

Dimensionamento das emissões de CO₂ do setor sucroenergético do Estado de Mato Grosso do Sul, com a aplicação da matriz insumo-produto, ano 2015

O objetivo deste trabalho foi, a partir do uso da matriz de insumo-produto, dimensionar as emissões de CO₂ pelo setor sucroenergético de Mato Grosso do Sul, com choque na economia, procurando demonstrar os impactos na emissão de CO₂ e o encadeamento do setor com outros setores, a interdependência setorial, através de índices que sintetizam as ligações para trás e para frente das atividades produtivas, identificando os setores-chave da economia regional. De outra forma, verificar como multiplicadores contribuíram para o processo decisório de políticas públicas de desenvolvimento regional. Verificou-se que o setor sucroenergético do Estado MS de 2015 responde por 21,99% das emissões de CO₂ do total de emissões do agronegócio. Na análise dos agregados do setor, o agregado II (agricultura) tem 41,54% de emissões CO₂, e o agregado IV (comércio e serviço) tem 31,16% de emissões CO₂. Com choques na economia sucroenergética, os efeitos diretos, indiretos e induzidos, em sua totalidade, destaca-se a produção de açúcar com o total de 53,01 t., em segundo o etanol com 19,37 t. e, por último, a cana-de-açúcar com 11,71 t., destaca-se, portanto, que os efeitos ocorrem com maior intensidade na produção de açúcar. Nas outras atividades, destaca-se em primeiro os Serviços Industriais e de Utilidade Pública (SIUP), com 62,78 t. e, na sequência, Outras Indústrias de transformação com 39,96 t. No encadeamento, observou-se que apenas a produção de açúcar apresenta ligação para trás, cujas ligações intersectoriais são com fornecedores de insumos. Quanto à ligação para frente, os setores de Comércio, Transporte e Outros Serviços. São dois setores-chave: Outros Agropecuária e SIUP. Conclui-se que o setor sucroenergético pode ser considerado num contexto ecologicamente correto, embora utilize-se da queima do bagaço da cana, liberando emissão de CO₂. Porém, este é capturado pelas plantas durante seu crescimento, no processo de fotossíntese, gerando um efeito global na ajuda do controle do 'efeito estufa'.

Palavras-chave: Matriz Insumo-Produto; Agronegócio; Desenvolvimento Regional.

Dimensioning the CO₂ emissions of the sugar-energetic sector in the State of Mato Grosso do Sul, with the application of the input-output matrix of 2015

Applying the input-output matrix, the objective of this work was to measure CO₂ emissions by the sugar-energetic sector in Mato Grosso do Sul, disturbed by the economic shock, trying to demonstrate the impacts on CO₂ emissions and the link between the sector to others, sectorial interdependence through indexes that synthesize the back and forth links of productive activities, identifying the key sectors of the regional economy. Furthermore, it was verified how multipliers contributed to the decision-making process of public policies for regional development. It was found that the sugar-energetic sector in the State of MS in 2015 accounts for 21.99% of CO₂ emissions out of the total emissions from agribusiness. Upon the analysis of the sector's aggregates, aggregate II (agriculture) has 41.54% of CO₂ emissions and aggregate IV (trade and services) has 31.16% of CO₂ emissions. With the economic shocks in the sugar-energetic economy, and the direct, indirect and induced effects in their entirety, the sugar production stands out with a total of 53.01 t., followed by ethanol production with 19.37 t., and lastly sugar cane with 11.71 t., It is noteworthy, therefore, that the effects occur with greater intensity in the production of sugar. In other activities, ISPG stands out with 62.78 t. and in the sequence Other Manufacturing Industries with 39.96 t. In the linkages, it was observed that only sugar production has a backward link while intersectoral links are made with input suppliers. As for the forward link between the sectors of Commerce, Transport and Other Services, there are two key sectors: Other Agriculture and ISPG. It is concluded that the sugar-energetic sector can be considered in an ecologically correct context, although it depends on burning sugarcane bagasse, releasing CO₂ emissions. However, it is captured by plants during their growth, in the process of photosynthesis, generating global impact on helping to control the 'greenhouse effect'.

