

# Estimativa das emissões de Gases do Efeito estufa no transporte de cana-de-açúcar

Daniel Araujo Gonçalves<sup>1</sup>

Luzenira Alves Brasileiro<sup>2</sup>

## RESUMO

O estudo consiste em avaliar a evolução da frota agrícola e caminhões necessários para o corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar da região de Ilha Solteira-SP de 2009 a 2010. Nesta avaliação quantificamos os gases de efeito estufa gerados por todo o sistema logístico comparando dois meios de colheita da cana-de-açúcar: corte manual e mecânico.

## PALAVRAS-CHAVE

Transporte multimodal, Gases de efeito estufa, cana-de-açúcar, etanol

## INTRODUÇÃO

Na safra 2009/2010 foram processadas 541,9 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na região centro sul, sendo produzidos 26,8 milhões de toneladas de açúcar e 23,73 bilhões de litros de etanol (AGUIAR, D. A. et. Al 2009). Dados bastante consideráveis, segundo a COPERSUCAR este fato se deve com a valorização do preço do açúcar no mercado de exportação, que consequentemente animaram os produtores sucroalcooleiros a aumentares suas produções

## AUTORES

1 Faculdades Integradas de Três Lagoas – AEMS. daniel.araujogoncalves@gmail.com.br  
2 Departamento de Engenharia Civil (DEC) da UNESP de Ilha Solteira-SP

(DEMARIA, M. 2004). Como conseqüência deste salta na produção e colheita de cana de açúcar, as grandes cooperativas e usineiras procuram fazer melhorias em seus sistemas logísticos.

Um sistema logístico eficiente permite uma região explorar e especificar seus esforços produtivos naquele produto em que tem vantagem e também, obter ganhos através das menor custo e tempo de transporte (COELHO, M. F. 2009).

Atualmente, as usinas de produção de açúcar e etanol da região têm iniciado investimentos em novas tecnologias, aplicadas unidades industriais, atividades de Corte, Carregamento e Transporte (CCT) da cana-de-açúcar e transporte para escoamento da produção afiliando-se a cooperativas e formando-se parcerias (GARCIA, M. A., 2008).

Com o aumento da produção de açúcar e álcool, faz com que outros setores lucrem, como por exemplo, depois de alguns anos o mercado de caminhões e máquinas agrícolas voltadas ao setor sucroalcooleiro obtiveram uma alta na venda destes implementos (CLAROS, J. C.; VOM SPERLING, E. 2010).

Mas todos estes processos devem ser analisados com calma, pois em se tratando de produção é evidente em várias regiões do estado o crescente aumento do número de caminhões de cana-de-açúcar e caminhões utilizados no transporte de cana-de-açúcar (ZANIN, G. 2000). Isto faz com que ocorra um grande aumento nas emissões de gases que ocasionam o efeito estufa sendo pelo transporte, processamento da caca na usina e principalmente na corte e queima da palha e tratos culturais com o solo, além de aumento no índice de acidentes envolvendo caminhões e carros leves (PIMENTEL, D. and PATZEK, T. 2007).

A atmosfera é composta por gases e vários deles interferem nas radiações tanto as emitidas pelo sol, quanto as irradiadas pela terra, alguns, diretamente, por meio da absorção ou reflexão, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), já, outros, indiretamente, como os hidrofluorcarbonos (HFC's) que destroem o ozônio permitindo a passagem de ondas solares como os raios ultravioletas (PAULA, M. de et al. 2010). Essa absorção ou reflexão pelos gases é chamada de efeito estufa e atuam na manutenção do clima em nosso planeta, evitando temperaturas extremas (MENDONÇA, R. M. L., 2007).

São vários os problemas gerados pela queima da palha da cana-de-açúcar, tais como: Emissão de Material particulado; Hidrocarbonetos (HC); Ga-

ses como monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (NO), dióxido de enxofre (SO); Problemas respiratórios; Problemas oculares; Contribuição para o aumento do efeito estufa (CERRI, C. C. et al 2009).

Estes poluentes não são liberados apenas queima da palha, mas também pelo cultivo do solo, pelo uso de máquinas agrícolas utilizadas para corte, carregamento e caminhões utilizados para o transporte até a usina (FIOMARI, M. C. 2004).

Dentro da própria unidade ocorre liberação de gases pela queima do bagaço de cana-de-açúcar nas caldeiras para co-geração de energia e nos processos fermentativos para produção de álcool (MARQUES, T. A. et al. 2009).

Assim que se produz o álcool outra fonte de emissão é feita pelos próprios meios de transporte de álcool ligando o fornecedor ao cliente (RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. 2009). Finalizando toda a linha de emissões agora, mais restrita a emissão de CO<sub>2</sub> é a queima de álcool pelos veículos particulares, principalmente os carros de passeios ou chamados veículos flex, que com o preço predominantemente superior da gasolina utilizam o etanol como combustível (FIGUEREDO et al 2010) .

Cientistas acreditam que o aquecimento global é a principal razão pelo aumento da frequência e intensidade de todas as catástrofes climáticas (IQBAL; HASEGAWA 2000). Estas progressivas alterações climáticas estão induzindo as pessoas a pensarem sobre a vida do planeta (HIRATSUKA 2009).

