

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



CENÁRIO AGROENERGÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SÃO PAULO: UMA AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Núria A.M. Rampazo^{1,2}, Michelle C.A. Picoli^{1,2}, Daniel G. Duft^{1,2}, Pedro G. Machado², Cauã G. Miranda¹, Katia R. E. de Jesus³

¹ Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE/CNPEM, Rua Giuseppe Máximo Scolfaro, 10000, Polo II de Alta Tecnologia, CEP: 13083-970 – Campinas - SP

² Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas – FEM/UNICAMP – Departamento de Energia, Rua Mendeleev, 200, Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo, CEP: 13083-860 – Campinas - SP

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa/Meio Ambiente Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho, CEP: 13820-000 – Jaguariúna - SP (nuriarampazo@gmail.com)

Resumo

Tendo em vista o crescente interesse mundial no consumo de biocombustíveis e as incertezas quanto a seus reais benefícios, o objetivo deste trabalho foi avaliar, com auxílio de sistema de informações geográficas (SIG), a sensibilidade das áreas utilizadas para a produção de cana no estado de São Paulo, integrando indicadores ambientais e socioeconômicos. A metodologia consistiu em classificar os dados (porcentagem de empregos na cana em relação à agricultura; renda média do trabalhador na cana; anos de estudo dos trabalhadores na produção de cana; trabalho infantil; balanço quali-quantitativo; área de proteção ambiental; declividade; zoneamento agroecológico da cana; aptidão agrícola) em três graus de sensibilidade: alta, média e baixa. Foi então realizada álgebra de mapas cuja regra adotada para analisar a sensibilidade foi: se houvesse alta sensibilidade em no mínimo um nível de informação, a área seria classificada como de alta sensibilidade. De acordo com o mapa final, 58% da cana do estado, 3.414.772 ha, está plantada em áreas de alta sensibilidade. Muitos são os fatores que devem ser aprimorados para que o protagonismo da cultura no estado possa ser revertido em ampliação da agroenergia na matriz ou em favor de uma matriz energética sustentável.

Palavras-chave: SIG, cana-de-açúcar, sensibilidade.

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



Abstract

Considering the growth of global interest in the use of biofuels and the uncertainties about their real benefits, the aim of this study was to evaluate, with the help of geographic information system (GIS), the sensitivity of the areas used for the production of sugarcane in the state of São Paulo, integrating environmental and socioeconomic indicators. The methodology consisted of the classification of data (percentage of jobs in the sugarcane in relation to agriculture; middle-income worker in the sugarcane production; study of workers in sugarcane; child labor; qualitative and quantitative balance, environmental protection area ;declivity; sugarcane agro-ecologic zoning; agricultural suitability) in three degrees of sensitivity: high, medium and low. Then it was made a map algebra, whose adopted rule to analyze sensitivity was: if there was high sensitivity in at least a level of information, the area would be classified as high sensitivity. According to the final map, 58% of the sugarcane of the state, 3,414,772 ha, are planted in high sensitivity areas. There are many factors that must be improved so that the role of sugarcane crop in the state can be reversed in expansion of agroenergy in the matrix or in favor of a sustainable energetic matrix.

Keywords: GIS, sugarcane, sensitivity.

1. INTRODUÇÃO

O interesse mundial na produção e consumo de biocombustíveis (principalmente etanol e biodiesel) vem crescendo desde a virada do século, devido às preocupações ambientais e principalmente à necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (WALTER et al., 2011). Porém ainda há dúvidas sobre os reais benefícios dos biocombustíveis em relação à inclusão social, segurança alimentar, às manifestações de interesses corporativistas setoriais nacionais e internacionais, e também às questões ambientais (VIANNA et al., 2008).

Dessa forma, esse trabalho visa estudar uma metodologia para preencher essa lacuna, integrando fatores ambientais e sociais que possuem impacto na sustentabilidade da produção da cana-de-açúcar de uma forma espacial para dar subsídio à tomada de decisões políticas do país.