Keywords: Input-Output Matrix; Agribusiness; Regional development.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **01/01/2021**

Approved: **28/01/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Antonio Sérgio Eduardo 
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2139122587221649>
<http://orcid.org/0000-0003-2106-2115>
asenassar@yahoo.com.br

Daniel Massen Frainer 
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6910455102814572>
<http://orcid.org/0000-0003-0813-214X>
danielfrainer@gmail.com.br

Wesley Osvaldo Pradella Rodrigues 
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3926504763978915>
<http://orcid.org/0000-0003-1927-3271>
wesley.rodrigues@ufms.br

Willian Nassar Moreira Eduardo 
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8311059641113913>
<http://orcid.org/0000-0001-8230-0565>
willian.nassar@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0040

Referencing this:

EDUARDO, A. S.; FRAINER, D. M.; RODRIGUES, W. O. P.; EDUARDO, W. N. M.. Dimensionamento das emissões de CO₂ do setor sucroenergético do Estado de Mato Grosso do Sul, com a aplicação da matriz insumo-produto, ano 2015. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.1, p.495-505, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0040>

INTRODUÇÃO

Em virtude da trajetória de crescimento acelerado do agronegócio brasileiro, uma questão relevante que se coloca é sobre o aumento na emissão de CO₂. Espera-se que a queima de combustíveis fósseis responsáveis pelos gases de efeito estufa aumente em todos os setores produtivos.

Frente às evidências e considerando que o consumo mundial de alimentos praticamente duplicará até 2030, fica estabelecido que os desafios para o crescimento do agronegócio são gigantescos. Mudanças nos hábitos alimentares, passando para um maior consumo de produtos agropecuários industrializados, traz uma pressão sobre a necessidade produzir mais, ao mesmo tempo que se cria uma pressão também pela produção mais limpa e sustentável (MONTROYA et al., 2016).

É consenso entre especialistas que os riscos e as incertezas da maior degradação do meio ambiente serão um grande desafio para o crescimento econômico sustentável de alta produtividade, com eficiência econômica e responsabilidade socioambiental.

Com ocorrência da crise mundial na produção de açúcar na década de 1970, e, também, coação para a necessidade de precaução dos recursos naturais, coincidentemente com escassez de petróleo, mundialmente surge a busca de formas de produção e consumo de uma nova fonte de energia. Neste sentido, procurou-se alternativas com menor prejuízo ao meio ambiente e que atendesse ao contexto mundial. O etanol, mesmo considerado como uma fonte de energia limpa, tem uma produção que ainda proporciona alguns impactos ambientais (CAMPOS, 2015).

Vilaça et al. (2011) afirmam que, após o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), em 1975, a produção de veículos a álcool impôs impactos ao ambiente. Neste sentido, a atividade agrícola, sempre relacionada à questão econômica, passou a preocupar-se com a questão ambiental e a questão social.

Na atividade sucroenergética, em todo o seu processo produtivo, ou seja, plantio da cana-de-açúcar, comercialização de seus produtos e até o destino dos resíduos da produção, são atribuídos diversos problemas poluidores, dentre eles, a emissão de CO₂ gerando impactos climáticos (SILVA et al., 2015).

A cultura da cana-de-açúcar, embora considerada como exploratória, poluidora e predatória, tem-se transformado através de ações e instrumentos que asseguram o equilíbrio ambiental. O setor tem passado por um processo de transformação, com o uso da tecnologia e o desenvolvimento de novos produtos como: bioaçúcar, bioetanol, bioeletricidade, biodiesel, bioágua e biofertilizantes. O resultado será o conceito zero: zero resíduos, zero efluentes, zero odores, zero água de mananciais, mínimas emissões de CO₂ (VILAÇA et al., 2011). Conforme destacou Barbieri (2007), produção mais limpa tem sido uma estratégia ambiental preventiva aplicada a processos, produtos e serviços para tornar mínimo os impactos sobre o meio ambiente.

Essa questão é reforçada por Vaz (2011), que entende que o setor sucroenergético apresenta perspectiva para a sustentabilidade. O autor explica que o Brasil, além de maior produtor de açúcar do mundo e primeiro de produção de biocombustível, é, também, o principal ator de tecnologias limpas, cogeração de energia.

A produtividade da cana é bem maior no Brasil, por exemplo, ocupa apenas cerca de 2% da área

agrícola do Brasil. Ademais, como etanol de cana utiliza o próprio bagaço da cana como fonte primária de energia, sua capacidade de reduzir emissões de CO₂ da gasolina é superior a 60%, condição que o coloca na categoria de “biocombustível avançado” pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (MILANEZ et al., 2017).

Em relação à competitividade, o custo é muito importante, pelo motivo de não haver diferença de qualidade com os demais produtos, principalmente nas questões ambientais, o etanol brasileiro (cana-de-açúcar) é diferente do etanol produzido nos EUA (milho), na geração de volume CO₂ é 90% inferior ao americano, uma vez que lá utiliza-se o carvão para produção do etanol (MILANEZ et al., 2017).

