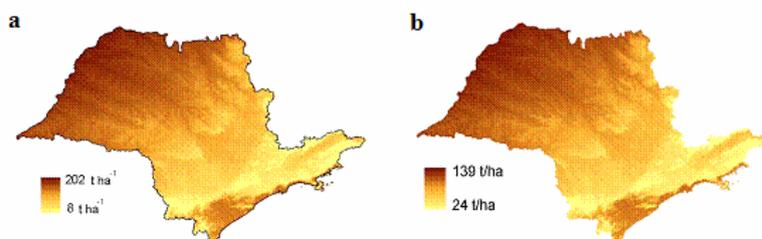


Figura 1. Variação espacial da produtividade potencial (a) e produtividade máxima (b) da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Cabe ressaltar que houve deslocamento da cana-de-açúcar para as regiões oeste e noroeste do Estado ao longo do período analisado, processo que aliou a busca por terras mais baratas em regiões com maior potencial produtivo para a cultura (Figura 2), substituindo principalmente áreas de pastagens degradadas e de baixa produtividade. Esse processo continuou entre 2003 e 2006, movido pela grande demanda pelo álcool no mercado interno e provocando aumento de preços nas terras das regiões Oeste e Noroeste de São Paulo (FNP, 2005). Além do aumento de produtividade, a área cultivada com cana-de-açúcar no Estado cresceu 55% ao longo do período devido à elevação na demanda de álcool e do aumento dos preços do açúcar no mercado internacional.

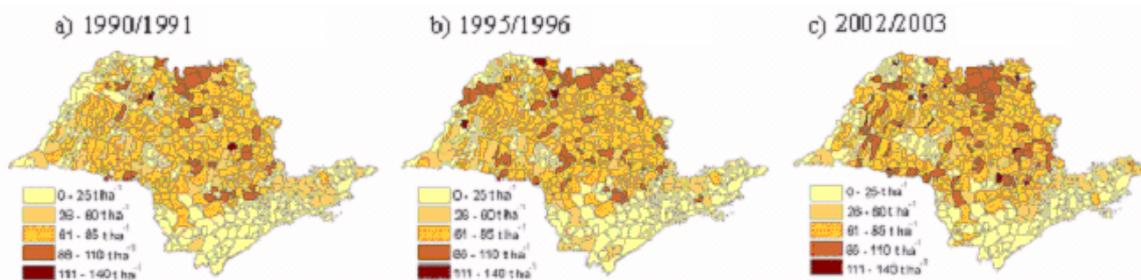


Figura 2. Variação espacial, da produtividade real da cana-de-açúcar nas safras 90/91, 95/96 e

02/03 no Estado de São Paulo.

Os mapas de eficiência da produção de cana-de-açúcar em São Paulo ao longo das três safras estudadas (Figura 3) indicam que houve elevação dos níveis de eficiência ao longo do período. Essa elevação é mais expressiva nas regiões centro-leste e norte do Estado, onde o ganho de produtividade favoreceu a eficiência da cultura na safra 2002/2003. Entre as safras 90/91 e 95/96, a elevação na eficiência é pequena, dadas as condições macroeconômicas relativamente desfavoráveis à produção da cultura no período, principalmente devido à queda no preço e no consumo de álcool no país. A safra 2002/2003 marca o início do novo ciclo do álcool no mercado nacional e também no exterior, favorecido principalmente pela alta no preço do petróleo e pelo incentivo a expansão da biomassa na matriz energética do Brasil.

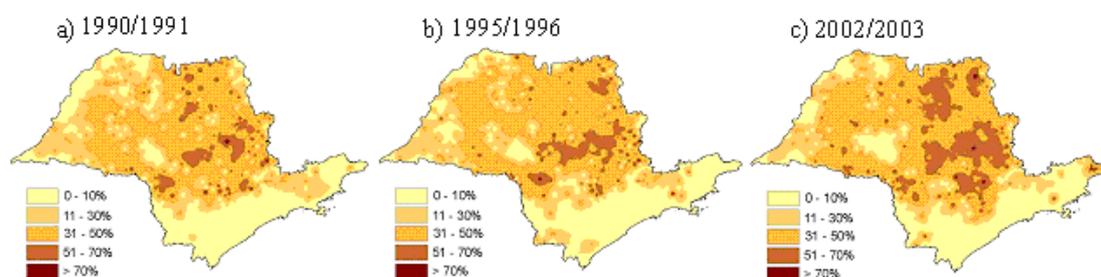


Figura 3. Variação espacial da eficiência da produção agrícola da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo em três diferentes safras.

