

*Fabiano de Carvalho Balieiro
Lucieta Guerreiro Martorano*

Introdução

O Brasil se tornou, ao longo das últimas décadas, uma potência agrícola e referência mundial em biocombustíveis. O país foi pioneiro, nas décadas de 80, na tecnologia que permitiu a substituição, em larga escala, do combustível derivado do petróleo pelo etanol originado da cana-de-açúcar e as perspectivas futuras são de aquecimento do setor sucroalcooleiro. De acordo com Rodrigues et al. (2008), entre 1977 e 1987, a produção de álcool saltou de 500 milhões de litros para 12 bilhões e se estabilizou na safra de 1998/99 em 14 bilhões. Em 2007 a produção de álcool hidratado e anidro atingiu a marca próxima a 20 bilhões, mostrando arrefecimento do setor, que foi felizmente impulsionado pelo desenvolvimento e popularização dos motores flexíveis (motores que funciona tanto com gasolina quanto com álcool). Previsões dos mesmos autores assumem que em 2015, 51% da frota de veículos leves brasileira será de carros com motores flexíveis e que cinco anos depois, representará 70% da frota nacional.

Da mesma forma, alterações no uso do solo estão sendo observadas em decorrência de políticas de incentivo à introdução de biocombustíveis na matriz energética nacional. O Estado de São Paulo até a safra 2003-04 concentrava os cultivos de cana-de-açúcar na região Sudeste do Brasil. A partir de 2005 a cultura avança para regiões Centro-Sul, incentivada pela mudança da matriz energética brasileira. A Figura 1 ilustra essa migração para os estados do Paraná, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais com ampliação das áreas cultivadas no Estado de São Paulo (MARTORANO et al., 2008).

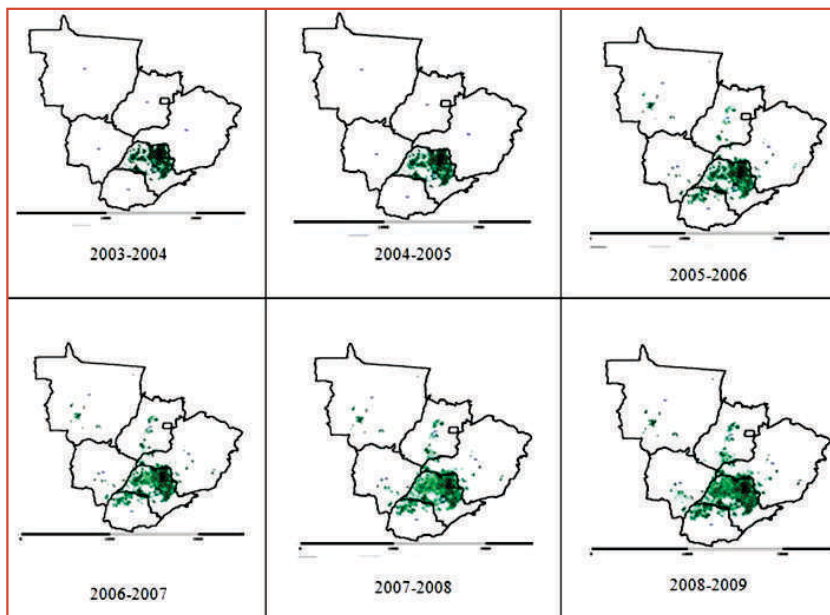


Figura 1. Expansão da cana-de-açúcar na região Cento-Sul brasileira no período de 2003-04 a 2008-09.

Em função dessas perspectivas e pensando em fornecer subsídios técnicos para formulação de políticas públicas que visam à expansão e produção sustentável de cana-de-açúcar no território brasileiro, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, encomendaram o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (ZAE-Cana). Nessa parte do livro, Manzatto e colaboradores abordam no capítulo 2, de forma detalhada, as ferramentas e critérios usados nesse zoneamento e discutem os possíveis impactos do ZAE-Cana sobre as dimensões sociais, econômicas e ambientais do país.