Segundo Zotelli (2012), o biocombustível brasileiro é considerado de alta performance ambiental, avançado, já que proporciona redução nas emissões de gases de efeito estufa em torno de 61% em relação à gasolina. A cultura de cana-de-açúcar avança a cobertura de palhas em suas áreas por motivo da colheita mecanizada, cenário este que contribui para o acúmulo de carbono no solo (GALDOS et al., 2009).

Chagas (2009, citado por SILVA et al., 2019) afirma que o Brasil está entre os países mais avançados em produção de energia limpas. Em 2007 foi assinado por várias entidades brasileiras o Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético, destacando-se como uma das ações a substituição da colheita manual pela mecanizada, reduzindo as emissões de CO₂ em virtude das queimadas no período de colheita.

Chohfi (2004) reforça a eficiência do setor sucroenergético, após uma análise de emissão e sequestro de dióxido de carbono, demonstra a sustentabilidade de cogeração no setor sucroenergético, com uma diversidade de produtos da biomassa da cana-de-açúcar, proporcionando um cenário ambiental muito bom. O combustível utilizado, o bagaço, é um produto resultante do processo do sistema de produção da atividade sucroenergética, ou seja, de um processo pré-estabelecido. O autor afirma, também, em todos os processos existentes de geração de eletricidade, a cogeração no setor sucroenergético apresenta-se ambientalmente favorável em emissão de CO₂.

Inserido nesse processo de expansão das unidades produtivas de açúcar e álcool, o Estado de Mato Grosso do Sul (MS), o ano 2018, conta com 19 usinas, que foram responsáveis por 7,51% da safra brasileira de 2017 (UNICA, 2018). Dois aspectos têm se destacado: 1) as possibilidades de crescimento econômico, sobretudo pela geração de emprego e renda; e 2) a preocupação com os impactos ambientais causados pela produção de açúcar, álcool e bioeletricidade.

Alguns fatores de produção explicam parte dessa expansão para a região Centro-Oeste do país, sobretudo pelas extensas superfícies naturais favoráveis à cultura canavieira (chapadões), que contribuem para uma maior produtividade. Destaca-se o fato de que essa expansão ocorre mesmo com as unidades produtivas estando longe de mercados de consumidores, justificando uma forma de produção de energia mais limpa, fazendo parte de um discurso de desenvolvimento sustentável. Entretanto, a indústria sucroenergética tem recebido duras críticas por sua capacidade e potencial de causar impactos ambientais para o cerrado e região do pantanal sul-mato-grossense.

Portanto, com dados da aplicação da Matriz Insumo-produto, ano de 2015, faz-se os seguintes questionamentos: Qual a dimensão de emissões CO₂ do setor sucroenergético no estado de Mato Grosso do

Sul? As emissões de CO₂ nos agregados do setor sucroenergético são maiores que o resto do agronegócio do Estado MS? Com choque na atividade sucroenergética, quais impactos ocorreriam no setor e demais setores da economia?.

O objetivo deste artigo é aplicação da matriz de insumo-produto para o setor sucroenergético de Mato Grosso do Sul, ano 2015, buscando dimensionar as emissões de CO₂ do setor, com choque na economia, demonstrar os impactos na emissão de CO₂ e o encadeamento do setor com outros setores.

Dimensionar a emissão de CO₂ do setor sucroenergético no Estado MS, utilizando-se da ferramenta matriz insumo-produto, ajudará no entendimento dos impactos ambientais das atividades sucroenergética, a importância para o Estado MS e em relação aos demais setores da economia do agronegócio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para calcular a dimensão econômica e ambiental da cadeia sucroenergética foi necessário compatibilizar duas bases de dados: A Matriz Insumo Produto de Mato Grosso do Sul 2015 (FRAINER et al., 2020) e o consumo energético estadual por fonte primária (SEINFRA, 2016).

A conversão dos coeficientes de energia em emissão de CO₂ é causada pelo consumo de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) pelos vários setores da economia. Para isto, aplicaram-se os coeficientes de conversão encontrados no Balanço de Carbono, que representam a quantidade total de dióxido de carbono emitidos na atmosfera, medidos pelo coeficiente de conversão 2,478 tep/tCO₂.

A última etapa foi a substituição da linha dos fluxos do setor de energia em unidades monetárias por unidades físicas, para isso, fez-se o balanceamento da matriz insumo-produto. Fez-se também a participação percentual da produção intersetorial pelo total do consumo intermediário, excluindo os valores do setor energia e depois multiplicando essa participação pelo consumo intermediário total, para que a matriz ficasse balanceada, porém, sem a linha do setor energia em unidades monetárias (FIGUEIREDO et al., 2009, citado por MONTOYA et al., 2014).