## METODOLOGIA

O estudo será dividido em dois pontos: o primeiro irá determinar o número de máquinas agrícolas utilizadas para o corte carregamento e transporte (CCT) utilizados para o transporte de cana de açúcar. No segundo será determinado emissões geradas pelos sistema CCT . Para realização desta proposta de pesquisa, será realizado um estudo sobre a área plantada de cana-de-açúcar de 2009 a 2010 da usina Santa Adélia S/A.

No plantio, colheita, transporte e no processamento da cana-de-açúcar utiliza-se de grandes volumes de combustíveis fósseis que originam emissões de GEE – Gases do Efeito Estufa (IPCC. 2006). Necessita-se, deste modo, arranjar um balanço energético e de GEE para se meditar quais as consequência destas emissões no ciclo completo de produção etanol combustível a partir de cana-de-açúcar e no seu uso como combustível no setor de transporte (SILVA,

C. R. U. 2009).

## **ANÁLISE AMBIENTAL**

Estima-se que, 241 kg de equivalente dióxido de carbono foram liberadas para a atmosfera por uma tonelada de açúcar produzido (2406 kg de equivalente dióxido de carbono por hectare de área cultivada e 26,5 kg de dióxido de carbono equivalente por uma tonelada de cana processada). A maior parte das emissões totais (44%) resultaram da queima de resíduos, cerca de 20% resultante do uso de fertilizantes sintéticos, e cerca de 18% da queima de combustíveis fósseis (CLAROS, J. C.; VOM SPERLING, E. 2010).

Como os GEE sobre a média de produção no Centro- Sul, na safra 2006/07, foi de 71,61 t ha<sup>-1</sup>, com isso, se queimada antes de colher, o material particulado atingiu 0,286 t ha<sup>-1</sup> ou 286,44 kg ha<sup>-1</sup> de M.P; o N<sub>2</sub>O ficou com 0,0358 t ha<sup>-1</sup> ou 35,80 kg ha<sup>-1</sup>, o monóxido de carbono com 2 t ha<sup>-1</sup> ou 2.005,08 kg ha<sup>-1</sup> de CO e o CH<sub>4</sub> totalizou 20,48 kg ha<sup>-1</sup> (PAULA M. et al 2010).

Segundo MACEDO et al. (2004), ao adotar o processo de queima da cana-de-açúcar antes da colheita, para cada t de colmo restam 145 kg de MS, e destes 101 kg são de palha. Queimando os 101 kg de palha estarão sendo emitidos 0,286 kg de CH<sub>4</sub>. Já, em relação ao N<sub>2</sub>O, para cada 101 kg de palha queimada, são emitidos 0,00825 kg de N<sub>2</sub>O.

Em geral a maioria dos trabalhos apresentados com relação a quantificação de toda emissão de gases liberado pelo ciclo do etanol, não considera todo o ciclo, e sim algumas partes. Por este motivo buscamos apresentar resultado de emissões de GEE em todo processo logístico utilizado na usina Santa Adélia.

Para facilidade de comparação com outros estudos, os dados de GEE são apresentados como emissões de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq.).

Os dados foram coletados diretamente com os agentes transportadores dos modos rodoviário, hidroviário ferroviário e também de órgãos de pesquisa e informações.

O método consiste basicamente de duas equações: a primeira leva em conta o consumo energético de certa atividade da fonte móvel. Já a segunda equação considera a quantidade em massa de poluente emitido por quilômetro rodado.

Para os cálculos de consumo de diesel e capacidade de transporte adotamos os seguintes parâmetros conforme tabela 1:

**Tabela 1** - Consumo de diesel por veículo

<b>Máquinas</b>	<b>Consumo de diesel (Lts./ton.)</b>
Caminhão de cana inteira	1,49
Caminhão de cana Picada	1,01
Carregadora	0,2
Colhedora	0,99
Transbordo	0,38
Trator Reboque	0,58

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de dados coletados pelo setor agrícola, que gerencia o sistema CCT, iniciamos a avaliação a partir dos seguintes parâmetros: moagem total de safra 2.448.294 ton/ano; 208 dias de safra; 8 % de corte manual e 92% de corte mecanizado. A partir destes dados foi possível dividir e calcular a frota necessária para cada tipo de corte.

A Tabela 2 representa de forma simplificada todos os aparatos agrícolas necessário em todos os sistemas de colheita e transporte de cana de açúcar. Estes dados foram calculados com base em informação de volume média de carga que cada equipamento consegue transportar para que fosse dimensionada a frota necessária para toda a safra 2009/2010. Deve ficar claro que estes dados não levam em consideração quantidades de máquinas agrícolas e caminhões em reserva e em manutenção, e apenas os maquinários necessário para operação.

