



**SOLOS
FRÁGEIS**

**CARACTERIZAÇÃO, MANEJO E
SUSTENTABILIDADE**

Selma Simões de Castro

Luis Carlos Hernani

Editores Técnicos



Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SOLOS FRÁGEIS: CARACTERIZAÇÃO, MANEJO E SUSTENTABILIDADE

Selma Simões de Castro
Luís Carlos Hernani
Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2015

Capítulo 4

Funções de uso e indicadores de sustentabilidade – casos de expansão sucroalcooleira no Sudoeste de Goiás

Ana Paula Dias Turetta; Heitor Luiz da Costa Coutinho

Introdução

A preocupação com as metas do Protocolo de Kyoto, a matriz energética atual e as estratégias para o desenvolvimento econômico sustentável tem sido o centro das discussões de especialistas e autoridades globais e, como consequência, têm colocado a produção da cana-de-açúcar em agendas e políticas em países como os Estados Unidos (EUA), membros da União Europeia (UE) e o Brasil.

Albuquerque (2012) destaca que o Brasil confirmou, no Acordo de Copenhague e na COP16 em Cancun, as suas metas nacionais voluntárias de redução de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), com reduções entre 36,1% e 38,9% das suas emissões projetadas até 2020. Essas metas foram definidas na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), aprovada pelo Congresso Nacional (BRASIL, 2009). Em dezembro de 2010, foi editado o Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010, que regulamenta os artigos 6, 11 e 12 da Lei nº 12.187/2009 que instituiu a PNMC e deu outras providências. Entre elas, estabeleceu, em consonância com a PNMC, planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas visando à consolidação de uma economia de baixo consumo em carbono (BRASIL, 2010).

Esse decreto permitiu esclarecer e definir vários aspectos regulatórios do texto legal quanto à mensuração das metas e à formulação dos planos setoriais (ALBUQUERQUE, 2012). O Decreto nº 7.390 contou com uma lista de ações de mitigação das emissões, entre as quais se destaca o item III: “expansão da oferta hidroelétrica, da oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais hidroelétricas e bioeletricidade, da oferta de biocombustíveis, e incremento da eficiência energética” (BRASIL, 2010).

A Figura 1 apresenta a expansão da área plantada com cana-de-açúcar no Brasil desde 1975. Observa-se uma constante expansão, que teve como importantes *drivers* o aumento do consumo interno de álcool combustível e também a exportação desse produto em função dos altos preços internacionais do petróleo em 2008 (SOARES et al., 2009).

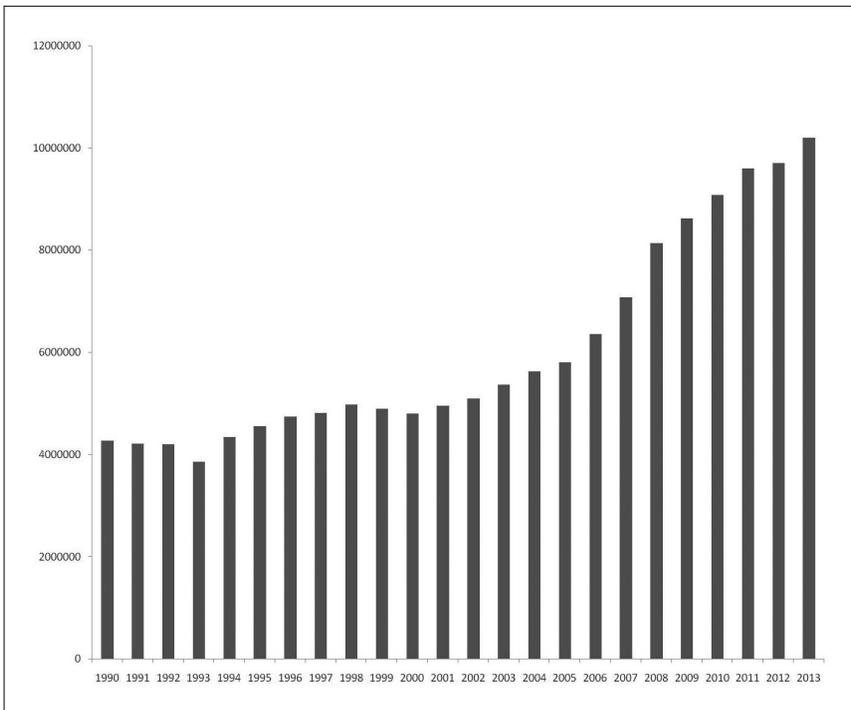


Figura 1. Expansão da área plantada com cana-de-açúcar no Brasil a partir de 1990.

Fonte: IBGE (2014).

De acordo com Soares et al. (2009), apesar do potencial do etanol em mitigar emissões de gases de efeito estufa em substituição à gasolina, existe forte preocupação relacionada à forma como a expansão dessa cultura se manifesta. Nesse contexto, estudos que gerem propostas para a avaliação da sustentabilidade da expansão da cana-de-açúcar representam uma oportunidade de conhecer os potenciais impactos dessa atividade de uma maneira ampla, considerando sua dimensão ambiental, econômica e social, propiciando, assim, subsídios para o seu melhor planejamento e execução.