A perspectiva de interdependência setorial de uma economia, pode ser avaliada através de índices que sintetizam as ligações para trás (U_j) e para frente (U_i) das atividades produtivas. Os valores calculados pelo *backward linked* expressam quanto o setor demanda de outros setores da economia, enquanto o *forward linked* apresenta o quanto o setor é demandado pelos outros setores. Para Porsse (2002), o índice de *forward linked* de um setor i pode ser interpretado como sendo o aumento total da produção de todos os setores da economia quando ocorre o aumento unitário pela demanda final do setor i , o índice *backward linked*, por sua vez, pode ser interpretado como sendo o aumento da produção do setor i quando ocorre um aumento unitário na demanda final da economia. Esses índices são obtidos, respectivamente, pelas seguintes equações:

$$U_j = \frac{n^{-1}b_j}{B^*} \quad (1)$$

$$U_i = \frac{n^{-1}b_i}{B^*} \quad (2)$$

Onde considera-se b_j e b_i a soma total das colunas e das linhas da matriz b , e ainda B^* o valor médio de todos os

elementos dessa matriz.

Esses índices podem ser normalizados tornando-se seu coeficiente médio em relação à média total dos coeficientes. Então, definindo-se a média de cada indicador de ligação e a média total dos coeficientes da matriz de Leontief, como expresso nas equações abaixo:

$$\bar{U} = n^{-1}U_j \quad (3)$$

$$\bar{U} = n^{-2} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \bar{B}_{ij} \quad (4)$$

Os índices de ligações para frente e para trás, normalizados, são obtidos calculando-se, respectivamente:

$$U_i^* = \frac{\bar{U}_i}{\bar{U}} \quad (5)$$

$$U_j^* = \frac{\bar{U}_j}{\bar{U}} \quad (6)$$

Porsse (2002) destaca que a construção de índices normalizados possibilita uma melhor identificação dos setores-chave, assim, indicadores normalizados com valores superiores à unidade evidenciam setores com comportamento acima da média (setor-chave).

A identificação dos setores-chave da economia baseia-se no pressuposto de que algumas atividades têm o potencial de gerar um maior crescimento através de suas ligações para trás (*backward linkege*) e para frente (*forward linkege*), estimulando o restante da economia, o que permite ser utilizada como ferramenta de planejamento econômico.

Os multiplicadores de impacto sobre determinadas variáveis macroeconômicas estaduais podem ser encontrados a partir da matriz de insumo-produto. Estes resultados derivados consideram as inter-relações setoriais observadas na matriz de coeficientes técnicos. Para Porsse (2002), a construção de multiplicadores contribui para o processo decisório dos *policy makers* ao definirem as políticas públicas de desenvolvimento regional.

De forma geral, um multiplicador mede o impacto global de variações na demanda final do setor j sobre uma variável econômica de interesse, ou seja, medem o impacto de um aumento unitário na demanda final de um determinado setor sobre todos os setores que possuem algum grau de ligação com este (PORSSE, 2002). Esse efeito global pode ser decomposto em impactos direto, indireto e efeito-renda, como destaca Feijó et al. (2017) no quadro 1.

Quadro 1: Os multiplicadores econômicos resultantes da matriz de insumo-produto.

Multiplicador direto	Mede o impacto de variações na demanda final do j-ésimo setor, considerando somente as atividades que fornecem insumos diretos a esse setor.
Multiplicador indireto	Mede o impacto de variações na demanda final do j-ésimo setor, considerando somente as atividades que fornecem insumos indiretos a esse setor.
Multiplicador efeito-renda (Induzido)	Mede o impacto de variações na demanda final do j-ésimo setor, considerando a variação adicional da demanda provocada pelo incremento no nível de rendimentos da economia quando um setor é estimulado.
Multiplicador total	Mensura o impacto da variação de demanda final do j-ésimo setor, considerando as atividades que fornecem insumos diretos e indiretos para o setor.

Fonte: Elaborado a partir de Feijó et al. (2017).

Tomando-se como exemplo a variável emissões de CO₂, o multiplicador direto (e_j^D) é aquele que

mostra o requerimento de CO₂ por unidade de produto de cada setor, como expresso na Equação 7.

$$e_j^D = \frac{E_j}{X_j} \quad (7)$$

Onde E_j e X_j são, respectivamente, o nível de emissões de CO₂ e de produção no setor j.