Neste sentido, foram considerados alguns trabalhos já desenvolvidos como o de Thapa e Murayama (2008), que avaliaram a sensibilidade da terra utilizada para a agricultura peri-urbana na província de Hanoi (Vietnã), empregando as técnicas de *analytical hierarchical*



process (AHP) e Sistema de Informações Geográficas (SIG), avaliando a disponibilidade de solo, uso da terra e acessibilidades viária, dos recursos hídricos e do mercado.

Machado et al. (2014) aplicam o método denominado *Barômetro da Sustentabilidade* para a avaliação da expansão da cana-de-açúcar nos municípios de Barretos e Jaboticabal (SP) entre os anos de 1970 e 2000, considerando as dimensões ambiental e socioeconômica.

Abson et al. (2012) aplicaram a metodologia de Análise de Componentes Principais e de mapeamento espacial para avaliar a vulnerabilidade socioecológica de sistemas socioecológicos dinâmicos, integrados e complexos. Em sua análise, os autores supracitados utilizaram variáveis ambientais e socioeconômicas.

Neste trabalho, o objetivo principal foi classificar as áreas do estado de São Paulo de acordo com o grau de sensibilidade, através do uso de sistema de informações geográficas (SIG), a terra utilizada para a produção de cana-de-açúcar levando em consideração parâmetros físicos, ambientais, sociais e econômicos. Segundo BASSO et al. (2000) sensibilidade ambiental pode ser definida como a resposta de um ambiente, ou parte dele, às mudanças ocorridas em um ou mais fatores externos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área de estudo considerada foi o estado de São Paulo - o maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil. Além disso, é o estado no qual as empresas mais investem em tecnologia de produção de cana e etanol (TORRES, 2013). Segundo a autora a liderança do estado neste setor decorre de suas características ambientais, como clima e solo, juntamente com grandes investimentos, que fazem da indústria sucroalcooleira paulista a mais eficiente do país.

2.2. Variáveis utilizadas

Após intensa revisão de bibliografia e discussão, variáveis socioeconômicas e ambientais foram selecionadas visando contemplar os três pilares da sustentabilidade (ambiental, econômico e social). Além das variáveis apresentadas a seguir, utilizou-se o mapa de cana-de-açúcar plantada, elaborado pelo projeto Canasat¹ (RUDORFF et al., 2010) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para balizar as demais informações. Além

¹ Canasat. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>>. Acesso em 20 abr. 2015.

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



disso, foi utilizado o mapa dos municípios do estado de São Paulo do IBGE para servir como base da espacialização dos dados socioeconômicos, e o mapa das microrregiões do estado (também do IBGE)² que foi utilizado na etapa da extração dos dados.

Os dados referentes às variáveis a, b, c e d são referentes ao ano de 2003 e foram obtidos no banco de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS/MTE)³.

a. Porcentagem de empregos no cultivo de cana em relação à agricultura – consiste na participação (%) do cultivo de cana no número de empregos no setor “Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura” por município. A divisão das classes considerou o fato de que, quanto maior a dependência da economia local da atividade canavieira, piores são os indicadores socioeconômicos. Assim, as classes foram divididas em: alta (maior que 50%); média (entre 25% e 50%) e baixa sensibilidade (menor que 25%).

b. Renda média mensal do trabalhador no cultivo de cana – As classes foram divididas em três níveis de sensibilidade: alta (R\$ 0,00 a 678,00); média (R\$ 678,00 a 1.484,93) e baixa (maior que R\$ 1.484,93). Os valores foram estabelecidos de acordo com o salário mínimo vigente no ano de 2013 (R\$ 678,00) e a despesa monetária média mensal familiar rural (R\$ 1.484,93), inicialmente calculada pela POF 2008-2009 (IBGE, 2010)⁴ e atualizada para 2013 a partir do Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC/IBGE)⁵.