Avaliação da sustentabilidade, funções de uso da terra e indicadores

Os meios acadêmicos para publicação de artigos científicos demonstram um aumento de publicações no tema, como observado na Figura 2. Tal comportamento demonstra a expansão dessa abordagem, possivelmente devido à crescente demanda por ferramentas capazes de integrar informações ambientais, sociais e econômicas.

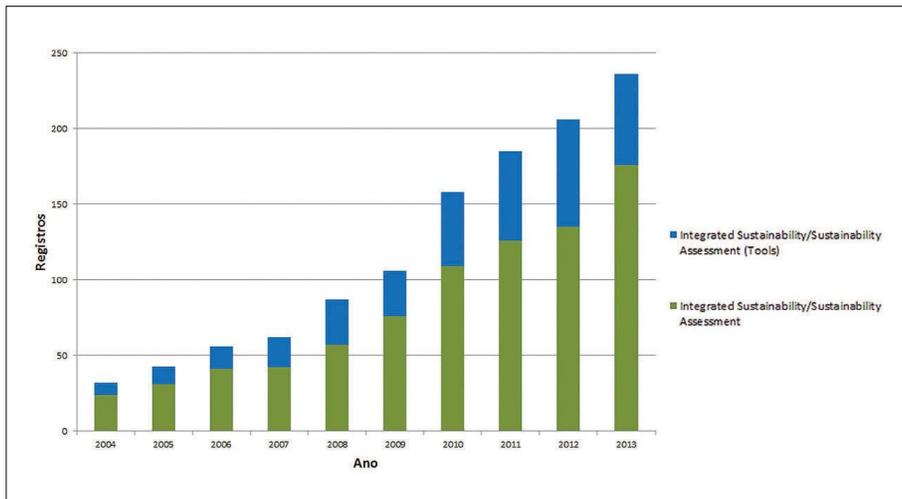


Figura 2. Número de artigos publicados sobre o tema sustentabilidade por ano, de 2004 a 2013.

Fonte: Scopus (2013).

Segundo Kates et al. (2001), um dos principais objetivos da avaliação integrada da sustentabilidade é oferecer aos tomadores de decisão uma avaliação global de determinada questão (atividade, área, bacia de drenagem, etc.) sobre a integração sociedade (aspectos socioeconômicos e institucionais) e natureza, em diferentes recortes temporais, a fim de auxiliá-los a determinar quais ações devem ou não devem ser tomadas na tentativa de tornar a sociedade sustentável.

Lancker e Nijkamp (2000) destacam que, individualmente, um determinado indicador não apresenta uma análise sobre a sustentabilidade. Ele é apenas um valor de referência sobre determinado item. Graymore et al. (2009) acrescentam que avaliações de indicadores de sustentabilidade (pressão-estado-resposta) (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 1994), apresentam interações entre os indicadores, mas não incorporam essas interações na ferramenta de avaliação. Assim, esse modelo não leva em consideração as interações entre os indicadores e seus diferentes impactos sobre a sustentabilidade. Os autores destacam, ainda, que é mais eficiente focar a análise em pequenos conjuntos de indicadores e em escalas mais finas para aumentar a confiabilidade, ao contrário de avaliações focadas num grande conjunto de indicadores desenvolvidos em escala nacional, e que, muitas vezes, os dados não são disponíveis em escalas maiores (GRAYMORE, 2005; GRAYMORE et al., 2008).

A partir da necessidade de uma estrutura conceitual que (i) definisse adequadamente os bens e serviços econômicos, ambientais e sociais fornecidos pelo uso múltiplo da terra; (ii) ajudasse a identificar os limiares de sustentabilidade; e (iii) investigasse o impacto que as políticas públicas possam ter sobre o uso da terra e o impacto à sustentabilidade de determinada área, Pérez-Soba et al. (2008) propuseram uma abordagem chamada Funções de Uso da Terra (FUTs), capaz de integrar informações de um conjunto de indicadores econômicos, ambientais e socioculturais em nove de Funções de Uso da Terra, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Funções de Uso da Terra (FUT) propostas para a União Europeia

| Dimensão da Sustentabilidade | Funções de Uso da Terra |
|-------------------------------------|--|
| Social | Oferta de trabalho |
| | Qualidade de vida |
| | Cultural |
| Econômica | Produção independente da terra e residencial |
| | Produção dependente da terra |
| | Transporte |
| Ambiental | Provisão de recursos abióticos |
| | Provisão de recursos bióticos |
| | Manutenção de processos ecossistêmicos |

Fonte: Pérez-Soba et al. (2008).