O multiplicador direto e indireto de emissões de CO₂ mostra o impacto de um aumento na demanda final do setor j sobre as emissões totais, dado o encadeamento setorial do modelo aberto de Leontief.

$$e^{DI} = e^D Z \quad (8)$$

Onde e^{DI} representa o vetor do multiplicador direto e indireto das emissões de CO₂; e^D representa o vetor dos coeficientes das emissões de CO₂ (emissão por unidade de produto em cada setor) e Z representa a matriz de Leontief.

O multiplicador total das emissões de CO₂ (direto, indireto e efeito-renda) mostra o impacto de um aumento na demanda final do setor j sobre a geração de emissões de CO₂, dado o encadeamento setorial do modelo fechado.

$$e^{DIR} = e^D \bar{Z} \quad (9)$$

Onde e^{DIR} representa o vetor do multiplicador direto e indireto das emissões de CO₂ e \bar{Z} representa a matriz de Leontief do modelo fechado.

Assim, a partir do multiplicador direto obtido pela equação 2, os multiplicadores indiretos (e^I) e efeito-renda (e^R) são deduzidos pelas expressões:

$$e^I = e^{DI} - e^D \quad (10)$$

$$e^R = e^{DIR} - e^I - e^D = e^{DIR} - e^{DI} \quad (11)$$

Os multiplicadores direto, indireto e efeito-renda para a TEP são calculados de forma análoga aos procedimentos descritos acima. Assumindo que as emissões de CO₂ estão linearmente relacionadas com os requerimentos de energia, é possível obter tanto as emissões diretas de carbono quanto as emissões indiretas e totais (MONTROYA et al., 2014). Sendo c a matriz dos coeficientes que convertem a utilização de energia em emissões, de modo tal que os elementos da diagonal principal sejam os coeficientes de conversão para cada setor, e os demais sejam zero, sendo a matriz reescrita da seguinte forma:

$$c = \begin{bmatrix} c & 0 & 0 \\ 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & c \end{bmatrix} \quad (12)$$

Logo, as emissões diretas, totais e indiretas serão respectivamente:

$$\delta CO_2 = cF^* \hat{X}^{-1} A^* \quad (13)$$

$$\alpha CO_2 = cF^* \hat{X}^{-1} (I - A^*)^{-1} \quad (14)$$

$$\gamma CO_2 = cF^* \hat{X}^{-1} [(I - A^*)^{-1} - A^*] \quad (15)$$

Onde δCO_2 representa as emissões diretas de CO₂; αCO_2 as emissões indiretas de CO₂ e γCO_2 as emissões induzidas de CO₂; cF* \hat{X}^{-1} as matrizes de coeficientes de consumo de energia; A* e (I - A*)⁻¹ são as linhas dos fluxos de energia.

De acordo com Montoya et al. (2014), observada a função de produção subjacente ao modelo de insumo-produto, e considerando a hipótese de que a tecnologia é dada, a única maneira de um determinado setor reduzir sua emissão é reduzir, na mesma proporção, sua produção. Isso fará, necessariamente, que sua demanda pela produção dos demais setores diminua.

O impacto total na economia, contudo, depende de como os demais setores serão capazes de lidar

com a queda na demanda do setor que sofreu a restrição. Pode-se imaginar que os demais setores serão capazes de redirecionar sua produção para a demanda final, fazendo com que o impacto na atividade econômica seja menor. Contrariamente, pode-se supor que a demanda final não será capaz de absorver a produção que antes era destinada ao setor afetado, situação que provocará um maior impacto na economia (HILGEMBERG et al., 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos anos 1980, os movimentos ecológicos passaram a fazer parte das discussões empresariais, e a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), em 1998, estabelece que a agricultura deve apresentar aspecto multifuncional, além de sua produção, deve pensar na proteção do ambiente, como conservação do solo e gestão sustentável dos recursos naturais renováveis, cuidando da biodiversidade (VILAÇA et al., 2011).

Após a agregação de setores, derivando para uma nova MIP e combinando-a aos dados de consumo de energia de Mato Grosso do Sul, tornou-se possível identificar a intensidade de emissão de CO₂ da atividade sucroenergética. Observa-se que o complexo sucroenergético apresenta em emissão de CO₂ aproximadamente 22% (6.776.396 t. CO₂) do total do setor do agronegócio do Estado MS, enquanto nos Outros Setores do Agronegócio é de 78% (24.036.892 t. CO₂), e todos os setores do agronegócio no Estado MS são de 30.813.288 t. CO₂, conforme a tabela 1.

Tabela 1: Emissão de CO₂ do Setor Sucroenergético e Outros Agronegócio no Estado MS ano 2015 (t.).

