

Sustentabilidade em bio-combustíveis

Polo Nacional de biocombustíveis (ESALQ-USP) e
Instituto de Estudos Avançados (IEA_USP)

Emissões de GEE em sistemas de produção de
biocombustíveis: o etanol da cana de açúcar

I C Macedo, NIPE/UNICAMP
Abril 2008

GEE e bicomcombustíveis

- Conceitos
- História: emissões de GEE na produção / uso do etanol de cana
- Resultados recentes; estimativas para os próximos anos
- Evolução conceitual e expectativas

História: emissões de GEE na produção / uso do etanol de cana

- Estimativas do balanço de energia, anos 80
- 1984: balanços energéticos detalhados (LAH Nogueira + CTC)
- 1992: avaliação dos GEE na produção, metodologias “pré-IPCC”; CTC; Rio-92 e B&B 1992, 3(2):77-80
- 1996: atualização, maior base de dados, padrões; B&B 1998, 14(1):7-81
- 2004: atualização: balanço de energia, emissões de GEE e emissões evitadas no ciclo de vida (SMA, SP)
- 2007: Cenários tecnológicos para 2020; B&B 2008, doi:10.1016/j.biombioe.2007.12.006
- Desde 2006 há grande interesse no exterior; busca-se a definição de metodologias para bio-combustíveis em geral

→ *Parâmetros para importação, barreiras, etc*

GEE e bio-combustíveis: alguns estudos atuais em metodologias

Em 2007, participamos de diversos estudos para avaliar metodologias para GEE: exemplos:

- Renewable Transport Fuel Obligation, UK: liderado pelo E4tech (Imperial College); biocombustíveis
- Argonne National Lab (M Wang): introdução do etanol de cana na metodologia do GREET: estudo NREL/DoE e NIPE/UNICAMP)
- GHG Working Group (Roundtable for Sustainable Fuels), École Polytechnique Fédérale de Lausanne: em andamento.
- Global Bioenergy Partnership (GBEP, FAO, G8+5): “harmonização” de metodologias para avaliar GEE em biocombustíveis

Emissões de GEE no ciclo de vida: Grupo 1

Fluxos de carbono associados com a absorção do carbono atmosférico por fotossíntese e sua gradual liberação por oxidação

- 1.a Absorção de carbono atmosférico (fotossíntese)
- 1.b Liberação de carbono durante a queimada da cana (cerca de 80% das pontas e folhas, com eficiência de ~90%).
- 1.c Oxidação de resíduos não queimados, no campo
- 1.d Liberação do CO₂ na fermentação da sacarose (etanol)
- 1.e Liberação de CO₂ pela combustão do bagaço (usina ou outras indústrias)
- 1.f Liberação de CO₂ pela combustão do etanol em motores de automóveis

Estes fluxos de emissões são considerados praticamente “neutros”, no total, exceto pelo aumento do teor de carbono no solo.

Emissões de GEE: Grupo 2

Fluxos de carbono associados com o uso de combustíveis e a produção de todos os insumos usados na agricultura e indústria; também na fabricação de equipamentos, prédios, e na sua manutenção

- 2.a Liberação de CO₂ no uso de combustíveis fósseis na agricultura (inclusive transportes)
- 2.b Liberação de CO₂ no uso de combustíveis fósseis na produção de insumos agrícolas (mudas, herbicidas, fertilizantes, etc).
- 2.c Liberação de CO₂ no **uso de combustíveis fósseis na produção de equipamentos agrícolas**, e na sua manutenção
- 2.d Liberação de CO₂ no uso de combustíveis fósseis na produção de insumos industriais (ácido sulfúrico, biocidas, lubrificantes)
- 2.e Liberação de CO₂ **no uso de combustíveis fósseis na fabricação de equipamentos, construção de prédios**, e manutenção na área industrial

Estes fluxos são negativos (aumentam o CO₂ atmosférico).

Emissões de GEE: Grupo 3

Fluxos de GEE não associados com o uso de combustíveis fósseis ,
principalmente N₂O e metano;

- 3.a Liberação de outros GEE (não CO₂) no processo de queima de cana
- 3.b Liberação de N₂O do solo, a partir do uso de fertilizantes e do retorno de resíduos agrícolas
- 3.c Liberação de outros GEE (não CO₂) na combustão de bagaço nas caldeiras
- 3.d Liberação de outros GEE (não CO₂) na combustão de etanol nos motores.

Estes fluxos são também negativos (aumentam o CO₂ atmosférico)

Emissões de GEE (Mitigação): Grupo 4

Emissões evitadas são as que ocorreriam se, na ausência do etanol e bagaço excedente, a demanda fosse atendida por gasolina e óleo combustível, respectivamente. Considera também energia elétrica.