O conceito de FUTs fundamenta-se nos conceitos da multifuncionalidade da agricultura, dos bens e serviços do ecossistema, e das funções da paisagem. As FUTs propõem uma análise funcional sobre como as mudanças, como aquelas induzidas por políticas públicas, por exemplo, podem ter impacto sobre o desempenho de múltiplas funções relacionadas ao uso da terra, pois avalia simultaneamente os impactos econômicos, ambientais e sociais a partir de um conjunto de indicadores a elas associados. Dessa forma, o conceito de FUTs responde à crescente demanda por métodos para avaliar o impacto à sustentabilidade, refletido nas múltiplas dimensões inerentes ao conceito (KATES et al., 2001).

Nas últimas décadas, o uso de indicadores e índices para avaliar a sustentabilidade cresceu muito, por serem instrumentos que, de forma simples, expressam uma mensagem complexa, resultante de numerosos fatores (HARDI et al., 1997). Esse tipo de ferramenta metodológica permite transmitir a informação técnica de uma forma sintética, preservando o significado original dos dados e usando apenas as variáveis que melhor espelham os objetivos desejados (SMEETS; WETERINGS, 1999).

O modelo Pressão–Estado–Resposta (PER), ou DSR (*Driving force–State–Response*), desenvolvido pela OECD para o estudo de indicadores ambientais globais, é bastante aceito e adotado internacionalmente. Baseia-se no conceito de causalidade: as atividades humanas exercem pressão sobre o ambiente, alterando a qualidade e a quantidade de recursos naturais, ou seja, alterando o seu estado; A sociedade responde a essas mudanças, mediante políticas ambientais, econômicas ou setoriais (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2003).

A metodologia desenvolvida pelo IBGE tem abrangência regional e se baseia no documento elaborado pela Comissão das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CSD), que publicou uma lista com 134 indicadores, os quais abrangem aspectos sociais, econômicos, ambientais e institucionais do desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS, 2001). Por sua vez, o IBGE (2004) reduziu essa lista para 57 indicadores, adaptados às particularidades do Brasil, tendo como suporte o modelo proposto PER, adotado pela ONU.

O conceito de desenvolvimento sustentável utilizado pelo IBGE (2004) segue a mesma linha de pensamento CDS/ONU (UNITED NATIONS, 2001), que considera

o desenvolvimento sustentável como um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro a fim de atender às necessidades e aspirações futuras [...] é aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades (UNITED NATIONS, 2001, p. 10).

Expansão da cana-de-açúcar em Goiás

O setor sucroalcooleiro passou por fases diversas no País, mas a produção de cana-de-açúcar encontra-se praticamente consolidada na região Sudeste, em particular no Estado de São Paulo (MYERS et al., 2000). Atualmente, uma das áreas preferenciais para a expansão dessa cultura é a região Centro-Oeste,

onde já se pode constatar uma grande concentração de novas e antigas usinas de álcool instaladas, destacando-se as regiões do Centro e Sul Goiano, cujo incremento vem se dando, sobretudo, desde 2004 (CASTRO et al., 2010; RUDORFF et al., 2010).

No Sul Goiano concentra-se a maior parte das usinas e áreas de plantio do Estado de Goiás, principalmente em terrenos suaves e cobertos por solos argilosos e profundos, como os Latossolos Vermelhos; uma das suas microrregiões, a de Quirinópolis, aonde a cana chegou em 2004, se tornou a nova centralidade da produção (BORGES, 2011). Outros municípios, como Rio Verde, apesar de terem o mesmo tipo de solo e relevo, por serem agroindustrialmente consolidados em outros setores, como grãos e pecuária, não estão sendo alvo da expansão. E, por fim, municípios como Mineiros, com relevos suaves, porém com solos arenosos de baixa aptidão, como os Neossolos Quartzarênicos, começam a receber a cana-de-açúcar em 2008 (CASTRO et al., 2010; PIETRAFESA et al., 2012; TRINDADE, 2015).

Este capítulo apresenta uma abordagem para a avaliação integrada da sustentabilidade da expansão da cana-de-açúcar no Sudoeste Goiano, utilizando-se a metodologia das Funções de Uso da Terra (FUTs) e Indicadores de Sustentabilidade.

A sustentabilidade da expansão canavieira no Sudoeste Goiano

O Projeto SENSOR, que teve início em 2004, foi desenvolvido por um consórcio de 38 instituições de pesquisa distribuídas em 15 países europeus e financiado pelo Programa Quadro 6, da Comissão Europeia. Seu objetivo foi desenvolver ferramentas de avaliação da sustentabilidade em diferentes cenários de uso da terra por meio da análise integrada dos impactos econômicos, sociais e ambientais resultantes de políticas públicas. Em 2007, quatro países externos à União Europeia (Brasil, Argentina, China e Uruguai) foram incorporados a esse projeto na qualidade de “Países Terceiros Alvos” (*Third Targeted Countries, TTC*). A Embrapa Solos representou o Brasil nesse Consórcio com o objetivo de avaliar a transferibilidade das metodologias desenvolvidas pelo componente europeu do projeto.