AGREGADOS	SETOR SUCRO-ENERGÉTICO	OUTROS AGRONE-GÓCIO	SETOR SUCROENER-GÉTICO %	OUTROS AGRONEGÓ-CIO %
AGREGADO I	8 749	211 425	0,13%	0,88%
AGREGADO II	2 814 764	10 788 823	41,54%	44,8%
AGREGADO III	1 841 666	4 339 376	27,18%	18,0%
AGREGADO IV	2 111 216	8 697 268	31,16%	36,1%
TOTAL	6 776 396	24 036 892	100,00%	100,0%
EMISSÃO CO ₂ SUCROENERGÉTICO	6 776 396		21,99%	
EMISSÃO CO ₂ OUTROS AGRONEGÓCIO	24 036 892		78,01%	
EMISSÃO CO ₂ ESTADO MS	30 813 288		100,00%	

As informações da tabela 1 mostram os resultados das emissões CO₂ provenientes do consumo do complexo sucroenergético e outros setores do agronegócio. Observa-se o Agregado II, III e IV no sucroenergético como maiores emissores, respectivamente 41,54%, 27,18% e 31,16%. Também, identifica uma semelhança dos mesmos agregados em outros setores do agronegócio, na mesma sequência de 44,88%, 18,05% e 36,18%. Destaca-se o agregado I tanto no sucroenergético e outros setores do agronegócio, com 0,13% e 0,88%, respectivamente, abaixo de 1% de emissões de CO₂.

Embora o complexo sucroenergético tenha uma relevante participação (22%) em emissão CO₂ na atividade do agronegócio estadual, infere-se que, com a queima do bagaço da cana, libere emissão de CO₂ na combustão da biomassa, mas esse efeito é minimizado através da absorção das plantas durante seu crescimento, no processo de fotossíntese, que contribui no controle do “efeito estufa” global, de acordo com

Montoya et al. (2016). Através do uso de uma MIP com 12 setores após sua agregação, identificou-se a emissão de CO₂ com choques de um milhão de unidades monetárias no complexo sucroenergético em relação a outros setores econômicos no estado, conforme tabela 2.

Tabela 2: Multiplicadores de emissão CO₂ por atividades, variação da demanda final de milhão de unidades monetárias no complexo sucroenergético do Estado MS – 2015 (toneladas).

SETORES	DIRETO	INDIRETO	INDUZIDO	TOTAL
Cana-de-açúcar	5,20	2,28	4,24	11,71
Açúcar	0,73	12,39	39,89	53,01
Etanol	1,98	7,69	9,70	19,37
Outros Agropecuária	12,77	13,98	11,72	38,47
Extrativa Mineral	8,74	10,33	13,86	32,93
Agroindústria	6,24	14,97	12,42	33,63
Outras Indústrias de Transformação	11,10	14,31	14,56	39,96
Construção Civil	0,64	9,08	12,33	22,04
Comércio	12,17	6,38	14,86	33,41
Transporte	3,48	5,87	12,16	21,51
Outros Serviços	5,37	4,22	10,51	20,11
SIUP	35,79	5,74	21,25	62,78

Quanto ao efeito direto de cada setor do MS em 2015, para cada um milhão de unidades monetárias, observa-se que, nos setores do sucroenergético, apresenta baixa emissão de CO₂, cana-de-açúcar com 5,20 t. CO₂, produção de açúcar com 0,73 t. CO₂, e etanol com 1,98 t. CO₂. Nos outros setores do agronegócio, destaca-se os Serviços Industriais e de utilidade Pública (SIUP) (35,79 t. CO₂), Outros agropecuária (12,77 t. CO₂), Comércio (12,17 t. CO₂) e Outras Indústrias de Transformação (11,10 t. CO₂) como maiores emissões; e como menor emissor destaca-se a Construção Civil (0,64 t. CO₂).

Nos efeitos indiretos de emissão de CO₂ no sucroenergético destaca-se a produção de açúcar com 12,29 t. CO₂, e, nas outras atividades, destaca-se Outros Agropecuários com 13,98 t. CO₂, Extrativa Mineral com 10,33 t. CO₂, Agroindústria com 14,97 t. CO₂ e Outras Indústrias de Transformação com 14,31 t. CO₂.

Em se tratando do impacto induzido, a produção de açúcar apresenta maior emissão, com 39,89 t. CO₂, em relação aos outros setores. Em segundo lugar destaca-se o SIUP, com 21,21 t. CO₂. Infere-se considerar projeções de investimentos na economia sucroenergética no estado, já que as emissões de CO₂ tendem a aumentar conforme observa-se na Tabela 2. Todas os outros setores aumentam suas emissões acima de 10 t., inclusive, os setores de cana-de-açúcar e etanol, embora de forma menor, apresentam aumentos bem maiores que os efeitos diretos.