No Estado de São Paulo a cana-de-açúcar é cultivada principalmente em os principais solos cultivados com cana-de-açúcar são Latossolo Vermelho Férrico (47%), Latossolo Vermelho-Amarelo textura média (13%) e Latossolo Vermelho Escuro (9%), bem como em Latossolo Vermelho-Escuro textura média e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura média (adaptado de Rizzo & Orlando, 1980), devido à expansão do cultivo da cana em direção ao Oeste do Estado.

Koffler & Donzeli (1987) postulam que a despeito da cana-de-açúcar ser tolerante aos solos menos férteis, para a obtenção de altos níveis de produtividade solos mais adequados sob o aspecto físico e químico são imprescindíveis. A disponibilidade de solo de boa qualidade nas regiões canavieiras tradicionais do Estado explicam em parte a alta produtividade e os bons valores de eficiência observados (Figura 3).

Do ponto de vista estrutural, o Estado de São Paulo conta com parque industrial canavieiro privilegiado (Figura 4), com usinas distribuídas em praticamente todo o Estado, facilitando a recepção de matéria prima e o escoamento de derivados. A boa infra-estrutura e sua distribuição espacial no Estado também contribuem para redução de custos de produção e transporte e que explicam em parte o bom nível de eficiência observado no Estado, mesmo em safras consideradas desfavoráveis sob o ponto de vista econômico..



Figura 4. Distribuição espacial das usinas do Estado de São Paulo. Fonte: UNICA.

Os preços são condicionantes das receitas da atividade e os custos da atividade, enquanto que a inovação tecnológica aumenta a produtividade ou reduz custos, determinando então a rentabilidade final atividade (Cezar, 1989). A oscilação nos preços, as inovações tecnológicas são, portanto, fatores que têm sua variação temporal estreitamente relacionada à variação da eficiência produtiva da cana em São Paulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRIZIO, R.; STEDUTO, P. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea I. radiation use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.130, p.254-268, 2005.
- AWAL, M. A.; IKEDA, T. Effect of elevated soil temperature on radiation-use efficiency in peanut stands. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 118, n.1-2, p.63-74, 2003.
- Cezar, S.A.G. Considerações sobre o papel dos preços e custos nas decisões de plantio no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1989. 101p. Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage, Paper 33).
- FNP, ANÁLISE DO MERCADO DE TERRAS, RELATÓRIO BIMESTRAL, nov/dez. 2006.56p.
- KINIRY, J.R.; JONES, C.A. O'TOOLE, J.C.; BLANCHET, R. CABELGUENNE, M. SAPNEL, D.A. Radiation-use efficiency in biomass accumulation prior to grain-filling for five grain-crop species. *Field Crop Research*, v.20, p.51-64, 1989.
- MARIN, F.R. O clima e a eficiência da produção agrícola no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. João Pessoa, 2006. Anais. João Pessoa: SBEA/UFPA, 2006. [CD-ROM].
- MONTEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London*, v.B281, p.277-294, 1977.
- MONTEITH, J.L. Climatic variation and the growth of crops. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.107, n.454, p.749-774. 1981.
- MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, v.9, p.747-766, 1972.
- STEDUTO, P.; ALBRIZIO, R. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea II. Water use efficiency and comparison with radiation use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.130, p. 269-281, 2005.
- VALERIANO, M.M.; PICINI, A.G. Uso de sistema de informação geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.8, n.2, p.255-262, 2000.
- VALLADARES, G. S.; MARIN, F.R. Uso de Imagens de Radar na Estimativa da Temperatura do Ar. *Anais. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE: Goiânia, p. 309-311. 2005.