A equipe brasileira selecionou, como estudo de caso, a expansão da cana-de-açúcar em áreas de alta dinâmica de mudança de uso das terras no bioma Cerrado. O Projeto SENSOR, em ação integrada com a Rede de Pesquisa Solos Frágeis, desenvolveu ações para a avaliação de impactos da expansão canavieira à sustentabilidade da região do Sudoeste Goiano. Entre os 26 municípios que compõem essa microrregião, foram selecionados os municípios de Mineiros, Rio Verde e Quirinópolis (Figura 3), por possuírem características biofísicas, estruturais e socioeconômicas bastante distintas, que se refletem em diferenças significativas com relação às taxas de expansão da cana-de-açúcar (Tabela 2).

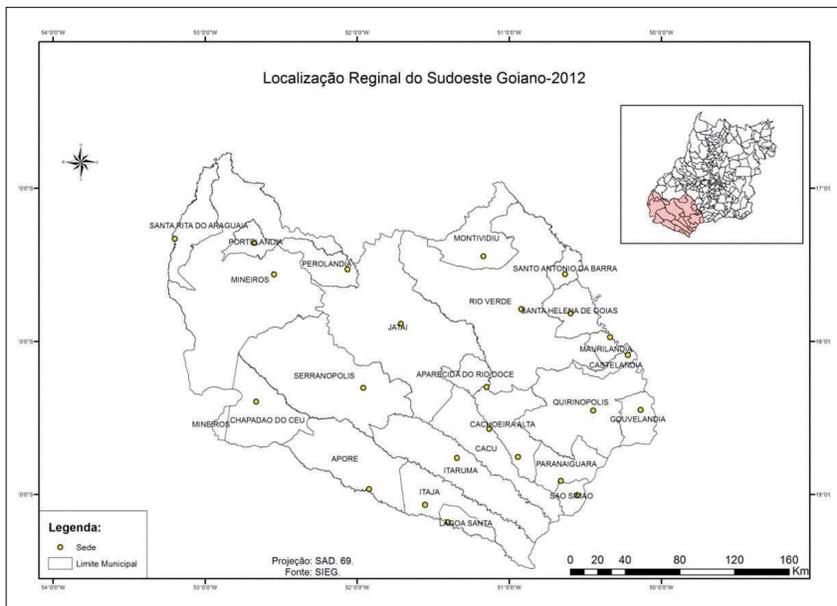


Figura 3. A Região de Planejamento Sudoeste Goiano (SEGPLAN-GO) com seus 26 municípios.

Fonte: Trindade (2015).

Tabela 2. Área ocupada por cana-de-açúcar em hectare e taxa de expansão no período de 2005 a 2011.

| Município | 2005 (ha) | 2011 (ha) | Expansão (%) |
|--------------|-----------|-----------|--------------|
| Rio Verde | 2.900 | 14.300 | 393 |
| Quirinópolis | 5.000 | 48.000 | 860 |
| Mineiros | 35 | 21.101 | 60.188 |

A “Oficina de Preparação para Avaliação Participativa de Impactos à Sustentabilidade de Políticas de Expansão Canavieira no Sudoeste Goiano” foi realizada no Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia-GO, no dia 11 de dezembro de 2012, sob coordenação conjunta da Embrapa Solos e do Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF) do IESA (UFG), com os objetivos de promover uma discussão interdisciplinar estruturada sobre a expansão canavieira no Sudoeste Goiano, selecionar instrumentos de políticas públicas para a construção de cenários de ocupação por cana-de-açúcar e definir funções de uso das terras e indicadores a serem utilizados na avaliação participativa de impactos (Framework for Participatory Impact Assessment – FoPIA) (MORRIS et al., 2011). Participaram da Oficina 32 especialistas convidados em função de sua atuação em projetos de pesquisa na região ou experiência em estudos sobre o processo de expansão ou os impactos gerados pela mudança de uso das terras para a produção de açúcar e álcool na região. A Oficina foi estruturada com palestras orientadoras seguidas por trabalhos em grupos e discussão em plenária, dividida em três sessões de estudo: (I) Cenários de Políticas Públicas; (II) Funções de Uso da Terra; e (III) Indicadores de Impacto. No presente trabalho, serão apresentados resultados relativos às sessões II e III. Seus resultados serão publicados por Pietrafesa et al. (2015).

Na concepção do Projeto SENSOR, foram consideradas nove FUTs, sendo três para cada dimensão da sustentabilidade, conforme apresentado anteriormente na Tabela 1. No entanto, as FUTs são flexíveis e permitem que modificações sejam feitas a fim de melhor atender aos objetivos de cada estudo de caso. Dessa forma, tendo em vista o objeto de estudo deste trabalho – expansão da cana-de-açúcar no Sudoeste Goiano –, nove FUTs foram apresentadas na Sessão II da Oficina Participativa, sendo validadas em termos de relevância e adequabilidade ao estudo de caso (Tabela 3).