Em relação ao encadeamento, demonstra-se onde o complexo sucroenergético trará maiores consequências. Provocando emissão de CO₂ em seus setores, os índices de ligação para trás demonstram, na pesquisa, influência nos setores que lhe fornecem as matérias primas, e o índice de ligação para frente demonstra as emissões daqueles setores que o complexo sucroenergético fornece a matéria-prima, provocando a emissão de CO₂. Já os setores considerados setores-chave são os que estão acima da média 1, pode-se inferir que são os maiores emissores de CO₂, conforme identificados na tabela 3.

Quanto o complexo sucroenergético, somente destaca-se como ligação para trás a produção de açúcar, com o índice de 1,952. A cana-de-açúcar e o etanol não apresentam ligações tanto para trás quanto para frente, conforme dados da tabela 3. As atividades de Extrativa Mineral, Agroindústria e Outras Indústrias

de Transformação apresentam ligação para trás; nesta situação, o sucroenergético, através de suas operações, proporciona um encadeamento com esses setores proporcionando aumento nas emissões de CO₂.

Tabela 3: Índices de ligação normalizados do Setor Sucroenergético de Mato Grosso do Sul, 2015 (modelo aberto).

SETORES	BL	FL	ORIENTAÇÃO
Cana-de-açúcar	0,494	0,551	SEM LIGAÇÃO
Açúcar	1,952	0,365	PARA TRÁS
Etanol	0,847	0,376	SEM LIGAÇÃO
Outros Agropecuária	1,001	1,167	SETOR-CHAVE
Extrativa Mineral	1,000	0,402	PARA TRÁS
Agroindústria	1,062	0,573	PARA TRÁS
Outras Indústrias de Transformação	1,097	0,945	PARA TRÁS
Construção Civil	0,932	0,433	SEM LIGAÇÃO
Comércio	0,939	1,361	PARA FRENTE
Transporte	0,828	1,032	PARA FRENTE
Outros Serviços	0,756	2,838	PARA FRENTE
SIUP	1,091	1,957	SETOR-CHAVE

Na Tabela 3, os índices de ligações para frente no complexo sucroenergético não apresentam qualquer ligação; nos demais setores, os que apresentam ligação para frente são o Comércio (1,361) e Transporte (1,032). Destaca-se Outros Serviços com índice de 2,838 para frente, ou seja, as operações do complexo sucroenergético têm encadeado a esses setores aumento de emissões de CO₂. Observou-se que o setor de Construção Civil não apresenta qualquer ligação para trás e para frente.

Como setores-chave, Outros Agropecuária, com o índice de 1,001 para trás e 1,167 para frente; e o SIUP, com 1,091 para trás e 1,957 para frente. Conclui-se que, nesses setores, com um choque de milhão de unidades monetárias, haverá aumento nas emissões de CO₂.

Portanto, após avaliação dos efeitos de encadeamento, constata-se que o complexo sucroenergético tem fortes ligações intersetoriais que dinamizam a economia sul-mato-grossense como um todo, proporcionando a elaboração de políticas governamentais no Estado, como fundamento ao crescimento econômico.

CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo, a partir aplicação da matriz de insumo-produto para o setor sucroenergético de Mato Grosso do Sul, ano 2015, dimensionar as emissões de CO₂ do setor, com choque na economia, demonstrar os impactos na emissão de CO₂ e o encadeamento do setor com outros setores e, assim, compreender as interações do setor com o meio ambiente.

Verificou-se que o setor sucroenergético do Estado MS de 2015 responde por 21,99% das emissões de CO₂ do total de emissões do agronegócio. Na análise dos agregados do setor, o agregado II (agricultura) tem 41,54% de emissões CO₂ e o agregado IV (comércio e serviço) tem 31,16% de emissões CO₂.

Conclui-se que, com choques na economia sucroenergética, os efeitos direto, indireto e induzido, através de sua totalidade em emissões de CO₂, destaca-se a produção de açúcar com o total de 53,01 toneladas, em segundo o etanol com 19,37 t. e, por último, a cana-de-açúcar com 11,71 t. Constata-se que

os efeitos ocorrem com maior intensidade na produção de açúcar. Nas outras atividades destaca-se em primeiro o SIUP com 62,78 t. e, na sequência, Outras Indústrias de transformação com 39,96 t. Observou-se, também, que os choques proporcionaram mais efeitos indiretos e induzidos nas emissões de CO₂ do que efeitos diretos.