**Tabela 2** - Frota diária necessária para produção

<b>Frota</b>	<b>Quantidade un.</b>	
	<b>Cana Picada</b>	<b>Cana inteira</b>
Caminhões	18	2
Julietas	36	5
Carregadoras		2
Trator reboque		3
Colheitadeiras	22	
Trator Transbordo	44	

Após o levantamento do maquinário agrícola necessário, fez-se a partir a partir do consumo de diesel, o volume total que cada máquina agrícola consome na safra. A partir destes dados realizamos os cálculos de emissões de gases relacionados ao efeito estufa de acordo com o método "bottom up" tabela 3.

**Tabela 3** - Emissões de Gases de efeito Estufa em todo o sistema logístico

Parâmetros	ton de CO	ton de HC	ton de NOx	ton de MP	ton de CO <sub>2</sub>
Caminhão de Cana inteira	34,92	6,16	191,46	3,37	31635,69
Carregadoras	4,69	0,83	25,70	0,45	4246,40
Trator Reboque	13,59	2,40	74,53	1,31	12314,57
Caminhão de Cana picada	23,67	4,18	129,78	2,28	21444,33
Colheitadeira	23,20	4,09	127,21	2,24	21019,69
Trator Transbordo	8,91	1,57	48,83	0,83	8068,16

## CONCLUSÕES

Para estimar as emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos em produção de cana de açúcar, recomenda-se a realização dos cálculos segundo as etapas descritas no BEM (Balanço Energético Nacional). É importante que os dados obtidos e os fatores a serem utilizados atualizados de acordo como descrito no Ministério de Minas e Energia. Sempre que possível, desde que os dados primários disponíveis sejam disponíveis e confiáveis, a utilização do método (bottom-up) para aferição da estimativa e conseqüente melhoria da qualidade da informação.

De acordo com os dados apresentados uma maciça quantidade de gases são lançados anualmente a atmosfera pela ação logística da produção de açúcar e etanol, que conseqüentemente afeta todo ecossistema da região. É importante realizar um acompanhamento de todo o ciclo do etanol combustível, para realmente caracterizar toda a massa poluidora. Neste trabalho foi apresentado uma maneira simples de controle de poluição para gases de efeito estufa.

## REFERÊNCIAS

CLAROS, J. C.; VOM SPERLING, E. Emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol: estimativa nas fases de agricultura e industrialização em Minas

Gerais Eng Sanit Ambient Belo Horizonte, v.15 n.3 p. 217-222. 2010.

CERRI, C. C. et al. Emissões de gases do efeito estufa do Brasil: Importância da agricultura e pastagem. Sci. Agric. Piracicaba, Brazil, v.66, n.6, p.831-843, 2009.

AGUIAR, D. A. et. al Expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: safras 2003/2004 a 2008/2009. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 9-16.

SILVA, C. R. U. Balanço de energia e das emissões de gases de efeito estufa da cadeia produtiva do etanol brasileiro. Dissertação de Mestrado. Cinthia Rubio Urbano da Silva. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

GARCIA, M. A., Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana de açúcar. Piracicaba, 2008, 71p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

MENDONÇA, R. M. L., Avaliação do ciclo de vida do carbono na queima de biodiesel a base de soja. Distrito Federal, 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Mecânica.

MACEDO, I.C. et al. Balanço das emissões de gases do efeito estufa na produção e no uso do etanol no Brasil. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2004.

ZANIN, G. M., Brazilian Bioethanol Program. Applied Biochemistry and Biotechnology. Vol. 84–86, p 1147-1161, 2000.

FIGUEREDO et al., Greenhouse gas emission associated with sugar production in southern Brazil. Carbon Balance and Management 2010, 5:3.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. 2006. IPCC: Guidelines for National Green House Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Edited by: Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K. Japan: IGES; 2006. Chapter 11, N<sub>2</sub>O emissions from managed soils, and CO<sub>2</sub> emissions from lime and urea application. Chapter 2 Generic methodo-

logies applicable to multiple land-use categories.

HIRATSUKA, A. Análises de impactos ambientais e econômicos em transporte multimodal. Ilha Solteira, 2009. 85p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Departamento de Engenharia Civil.

PIMENTEL, D. and PATZEK, T. Ethanol Production: Energy and Economic Issues Related to U.S. and Brazilian Sugarcane. *Natural Resources Research*, Vol. 16, No. 3, September 2007.

PAULA, M. de et al. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana de açúcar. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 34, n. 3, p. 633-640, maio/jun., 2010.

COELHO, M. F. Planejamento da qualidade no processo de colheita mecanizada da cana de açúcar. Piracicaba. 2009. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

MARQUES, T. A. et al.. Queima do canavial: Aspectos sobre a biomassa vegetal, fertilidade do solo e emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 83-89, Jan./Feb. 2009.

FIOMARI, M. C. Análise energética e exergética de uma usina sucroalcooleira do Oeste Paulista com sistema de cogeração de energia em expansão. 2004. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

DEMARIA, M. O Operador de transporte multimodal como fator de otimização da logística. 2004. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Biomassa de cana de açúcar: Colheita, energia e ambiente. Edição dos autores. Piracicaba, 302 p. 2004.

CONSECANA. <http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode={6ED1BE65-C819-4721-B5E7-312EF1EA2555}>.