Tabela 3. Funções de Uso da Terra (FUT) definidas pela equipe do Projeto SENSOR para o estudo de caso expansão da cana-de-açúcar no Sudoeste de GO.

| Sustentabilidade | FUTs Sudoeste GO |
|------------------|---|
| Social | Qualidade e oferta de trabalho |
| | Saúde e qualidade de vida |
| | Desenvolvimento sociocultural local |
| Econômica | Atividades industriais e construção civil |
| | Produção rural e consumo local |
| | Infraestrutura |
| Ambiental | Conservação de recursos abióticos |
| | Conservação de recursos bióticos |
| | Manutenção de processos ecossistêmicos |

Na Sessão III da Oficina, os grupos de trabalho deliberaram sobre quais indicadores de sustentabilidade seriam os mais apropriados para representar cada FUT definida na Sessão II, considerando os critérios de relevância, simplicidade, robustez, mensurabilidade, operacionalidade e disponibilidade (espacial e temporal). Cada grupo de trabalho, tendo em vista a dimensão de sustentabilidade que representaram, propôs quatro indicadores para cada FUT.

Um total de 53 indicadores foram apontados pelos seis grupos de trabalho, que, após análise e remoção de redundâncias e inconsistências, resultaram em 36 indicadores propostos, sendo 12 sociais, 12 econômicos e 12 ambientais.

A sustentabilidade da expansão canavieira nos municípios de Mineiros, Quirinópolis e Rio Verde

A maior limitação ao desenvolvimento do trabalho foi a disponibilidade de dados sobre os indicadores selecionados e o acesso aos mesmos. Observa-se na Tabela 4 que, dos 36 indicadores listados, foi possível encontrar registros em 24 deles. Porém, tais registros foram, em sua maioria, apenas encontrados em nível estadual e com a série temporal incompleta. Apenas para três indicadores

(PIB industrial, PIB agropecuário e área plantada) foram encontrados registros em nível municipal e com maior disponibilidade temporal.

Observa-se, ainda, na Tabela 4, que a dimensão com a menor disponibilidade de dados é a ambiental, seguida pela econômica e pela social. A dimensão social, geralmente, é a mais esquecida em uma análise de sustentabilidade, sendo dada maior ênfase especialmente às dimensões econômica e ambiental. Mesmo diante desse fato, a dimensão ambiental é a que apresenta a menor disponibilidade de dados, o que pode estar relacionado ao fato de as análises de sustentabilidade com ênfase na dimensão ambiental serem realizadas em escalas de detalhe, permitindo, assim, a coleta de indicadores “in loco” e/ou o acesso à base de dados de projetos de pesquisa. Outra hipótese é que os dados utilizados para essas análises, quando realizadas em escalas de menor detalhe, sejam inadequados à realização das mesmas, ou seja, os indicadores utilizados podem não mostrar a ocorrência de determinados fenômenos de forma adequada.

Uma análise possível de ser feita com os dados disponíveis é a relação entre a expansão da área plantada com cana e o aumento do PIB agropecuário nos municípios considerados (Figura 4). No entanto, observa-se não ser adequado estabelecer tal correlação, uma vez que fica evidente que a expansão da área plantada não impacta diretamente no aumento do PIB, apesar da tendência de aumento de ambos os indicadores. Ou seja, uma possível correlação que, à primeira vista, parece ser verdadeira, ao se plotar os dados, observa-se que não atende à hipótese considerada. Esse exemplo reforça a necessidade de uma análise mais ampla e robusta, com uso de indicadores variados para que se possa chegar à real interação entre os diversos fatores que afetam determinado fenômeno.

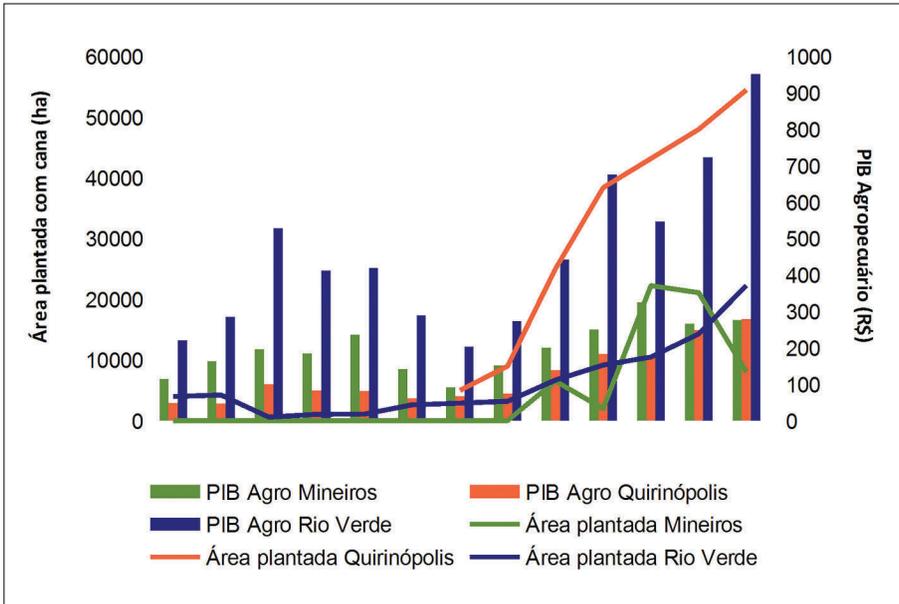


Figura 4. Área plantada x PIB Agropecuário nos municípios de Mineiros, Quirinópolis e Rio Verde.