c. Anos de estudo dos trabalhadores no cultivo de cana – Na RAIS/MTE foram obtidos os números absolutos de trabalhadores na atividade canavieira para cada ano de escolaridade, que depois foram agrupados em três grupos: A (trabalhadores analfabetos a 5ª série incompleta); B (5ª série completa a ensino médio incompleto) e C (ensino médio completo a ensino superior completo). O município foi classificado de acordo com o grupo dominante. As classes foram divididas em: alta (município com maioria dos trabalhadores no grupo A), média (município com maioria dos trabalhadores no grupo B) e baixa (município com maioria dos trabalhadores no grupo C).

d. Trabalho infantil – As classes definidas foram: alta sensibilidade (presença de trabalho infantil) e baixa sensibilidade (ausência de trabalho infantil).

² Malhas digitais do IBGE. Disponível em: <<http://goo.gl/FWc97R>>. Acesso em 08 jun. 2015.

³ Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho e Emprego (RAIS/MTE). Disponível em: <<http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>>. Acesso em 20 abr. 2015.

⁴ IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009.

⁵ Calculadora do Cidadão. Ferramenta para atualizar valores de acordo com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC/IBGE). Disponível em: <<https://goo.gl/Ocyw>>. Acesso em 27 abr. 2015.

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



e. *Trabalho escravo* – Em busca de dados sobre trabalho escravo no cultivo de cana-de-açúcar, foi consultada a lista mais atual⁶ de autuações do MTE, divulgada pela Organização Não-Governamental Repórter Brasil (Repórter Brasil, 2009). As classes referentes a essa variável foram divididas em: alta sensibilidade (presença de trabalho escravo) e baixa sensibilidade (ausência de trabalho escravo).

Cabe salientar que, ao comparar informações do projeto Canasat (RUDORFF et al., 2010) com os dados socioeconômicos, houve municípios que, embora apresentassem cultivo de cana, não possuíam dados socioeconômicos na fonte consultada, devido ao fato de os trabalhadores serem registrados no município sede da usina sucroalcooleira. Nestes casos, assumiu-se que os respectivos dados socioeconômicos consistiam em baixa sensibilidade.

f. *Balanço Quali-Quantitativo dos Recursos Hídricos* – indicador que compreende os aspectos qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos (ANA, 2013), apresentando quatro classes: satisfatório, criticidade qualitativa, criticidade quantitativa e criticidade quali-quantitativa. Desta forma, as classes de sensibilidade foram divididas em: alta (criticidade quali-quantitativa), média (criticidade qualitativa ou quantitativa) e baixa (situação satisfatória).

g. *Declividade* – Foram utilizadas imagens de satélite provenientes da missão *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM/NASA)*⁷. A divisão das classes considerou a capacidade de mecanização das áreas, já que a colheita mecânica é considerada ambientalmente mais adequada, por evitar a queima. Assim, áreas com declividade inferior a 12%, por serem mecanizáveis (AGUIAR et al., 2010), foram consideradas áreas de baixa sensibilidade, de 12 a 15% como média sensibilidade e de 15 a 18% como alta sensibilidade.

h. *Áreas de Proteção Ambiental (APA)* – O mapa base foi elaborado pela Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo em 2008 (SÃO PAULO, 2008). Assim, apenas duas classes foram selecionadas: alta sensibilidade (áreas de APA) e baixa sensibilidade (sem APA).

i. *Uso da Terra* – obtido do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (ZAE) (Embrapa, 2009)⁸. Áreas com uso para agricultura foram consideradas de alta sensibilidade, pois a expansão da cana-de-açúcar para essa região implicaria na questão da segurança alimentar (VAN DER HILST et al., 2013). Pastagens foram consideradas áreas de baixa sensibilidade, pois geralmente são grandes áreas que poderiam ser utilizadas para o cultivo de cana sem

⁶ A lista mais atual de registros de trabalho escravo data de 06 mar. 2015 e está disponível em: <http://reporterbrasil.org.br/documentos/lista_06_03_2015.pdf>. Acesso em 11 mar 2015.