Oportunidades e compromissos

Sabendo que a adoção de boas práticas de manejo dos solos oxídicos do Cerrado pode manter ou mesmo elevar sua fertilidade (SÁ et al., 2008), seus estoques de carbono (SILVA et al., 2004; SISTI et al., 2004; CORBEELS et al., 2006; JANTALIA et al., 2007; BEATLLE-BAYER et al., 2010) e também mitigar a emissão de gases de efeito estufa (BAYER et al., 2006; BUSTAMANTE et al., 2006; BARRETO et al., 2009), percebe-

se que o País tem competência para que a expansão da cana-de-açúcar ocorra sem comprometimento de novas áreas nativas e, competição pela produção de alimentos. Essa transformação da geografia agrícola, se concretizada em consonância com a conservação dos recursos naturais, implicará ainda em oportunidade em diferentes dimensões. É sabido, por exemplo, que o balanço energético da cultura é positivo (razão da energia produzida pelo etanol / a energia consumida por combustíveis fósseis para essa produção = 8,3). Segundo estimativas recentes (MACEDO et al., 2008), as possibilidades de aumento dessa relação e de aumento das emissões evitadas de GEE são expressivas para os próximos 14 anos. Esses autores destacam que as emissões de $\text{CO}_2\text{eq m}^{-3}$ de etanol reduzirão das atuais 436 kg para 345 e a relação energética atingirá o patamar de 11,6, apenas com adaptações de tecnologias já disponíveis. Esses valores apresentam fortes impactos da transformação em energia elétrica, de todo o bagaço da cultura e do uso de boa parte (40%) da palhada da cultura, na geração dessa energia. Por outro lado, a elevação do preço médio da tonelada de C por hectare desestimularia a pecuária na Amazônia e reduziria as emissões associadas ao desmatamento e a queima da vegetação (ECONOMIA DO CLIMA, 2008).

Desta forma, é importante que estudos sejam desenvolvidos em todo território nacional e especificamente em regiões com intensa mudança de uso do solo, no sentido de se compreender os impactos da cana-de-açúcar e qualquer outra cultura com potencial agroenergético e do seu manejo sobre os diferentes componentes do ecossistema. Nesse sentido, pesquisadores do Centro de Energia Nuclear abordam, no capítulo 3 de forma objetiva a questão do impacto do uso do solo sobre a hidrologia e a biogeoquímica de nutrientes como o N e P em regiões com elevada pressão de uso. Para os autores, as culturas com menores necessidades hídricas, nutricionais (lê-se demandas por fertilizantes) e reduzida demanda por pesticidas deveriam ser priorizadas de forma a redução nos impactos sobre o funcionamento dos ecossistemas brasileiros.

Outros estudos vêm sendo desenvolvidos para avaliar os impactos da expansão da cana-de-açúcar. Os pressupostos metodológicos adotados no âmbito do Projeto Sensor (HELMING et al., 2009) foram aplicados para avaliar efeitos decorrentes de políticas

publicas no Mercosul considerando impactos econômicos, ambientais e sociais por forças motrizes (driving forces), em função da mudança da matriz energética no país (COUTINHO et al., 2008; MARTORANO et al., 2008). Para identificar efeitos de pressão de uso e cobertura da terra, considerou-se como área sensível a bacia do Alto Taquari (BAT), principalmente pela problemática do processo erosivo das terras (MARTORANO et al., 2002; GALDINO et al., 2003; ABDON, 2004; MARTORANO et al., 2009b). A avaliação da transferibilidade da ferramenta SIAT (*Sustainability Impact Assessment Tool*), no protótipo II (VERWEIJ et al., 2008) foi realizada usando o metamodelo OpenMI que possibilitou maior facilidade no reuso de modelos matemáticos, estrutura de dados e regras de negócio, bem como a criação dinâmica de cadeias formadas por Funções Indicador e Funções Resposta, apropriadas para simulações de cenários do impacto, que para o Mercosul foi denominada de SIAT-TTC (MARTORANO et al., 2009a). A ferramenta SIAT-TTC (TAVARES, 2010) apresenta potencial de avaliação de mudança de uso e cobertura do solo (VALENCIA, 2008), inclusive considerando cenários de mudanças climáticas (LISBOA, 2008), podendo essa metodologia ser adaptada para outras políticas públicas no Brasil.