Fonte: IBGE (2014).

Dessa forma, não foi possível realizar a avaliação integrada da sustentabilidade utilizando-se a metodologia das FUTs. A disponibilidade dos dados em recortes espaciais e série temporal adequada foi o fator determinante que impossibilitou as análises. No entanto, o levantamento de dados realizado e a sistematização dos mesmos em uma base de dados podem ser considerados resultados importantes para a realização de outras avaliações nessa área de estudo.

Tabela 4. Dados disponíveis para os indicadores selecionados, de acordo com a FUT associada, disponibilidade espacial e temporal e fonte.

| FUT | Indicadores | Disponível para | Série Temporal | Fonte |
|--|---|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Qualidade e oferta de trabalho | Admissão, demissão e saldo (% população assalariada) | Estado e Municípios | 2012 | IBGE - Cadastro Central de Empresas |
| | Média salarial (Renda domiciliar per capita média, em R\$) | Estado de Goiás | 2002 a 2009 / 2011 a 2012 | PNAD 2002-2012 IBGE |
| | Taxa de emprego por setor (Taxa de desemprego total - rural e urbano) | Estado de Goiás | 2002 a 2011 | PNAD 2002-2012 IBGE |
| | Uso de mão de obra local | ND* | ND | ND |
| Saúde e qualidade de vida | Acesso a saneamento básico (Abastecimento adequado de água) (%) | Estado de Goiás | 2002 a 2011 | PNAD 2002-2012 IBGE |
| | Hospitais e leitos (Mil/hab.) | Estado de Goiás | 2000 / 2005 a 2010 | IBGE |
| | Média de anos de estudos (Anos) | Estado de Goiás | 2003 a 2009 / 2011a 2012 | IMB/GO |
| | Taxa de criminalidade (Homicídio masculino de 15 a 29 anos) | Estado de Goiás | 2002 a 2009 / 2011 | IMB/GO |
| Desenvolvimento socio-cultural local | Nº de equipamentos públicos de lazer | ND | ND | ND |
| | Índice GINI (Renda domiciliar per capita) | Estado de Goiás | 2000 a 2010 | PNAD 2002-2012 IBGE |
| | Grupos culturais (Número de Indígenas) | Estado de Goiás | 2010 | IBGE |
| | Nº de Conselhos Municipais | ND | ND | ND |
| Nº de concluintes do Ensino Médio (Taxa de frequência líquida à escola - Ensino Médio faixa etária 15 a 17 anos) | Estado de Goiás | 2002 a 2009 / 2011 a 2012 | IMB/GO | |

Continua...

Tabela 4. Continuação.

| FUT | Indicadores | Disponível para | Série Temporal | Fonte |
|--|---|--|--|-----------------------------------|
| Atividades industriais e construção civil | Taxa de urbanização | Estado de Goiás | 2000 a 2011 | IBGE |
| | Proporção (%) de população urbana | | | |
| | Diversificação industrial | ND | ND | ND |
| | PIB Industrial (Valor adicionado bruto da indústria, em mil R\$) | Municípios de Mineiros, Quirinópolis e Rio Verde | 2000 a 2012 | IBGE |
| Produção rural e consumo local | Disponibilidade de transporte público | ND | ND | ND |
| | Acesso da população à energia elétrica | Estado de Goiás | 2001 a 2008 / 2011 a 2012 | IMB/GO |
| Infraestrutura | PIB Agropecuário (Valor adicionado bruto da agropecuária, em R\$) | Municípios de Mineiros, Quirinópolis e Rio Verde | 2000 a 2012 | IBGE |
| | Diversificação agropecuária | ND | ND | ND |
| | Área ocupada por culturas agrícolas (Área plantada com cana, ha) | Estado e Municípios | 2000 a 2013 / a partir de 2006 para o município de Rio Verde | IBGE |
| | Consumo de produtos agrícolas locais | ND | ND | ND |
| Infraestrutura | Geração de energia elétrica (GWh/km ²) | Estado de Goiás | 2006 a 2013 | BEN - Balanço Energético Nacional |
| | Rede de transmissão elétrica | ND | ND | ND |
| | Diversidade da malha viária | ND | ND | ND |
| | Cogeração de energia elétrica | ND | ND | ND |

Continua...