⁷ Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em 20 abr. 2015.

⁸ Anexo do Decreto n° 6.961, de 17 de setembro de 2009, que aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar [...]. Disponível em: <<http://goo.gl/n3hb52>>. Acesso em 29 abr. 2015.



que este competisse com a produção de alimentos. Assim, as classes de sensibilidade definidas consistiram em: alta (agricultura); média (agropecuária) e baixa (pastagens).

Ressalta-se que há uma diferença temporal entre o ZAE e o Canasat e, conseqüentemente, algumas implicações: o ZAE foi elaborado em 2007 visando à expansão da cana e, portanto, não considerou áreas em que já havia cultivo de cana no ano em questão. Deste modo, as áreas cultivadas com cana-de-açúcar em 2013 (Canasat) e para as quais não há dado no ZAE foram consideradas como áreas de baixa sensibilidade, pois além de não ter havido mudança no uso da terra neste período, a cana não competirá com seu próprio cultivo. *j. Aptidão agrícola* – também proveniente do ZAE da Embrapa (2009). As seguintes classes foram definidas: alta sensibilidade (áreas com baixa aptidão agrícola), média sensibilidade (áreas com média aptidão agrícola) e baixa sensibilidade (áreas com alta aptidão agrícola). Também aqui áreas com cana em 2013 (Canasat) e sem informação no ZAE foram consideradas como áreas de baixa sensibilidade no que tange à aptidão agrícola.

2.4. SIG

Após sua aquisição, os dados foram organizados, classificados e especializados em ambiente SIG (software ArcMap® 10.2.1). Foi realizada a correção geométrica nos dados e, em seguida foram transformados em raster com resolução espacial de cem metros. O mapa base de São Paulo foi ainda transformado em arquivo de pontos. A etapa seguinte consistiu na extração dos dados referentes a cada ponto do estado.

A regra utilizada para calcular a sensibilidade de cada ponto consistiu em: se houvesse alta sensibilidade em determinada localidade, em no mínimo um nível de informação, a área seria classificada como de alta sensibilidade. Da mesma forma, com um tipo de dado indicando média sensibilidade, na ausência de alta sensibilidade, seria caracterizada como de sensibilidade média, e, todos os níveis indicando baixa sensibilidade, ou ausência de dados, o local se configuraria como área de sensibilidade baixa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas utilizados na metodologia e classificados conforme suas sensibilidades podem ser observados na Figura 1. Não foi encontrado nenhum registro de trabalho escravo para a área de estudo nas fontes consultadas, portanto a variável foi eliminada do cálculo.

É possível observar que as áreas com cana plantada estão localizadas principalmente nas regiões norte, oeste e central do estado. Essas áreas possuem alta correlação com o



mapa de declividade, pois as máquinas de plantio e colheita de cana têm limitações referentes a declividade do terreno. O mapa de aptidão agrícola e o do zoneamento indicam as regiões oeste e central do estado como as áreas mais aptas para expansão da cana.

O mapa do balanço quali-quantitativo aponta a região leste do estado como sendo a que possui maior sensibilidade, ou seja, lá estão localizadas as áreas com criticidade quali-quantitativa. Já a maior parte das áreas de proteção ambiental estão localizadas próximas a Serra do Mar, onde não há plantio de cana-de-açúcar.

Os mapas de porcentagem de empregos na cana, anos de estudo e renda do trabalhador são bastante heterogêneos. No mapa de trabalho infantil é possível verificar que houve incidência em dois municípios do estado.