Breve reflexão sobre a conservação dos biomas frente a expansão da agroenergia

O Cerrado e a Mata Atlântica concentram a maior parte da produção agropecuária e da população brasileira. Decorrência disso, a vegetação nativa desses biomas foi bastante reduzida a ponto deles estarem dentro da lista dos biomas mais ameaçados no Planeta (*hotspots*) (MYERS et al., 2000). Em estudos recentes utilizando ferramentas de geoprocessamento, Sano et al. (2008) estimaram uma perda da cobertura vegetal nativa do Cerrado entre 40-54%, sendo a paisagem atual caracterizada por um mosaico de usos, cuja predominância é de pastagens (26,5%) e áreas agrícolas (10,5%). Já a Mata Atlântica, denominada por Laurance (2009) como "*hottest of the hotspots*", a situação é mais crítica. Após cinco séculos de colonização, dos 139,6 M ha (milhões de hectares) originais, apenas 11,4-16,0% da sua cobertura vegetal não foi perdida; e o que restou está distribuída em

mais de 245 mil remanescentes, sendo que 83,4% desses possuem área menor que 50 ha (RIBEIRO et al., 2009).

O desmatamento e as queimadas na Amazônia são objetos de infinitos questionamentos quanto a expansão da agropecuária, mas a discussão se agrava em função da região, conjuntamente ao Nordeste brasileiro (e a Caatinga), serem as mais vulneráveis à mudança do clima. Na Amazônia, o aquecimento pode chegar a 7-8°C em 2100, resultando em redução de 40% da cobertura florestal sul-sudeste-leste da Amazônia, que será substituída pelo bioma savana, segundo estudo Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades (ECONOMIA DO CLIMA, 2008).

Desta forma, é interessante que políticas públicas de proteção da biodiversidade da Mata Atlântica, Cerrados, Caatinga e Floresta Amazônica sejam harmonizadas com políticas sociais específicas e diferenciadas a cada região. É mais urgente o caso dos primeiros biomas dado o elevado grau de vulnerabilidade de seus remanescentes, pressão imobiliária e perspectiva de alterações do clima. O Brasil é destaque na vanguarda de tecnologias limpas de produção de energia, de produção agropecuária, mas as novas perspectivas lançadas pelo Plano Nacional de Agroenergia e tendências macroeconômicas devem manter o compromisso da preservação da biodiversidade nacional. Quaisquer ações, sejam de pesquisa, política pública ou voluntária, que tenham como foco a preservação de nossas riquezas biológicas e sua vulnerabilidade, devem ser incentivados.

Referências bibliográficas

ABDON, M. de. **Os impactos ambientais no meio físico-erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária.** São Carlos, SP: São Carlos, 2004.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two brazilian cerrado soils under no-till. **Soil Tillage Research**, v. 86, p. 237-245, 2006.

BARRETO, R. C.; MADARI, B. E.; MADDOCK, J. E. L.; MACHADO, L. O. A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J.; COSTA, A. R. The impact of soil management

on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO in the surface layer of Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 132, n. 3-4, p. 243-251, 2009.

BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N. H.; BINDRABAN, P. S.; Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 137, p. 47-58, 2010.

BUSTAMANTE, M. M. C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; ROSCOE, R. Soil carbon storage and sequestration potential in the Cerrado region of Brazil. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHERVES, J.; CERRI, E. (Ed.). **Carbon Sequestration in soils of Latin América**. New York: Haworth Press, 2006. p. 285-304.

CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A.; BERNOUX, M.; DOUZET, J. M.; SIQUEIRA NETO, M. Soil carbon storage potencial of direct seeding mulch-based cropping systems in the cerrados of Brazil. **Global Change Biology**, v. 12, p. 1773-1787, 2006.

COUTINHO, H. L. C.; SCHLINDWEIN, S.; SIEBER, S.; JOBAGGY, E. Sensor TTC – the la plata river basin application: policy cases, main land use change drivers and Case Studies. In: IMPACT ASSESSMENT OF LAND USE CHANGES INTERNATIONAL CONFERENCE, Berlim, 2008. **Book of Abstracts** Berlim: IP SENSOR, 2008. p.129.

ECONOMIA DO CLIMA. **Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades**. Disponível em: <http://www.economiadoclima.org.br/files/biblioteca/RESUMO_FINAL.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2010.

Helming, K.; Tscherning, K.; König, B.; Sieber S.; Wiggering H.; Kuhlmann T.; Wascher D.; Perez-Soba M.; Smeets P.; Tabbush, P.; Dilly O.; Hüttl R.; Bach H. Ex-ante impact assessment of land use changes in European regions –the SENSOR approach. In: Helming K.; Perez-Soba M.; Tabbush, P. (eds) **Sustainability Impact Assessment of Land Use Changes**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 78-104p, 2008.