Em relação aos encadeamentos, observa-se que, no complexo sucroenergético, a produção de açúcar apresenta ligação para trás, evidenciando tratar-se de uma atividade que se relaciona principalmente na sua produção, ou seja, verticalmente, os setores com ligações intersetoriais são os fornecedores de insumos. Em relação aos demais setores, há ligação para trás com: Extrativa Mineral, Agroindústria e Outras Indústria de Transformação. Quanto à ligação para frente, são os setores de Comércio, Transporte e Outros Serviços. Identificou-se dois setores-chave: Outros Agropecuária e SIUP.

Considera-se que o complexo sucroenergético no Estado MS pode ser considerado num contexto ecologicamente correto, embora utilize-se da queima do bagaço da cana, libera abundante emissão de CO₂. Entretanto, ele é capturado pelas plantas durante seu crescimento, no processo de fotossíntese, gerando um efeito global na ajuda do controle do 'efeito estufa'.

Pode-se afirmar que os resultados encontrados fornecem subsídios ao direcionamento de políticas para a redução de emissão de CO₂, e, como maior desafio, a conciliação do crescimento do complexo sucroenergético estadual com a conservação e a preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, J. C.. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2 ed. São Paulo: SARAIVA, 2007.

CAMPOS, N. L.. Políticas de Estado no Setor Sucroenergético. **Revista Geo. UERJ**, Rio de Janeiro, n.26, p.301-328, 2015.

CHOHFI, F. M.. **Balanco, análise de emissão e sequestro de CO₂ na geração de eletricidade excedente no setor sucroalcooleiro**. Dissertação (Mestrado Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2004.

FEIJÓ, C. A.; RAMOS, R. L. O.; LIMA, F. C. G. C.; BARBOSA FILHO, N. H.; PALIS, R.. **Contabilidade social: referência atualizada das contas nacionais do Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FRAINER, D. M.; RODRIGUES, W. O. P.; EDUARDO, A. S.; MOREIRA, M. G.. Matriz insumo-produto de Mato Grosso do Sul 2015: construção e análise dos principais indicadores econômicos. **Desafio Online**, Campo Grande, v.8, n.1, 2020.

GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v.153, n.3-4, p.347-352, 2009.

HILGEMBERG, E. M.; GUILHOTO, L. J. M.. Uso de combustíveis e emissões de CO₂ no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v.16, n.1, p.49-99, 2006.

MILANEZ, A. Y.; SOUZA, J. A. P.; MANCUSO, R. V.. **Panoramas setoriais 2030: Sucroenergético**. Rio de Janeiro: BNDES, 2017.

MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; LOPES, R. L.; GUILHOTO, J. J. M., Consumo de energia, emissões de CO₂ e a Geração de renda e emprego no agronegócio brasileiro: uma análise insumo-produto. **Economia Aplicada**, São Paulo, v.20, n.4, p.383-413, 2016.

MONTOYA, M. A.; LOPES, L. A.; GUILHOTO, J. J.. Desagregação setorial do balanço energético nacional a partir dos dados da matriz insumo-produto: uma avaliação metodológica. **Economia Aplicada**, São Paulo, v.18, n.3, p.379-419, 2014.

PORSSE, A. A.. **Multiplicadores de impacto na economia gaúcha: aplicação do modelo de insumo-produto fechado de Leontief**. Porto Alegre: Siegfried Emanuel Heuse-FEE, 2002.

SEINFRA. Secretaria de Estado de Infraestrutura. **Balanco Energético de Mato Grosso do Sul 2016: ano base 2015**. Campo Grande: Secretaria de Estado de Infraestrutura, 2016.

SILVA, A. F. M.; GOMES, G. N.; BACCHI, M. R. P.. A importância das cadeias da cana-de-açúcar: uma análise insumo-produto. **Economia ensaios**, Uberlândia, v.33, n.2, p.149-174, 2019.

SILVA, D. J. M.; SILVA, M. A.. O uso de mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) no setor sucroalcooleiro:

análise dos impactos na redução dos níveis de gases efeito estufa (GEES). **Horizonte Científico**, Uberlândia, v.9, n.1, p.1-24, 2015.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Moagem da Cana-de-açúcar e Produção de Açúcar e Etanol**. UNICA, 2018.

VAZ, S. M.. O setor sucroalcooleiro e a sustentabilidade ambiental. **Revista Científica da AJES**, Juína, v.2, n.5, p.31-44, 2011.

VILAÇA, A. C.; PINTO, D. C.. A sustentabilidade do setor sucroalcooleiro. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, Uberaba, v.2, p.1-12, 2011.

ZOTELLI, L. C.. **Palha e vinhaça**: emissões de CO₂, N₂O e CH₄ em solo com Cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2012.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.