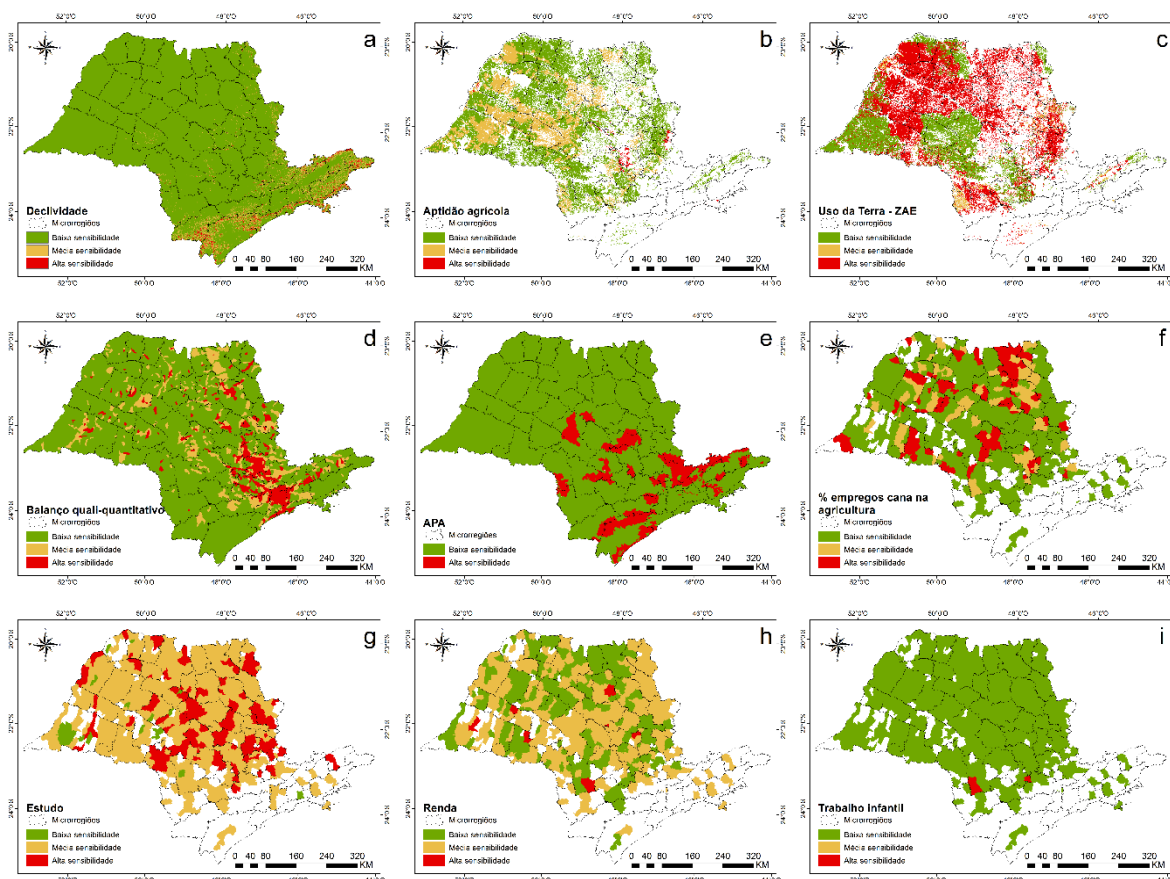


Figura 1. (a) declividade; (b) aptidão agrícola (ZAE); (c) uso da terra (ZAE); (d) recursos hídricos (balanço quali-quantitativo dos recursos hídricos); (e) áreas de proteção ambiental; (f) porcentagem de empregos na cana-de-açúcar em relação à agricultura; (g) anos de estudo; (h) renda média mensal e (i) trabalho infantil.

O mapa final de sensibilidade é apresentado na Figura 2. Nele é possível observar que a maioria do estado foi classificado como tendo alta sensibilidade, isto ocorreu principalmente



devido aos dados do zoneamento agroecológico da cana, porcentagem de emprego na cana e anos de estudo. Isto é um indicativo preocupante, pois 3.414.772,00 hectares de cana ou 58% do total do estado (Tabela 1) estão plantados sobre áreas de alta sensibilidade.