GALDINO, S.; RISSO, A.; SORIANO, B. M. A.; VIEIRA, L. M.; PADOVANI, C. R.; POTT, A.; MELO, E. C.; ALMEIDA JUNIOR, N. de. **Perdas de solo na Bacia do Alto Taquari**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 40 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 44).

JANTALIA, C. P.; RESCK, D.V.S.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the brazilian cerrado region. **Soil & Tillage Research**, v. 95, p. 97–109, 2007.

LAURENCE, W. F. Conserving the hottest of the hotspots. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1137, 2009.

LISBOA, L. S. **Cenários de mudanças climáticas com modelagem dinâmica na Bacia do Alto Taquari**. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A R. Green house emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass and bioenergy**, v. 32, p. 582-595, 2008.

MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACCA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p. (Embrapa Solos. Documento, 110).

MARTORANO, L. G.; GALDINO, S.; D´AGOSTINI, L. R.; PONCE, S. A., HERNANI, L. C.; CUPERTINO, J. L.; COSTA, C. A.; VIEIRA, L. M.; ROSSO, J., COSTA, A. R. C.; RAMALHO FILHO, A.; COUTINHO, H. L. C. **Índices de desempenho ambiental na bacia do Alto Taquari, MS: aspectos metodológicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002 30 p. (Embrapa Solos. Documentos, 34).

MARTORANO, L. M.; TAVARES, H.; SCHULER, A.; MEIRELLES, M. S. P.; COUTINHO, H. L. C.; FERAZ, R. P. D.; VALENCIA, I. O.; TURETTA . A. P. MONTEIRO, J. M. G. **Comparative report on the design of the SIAT-**

MERCOSUR including scenario assessments: the reports comprise specification on how to implement the scenario assessments into SIAT-MERCOSUR. [Brussels]: SENSOR, 2008. 43 p. Conceptual framework and Technical settings of TTC-Model. Deliverable: 8.4.1b.

MARTORANO, L. G.; TAVARES, H.; SCHULER, A.; MEIRELLES, M. S. P.; VALENCIA, L. I. O.; SANTOS, F. L. de O.; LISBOA, L.; TEIXEIRA, F. A.; PEREIRA, S.; FERRAZ, R. D.; MONTEIRO, J. G.; TURETTA, A. P.; COUTINHO, H. L. **SIAT-TTC design and architecture, Sustainability Impact Assessment Tool prototype:** demonstration tool at TTC-level, for MERCOSUR. Rio de Janeiro.[Embrapa Solos], 2009a. 126 p. Deliverable. 8.4.2b.

MARTORANO, L. G.; LISBOA, L.; MEIRELLES, M. S. P.; SCHULER, A. Erosive potential of rains in the climate change scenarios in the upper taquari River Basin, Ms, Brazil. In: INTERNATIONAL RESEARCH ON FOOD SECURITY, NATURAL RESOURCE MANAGEMENT AND RURAL DEVELOPMENT, 2009, Hamburg. **Biophysical and socio-economic frame conditions for the sustainable management of natural resources:** proceedings. Hamburg: University of Hamburg, 2009b.

MYERS, N.; MITTERMEIER, A. R.; MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p.853-858, 2000.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The brazilian atlantic forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153, 2009.

RODRIGUES, R.; BARRO, A. M.; CARVALHO, L. C. C. Carro flexível aquece o álcool. **Conjuntura Econômica**, v. 62, p. 35-40, 2009.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chornosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, v. 104, p. 56-64, 2009.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA JUNIOR, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 153-156, 2008.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALD, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pasture in the “cerrado” region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 357-363, 2004.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil Till. Res.**, v. 76, p. 39-58, 2004.

TAVARES, H. dos S. **Uma abordagem baseada em Workflow para auxiliar nas avaliações de impactos de mudança de uso e cobertura do solo**. 2010. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

VALENCIA, L. I. O. **Enfoque da estatística espacial em modelos dinâmicos de mudança do uso do solo**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação) – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

VERWEIJ, P. J. F. M.; ROLLER, J.; MEULEBROUK, B.; KNAPEN, R.; VAN RANDEN, Y.; DE WINTER, W.; DE KOPPEL, P. SIAT design and architecture, **Sustainability Impact Assessment Tool prototype II**. [s.l.]: SENSOR, 2008. 68 p. Deliverable 4.3.1.