Tabela 4. Continuação.

| FUT | Indicadores | Disponível para | Série Temporal | Fonte |
|---|--|--|-----------------------|--|
| Conservação de recursos abióticos | Consumo de pesticidas e fertilizantes (Ton. agrotóxicos/área plantada, km ²) | Estado de Goiás | 2005 e 2009 | IBGE |
| | Discrepância de uso/ZAE | ND | ND | ND |
| | % de APP preservada | Estado de Goiás | 2001 a 2014 | IBGE |
| | (% área) | Estado de Goiás | 2010 | IBGE |
| Conservação de recursos bióticos | Taxa de expansão da cana/uso total (Variação de área plantada 2000-2010, %) | ND | ND | ND |
| | Perda de solo | Estado de Goiás | 2001 a 2014 | MMA |
| | % de APP preservada | ND | ND | ND |
| | (% área) | Estado de Goiás | 2002 e 2008 | IBGE |
| | Taxa de expansão da cana/uso total | ND | ND | ND |
| | Pontos de queimada/ano (Nº de Focos de Calor) | Estado de Goiás | 2008 | MMA |
| Manutenção de processos ecossistêmicos | Taxa de desmatamento – Limpeza de pasto (Km ² desmatados) | Municípios de Mineiros, Quirinópolis e Rio Verde | 2008 | MMA |
| | Nº de fragmentos | ND | ND | ND |
| | (Métricas de paisagens associadas) | ND | ND | ND |
| | Consumo de pesticidas | ND | ND | ND |
| | % de APP preservada | ND | ND | ND |
| | Estoque e sequestro de carbono (CO ₂ ton./km ²) | Estado de Goiás | 2000 a 2002 | Estimativas anuais de emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil |
| | Taxa de sedimentação dos corpos hídricos | ND | ND | ND |
| | % de Área contígua de área de produção (Matriz da paisagem/permeabilidade) | ND | ND | ND |
| | Grau de fragmentação dos remanescentes | ND | ND | ND |

*ND: Não disponível.

Fonte: Brasil (2015), Empresa de Pesquisa Energética (2015), Estimativas... (2014), IBGE (2002-2012, 2014), Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (2015).

Considerações finais

De modo geral, pode-se dizer que foi encontrada uma quantidade significativa de dados, especialmente aqueles relacionados à dimensão social e econômica, uma vez que são dados que fazem parte das estatísticas oficiais de governo. Mesmo assim, a falta de continuidade temporal desses dados não permitiu que os mesmos fossem utilizados a contento pela metodologia proposta no trabalho. Já os dados para indicadores ambientais foram os mais difíceis de serem encontrados.

Pressupõe-se que grande parte desses dados sejam obtidos em projetos específicos, publicados em relatórios técnicos, dissertações, teses e artigos científicos. Essa questão, além de não promover a disponibilização desses dados em repositórios que possam ser facilmente acessados, dificilmente promove a continuidade no levantamento e sistematização dos mesmos, ficando restritos ao recorte temporal de um dado projeto.

Um outro ponto importante sobre os indicadores ambientais é que, para se manter uma rede de monitoramento para a obtenção desses dados (qualidade da água, por exemplo), é necessário um investimento em infraestrutura (instalação de estações para monitoramento, no caso do exemplo citado), além da contratação e disponibilização de técnicos especializados para operar o monitoramento. A disposição do poder público para operar essas ações também esbarra na sobreposição de mandatos das instituições públicas, o que dificulta que se chegue a um consenso sobre qual instituição deverá executar determinada atividade.

A grande maioria dos dados é disponibilizada em escalas de pouco detalhe, geralmente em um recorte estadual. Dessa forma, fica evidente a precariedade de se proceder a atividades de planejamento de uso do solo em nível municipal, por exemplo. Os poucos dados disponíveis em nível municipal apresentavam-se de forma desorganizada e desatualizada, o que constituiu um grande obstáculo para a aplicação da metodologia às FUTs.

Portanto, para análises da sustentabilidade da expansão da cana na região, sugere-se o uso de metodologias mais simples e genéricas, que possam utilizar

dados disponíveis, e/ou a realização dessas análises em áreas menores, com a possibilidade de levantamento “in loco” dos indicadores, com possibilidade de extrapolação para áreas maiores.

Referências

ALBUQUERQUE, L. **Análise crítica das políticas públicas em mudanças climáticas e dos compromissos nacionais de redução de emissão de gases de efeito estufa no Brasil**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BORGES, V. M. S. **Formação de uma nova centralidade do setor sucroenergético no Cerrado: o caso de Quirinópolis, Estado de Goiás**. 2011. 238 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

BRASIL. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 dez. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm>. Acesso em: 30 set. 2015.

_____. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/12187.htm>. Acesso em: 30 set. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 1 set. 2015.

CASTRO, S. S. de; ABDALA, K.; SILVA, A. A.; BORGES, V. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no Estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, n. 1, p.171-191, 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço energético nacional 2015: ano base 2014**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf>. Acesso em: 20 set. 2015.

ESTIMATIVAS anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 2. ed. Brasília, DF: MCTI, 2014. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0235/235580.pdf>. Acesso em: 20 set. 2015.

GRAYMORE, M. L. M.; SIPE, N. G.; RICKSON, R. E. Regional sustainability: how useful are current tools of sustainability assessment at the regional scale? **Ecological Economics**, n. 67, n. 3, p. 362-372, Oct. 2008

GRAYMORE, M. L. M.; WALLIS, A. M.; RICHARDS, A. J. An index of regional sustainability: a GIS-based multiple criteria analysis decision support system for progressing sustainability. **Ecological Complexity**, v. 6, n. 4, p. 453-462, Dec. 2009.