Vale ressaltar que variáveis socioeconômicas como emprego na cana e anos de estudo são definidas pela ótica da comunidade. A alta dependência em apenas um setor da economia, e neste setor prevalecer atividades agropecuárias, está relacionada com menores níveis de desenvolvimento e prestação de serviços à sociedade (Machado, 2012). E perpetuar a baixa escolaridade dos trabalhadores do setor, impede que a comunidade vença o “ciclo de declínio”, perpetuando as baixas taxas de serviços nas áreas rurais (União Europeia, 2009).

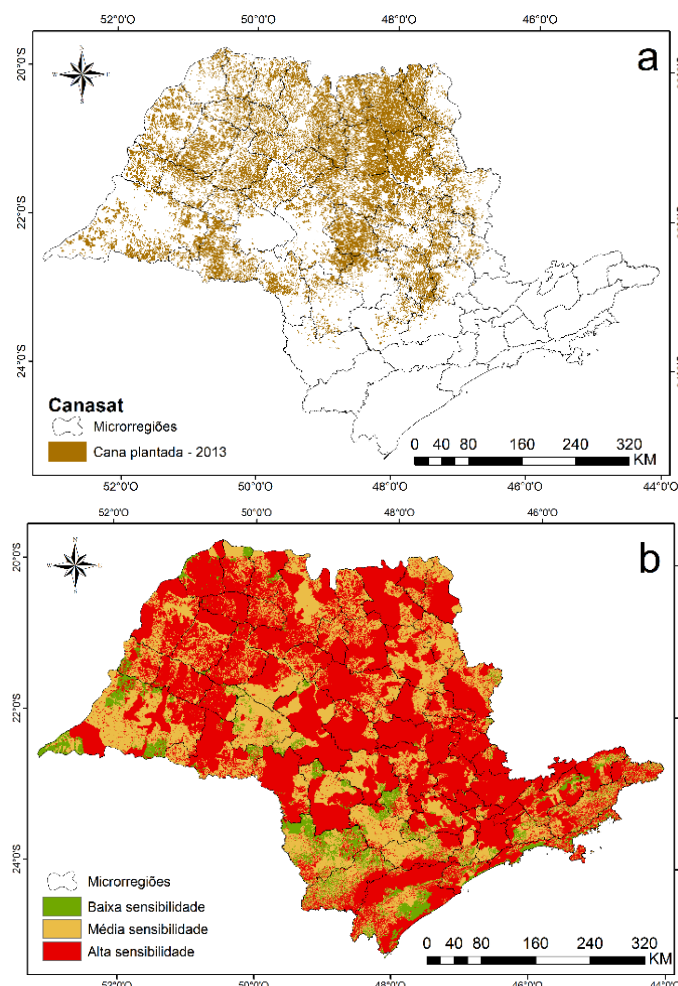


Figura 2. (a) Cana plantada 2013 (Canasat); (b) Mapa final de sensibilidade

Tabela 1. Cana cultivada por área de sensibilidade no estado de São Paulo.

São Paulo	Baixa sensibilidade		Média sensibilidade		Alta sensibilidade		Total
	Hectares	%	Hectares	%	Hectares	%	Hectares
Total	133053,00	2%	2327427,00	40%	3414772,00	58%	5875498,05

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o mapa de sensibilidade da cana-de-açúcar muitos são os fatores que devem ser aprimorados para que se melhore a situação atual do plantio da cana no estado de São Paulo, principalmente em relação ao trabalhador, que, como observado, possui baixa escolaridade e salários inferiores.

No tocante ao zoneamento agroecológico da cana foi possível verificar que muitas áreas de cana expandiram sobre agricultura, o que gera uma grande discussão sobre a competição entre alimentos e biocombustíveis.

5. AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e ao projeto SustenAgro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSON, D.J.; DOUGILL, A.J.; STRINGER, L.C. Using Principal Component Analysis for information-rich socio-ecological vulnerability mapping in Southern Africa. *Applied Geography*, n. 35, Elsevier Publis, 2012. p. 515-524.

AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F.; RUDORFF, B.F.T. Monitoramento do modo de colheita da cana-de-açúcar no estado de São Paulo - Brasil por meio de imagens de sensores orbitais em dois anos-safra. *Revista SELPER*, v. 30, p. 34-43, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/stQ7ul>>. Acesso em 20 abr. 2015.

ANA (Agência Nacional de Águas). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013*. Disponível em: <<http://goo.gl/i1eXjT>>. Acesso em 20 abr. 2015.

BASSO, F.; BOVE, E.; DUMONTET, S.; FERRARA, A.; PISANTE, M.; QUARANTA, G.; TABERNER, M. Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy). *Catena*, n. 40, 2000, p. 19-35.

CEPEA (Esa/q/USP). *PIB do Agronegócio do estado de São Paulo, 2014*. Disponível em: <<http://goo.gl/OyISXi>>. Acesso em 13 abr. 2015.

CTBE (Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol); FEAGRI (Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp). *Boletim de Monitoramento da Cultura de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo*, n. 00, nov. 2014. Disponível em: <<http://ctbe.cnpem.br/wp-content/uploads/2015/04/boletim-cana-edicao-zero.pdf>>. Acesso em 29 abr. 2015.

EMBRAPA. *Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar / org. Manzatto et al. Rio de*

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Despesas, rendimentos e condições de vida. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/Ugo4>>. Acesso em 27 abr. 2015.

MACHADO, P.G. Análise de indicadores socioeconômicos em municípios canavieiros: estudos de caso em São Paulo e Alagoas. 2012. 137 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. Disponível em: <<http://goo.gl/oHDPul>>. Acesso em: 06 abr. 2015.

MACHADO, P.G.; DUFT, D.G.; PICOLI, M.C.A.; WALTER, A. Diagnóstico da expansão da cana-de-açúcar: aplicação do Barômetro da Sustentabilidade nos municípios de Barretos e Jaboticabal (SP). Sustentabilidade em Debate, v. 5, p. 16-28, 2014.

REPÓRTER BRASIL. O Brasil dos Agrocombustíveis – Cana: Impacto das lavouras sobre a terra, o meio e a sociedade. 2009.

RUDORFF, B.F.T.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F.; SUGAWARA, L.M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M.A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. Remote Sensing. 2010; 2(4):1057-1076.

SÃO PAULO. Sec. do Meio Ambiente. Áreas de Proteção Ambiental (APA). 2008.

THAPA, R.B.; MURAYAMA, Y. Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi. Land Use Policy, n. 25, v. 2, p. 225-239. 2008.

UNIÃO EUROPEIA. Directiva 2009/28/CE de 23 de Abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis (...). Disponível em: <<http://goo.gl/HldTe3>>. Acesso em: junho de 2014.

VAN DER HILST, F.; VAN EIJCK, J.; VERSTEGEN, J.; DIOGO, V.; BATIDZIRAI, B.; FAAIJ, A. Impacts of Biofuel Production. Case studies: Mozambique, Argentina and Ukraine. Final Report. Nov. 2013. UNIDO. Disp. em: <<https://goo.gl/ortN5E>>. Acesso em 09 mar. 2015.

VIANNA, J.N.S.; DUARTE, L.M.G.; WEHRMANN, M.E.S.F. Contribuição do etanol para mitigação das mudanças climáticas. In: Encontro Nacional da ANPPAS, 4. 2008, Brasília, DF. Mudanças ambientais globais: a contribuição do ANPPAS ao debate: anais... Brasília, DF: 2008.

WALTER, A.; DOLZAN, P.; QUILODRÁN, O.; OLIVEIRA, J.G. de; SILVA, C. da; PIACENTE, F.; SEGERSTEDT, A. Sustainability assessment of bio-ethanol production in Brazil considering land-use change, GHG emissions and socio-economic aspects. Energy Policy, n. 39, p. 5703-5716. 2011.