GRAYMORE, M. **The journey to sustainability**: small regions, sustainable carrying capacity and sustainability assessment methods. 2005. 439 f. Thesis (Doctor of Philosophy). Australian School of Environmental Studies, Griffith University, Brisbane.

HARDI, P.; BARG, S.; HODGE, T.; PINTER, L. Measuring sustainable development: review of current practice. **Occasional Paper**, Ottawa, n. 17, Nov. 1997.

IBGE. **Estatísticas do cadastro central de empresas**: 2012. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv86882.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil 2004. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/indicadores_desenvolvimento_sustentavel/ids2004.pdf>. Acesso em: 30 set. 2015.

_____. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios**. Rio de Janeiro, 2002-2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=40>. Acesso em: 20 set. 2015.

_____. **Produção agrícola municipal 2014**: tabela 1612 - área plantada, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura temporária. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=18>>. Acesso em: 1 set. 2015.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **IMB - Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos**. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/>>. Acesso em: 20 set. 2015.

KATES, R. W.; CLARK, W. C., CORELL, R.; HALL, M. J.; JAEGER, C. C.; LOWE, I.; MCCARTHY, J. J.; SCHELLNHUBER, H. J.; BOLIN, B., DICKSON, N. M.; FAUCHEUX, F.; GALLOPIN, G. C.; GRÜBLER, A.; HUNTLEY, B.; JÄGER, J.; JODHA, N. S.; KASPERSON, R. E.; MABOGUNJE, A.; MATSON, P.; MOONEY, H.; MOORE III, B.; O'RIORDAN, T.; SVEDIN, U. Sustainability science. **Science**, Washington, DC, v. 292, n. 5517, p. 641-642, Apr. 2001.

LANCKER, E.; NIJKAMP, P. A policy scenario analysis of sustainable agricultural development options: a case study for Nepal. **Impact Assessment and Project Appraisal**, Fargo, v. 18, n. 2, p. 111-124, 2000.

MORRIS, J. B.; TASSONE, V.; GROOT, R. de; CAMILLERI, M.; MONCADA, S. A framework for participatory impact assessment: involving stakeholders in european policy making, a case study of land use change in Malta. **Ecology and Society**, v. 16, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art12/>>. Acesso em: 3 set. 2015.

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

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD environmental indicators**. Paris, 1994.

_____. **OECD environmental indicators: development, measurement and use**. Paris, 2003.

PÉREZ-SOBA, M.; PETIT, S.; JONES, L.; BERTRAND, N.; BRIQUEL, V.; OMODEI-ZORINI, L.; CONTINI, C.; HELMING, K.; FARRINGTON, J. H.; MOSSELLO, M. T.; WASCHER, D.; KIENAST, F.; GROOT, R. de. Land use functions: a multifunctionality approach to assess the impact of land use changes on land use sustainability. In: HELMING, K.; PÉREZ-SOBA, M.; TABBUSH, P. (Ed.). **Sustainability impact assessment of land use changes**. Berlin; New York: Springer, 2008. cap. 19, p. 375-404.

PIETRAFESA, J. P.; CASTRO, S. S.; TRINDADE, S. P. A crescente produção sucroalcooleira em áreas de Cerrado e o Estado de Goiás: contribuição ao estudo sobre indicadores de sustentabilidade. In: FRANCO, J. J. de A.; SILVA, S. D. e; DRUMMOND, J. A.; TAVARES, G. G. (Org.). **História ambiental: fronteiras, recursos e conservação da natureza**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. p. 311-332.

PIETRAFESA, J. P.; COUTINHO, H. C.; TURETTA, A. P. D.; MONTEIRO, J. M. G.; TRINDADE, S. P. Construção de metodologia para análise de uso do solo: arcabouço para Avaliação Participativa de Impactos (FoPIA). In: PEIXOTO, J. C.; PIETRAFESA, J. P.; BARBALHO, M. G. S.; SIMÕES, S. (Org.). **Indicadores de uso e manejo de biotas, solos e águas**. Rio de Janeiro: Garamond, 2015. No prelo.

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**, Basel, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

SCOPUS. 2013. Disponível em: <<http://www.scopus.com/>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

SMEETS, E.; WETERINGS, R. **Environmental indicators: typology and overview.** Copenhagen: European Environment Agency, 1999. (Technical report, n. 25).

SOARES, L. H. de B.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. **Mitigação das emissões de gases efeito estufa pelo uso de etanol da cana-de-açúcar produzido no Brasil.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2009. 14 p. (Embrapa Agrobiologia. Circular técnica, 27).

TRINDADE, S. P. **Aptidão agrícola, mudanças de usos dos solos, conflitos e impactos diretos e indiretos da expansão da cana-de-açúcar na região sudoeste goiano.** 2015. 187 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

UNITED NATIONS. Commission on Sustainable Development. **Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies.** New York, 2001. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/indisd/indisd-mg2001.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2015.