- 4.a Emissões evitadas de GEE na substituição de gasolina por etanol
- 4.b Emissões evitadas de GEE na substituição de óleo combustível por bagaço em outros setores industriais
- 4.c Emissões evitadas com a substituição de energia elétrica por excedentes de energia das usinas

São avaliadas as emissões dos grupos 2, 3 e 4; para o Grupo 1, o balanço líquido é zero. *Emissões (ou mitigação) por efeito direto da mudança do uso do solo são sempre consideradas à parte.*

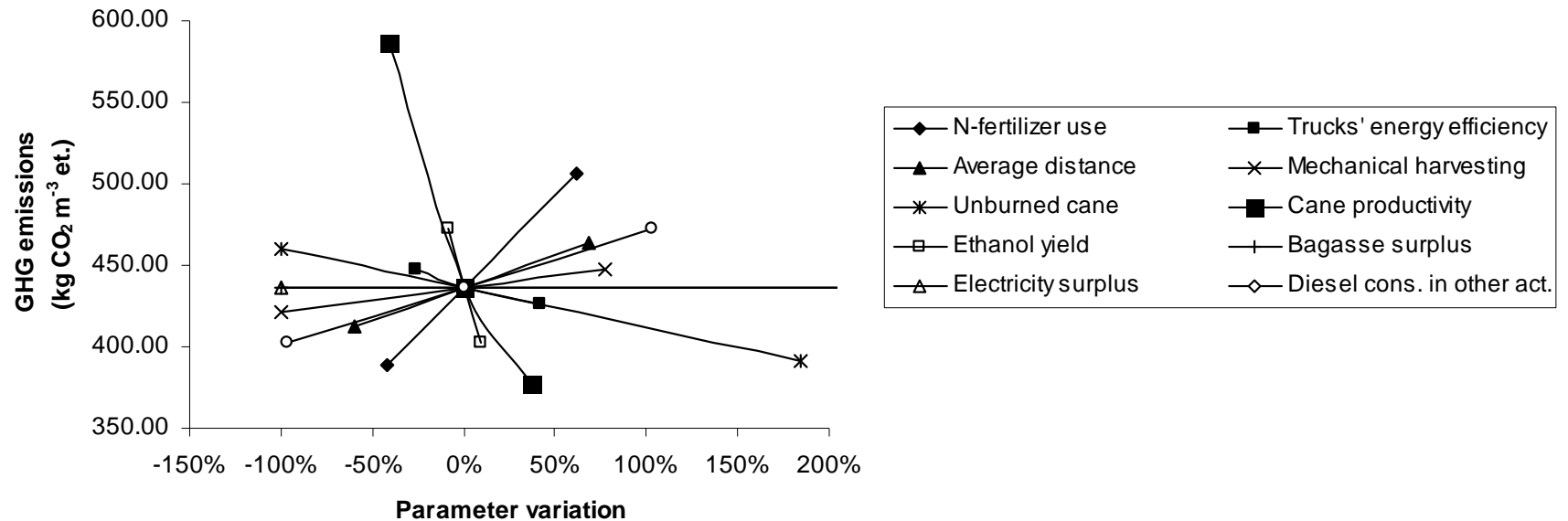
Notar: as emissões dos grupos 2 e 3 são cerca de 6-8 vezes menores que as do Grupo 4. Isto é normal, para sistemas “totalmente” baseados em biomassa. Não é o caso, por exemplo, do etanol de milho nos EUA.

Observações – 1: dados

Importância da base de dados:

- 2005/2006: amostra de 44 usinas (100 M t cana / ano), todas no Centro Sul
- Dados do Controle Mutuo Agro-Industrial do CTC: últimos 15 anos, agricultura e indústria; metodologias definidas e auditadas (não voltadas para análise de emissões de GEE)
- Informações adicionais de sistemas de dados ainda maiores.

GHG emissions – response to single parameter variation



Observações – 2: diversificação

- Quase todas as usinas (> 90%) produzem açúcar
- Outros produtos de sacarose de algumas usinas são: ácido cítrico, lisina, MSG, leveduras especiais e derivados, etc)
- Bagaço e palha de cana deverão tornar-se grandes fornecedores de eletricidade
- Produtos derivados do etanol usando energia excedente da usina estão sendo considerados (plásticos, solventes)
- Sistemas mais complexos (etanol de cana, bio-diesel de soja em rotação de cultura) estão sendo implantados
- → Necessidade de análise mais abrangente

Fluxos de energia na produção do etanol de cana (MJ/t cana) (B&B, 2008)

Componente do balanço energético	2005/2006	Cenário 2020	Cenário 2020 - B
Produção e transporte de cana	210,2	238,0	225,4
Produção do etanol	23,6	24,0	30,7
<i>Input Fóssil (total)</i>	233,8	262,0	256,1
Etanol	1926	2060	2901,9
Excedente de bagaço	176,0	0,0	0,0
Excedente de eletricidade	82,8	972,0	64,8
<i>Output renovável (total)</i>	2185	3032	2966,7
Produção/consumo energético			
Etanol + bagaço	9,0	7,9	11,3
Etanol + bagaço + eletricidade	9,3	11,6	11,6

Emissões de GEE na produção do etanol (kg CO₂eq/m³) (B&B, 2008)

Ano	2005/2006		Cenário 2020 (e B)	
	Hidratado	Anidro	Hidratado	Anidro
<i>Emissão total</i>	417	436	330 - 240	345 - 250
Combustíveis fósseis	201	210	210 - 220	219 - 150
Queimadas	80	84	0 - 0	0 - 0
Emissões do Solo	136	143	120 - 90	126 - 100

Emissões líquidas da produção e uso do etanol (kg CO₂eq/m³) (B&B, 2008)

Ano	2005/2006		Cenário 2020		
	E100	E25	E100	E100-FFV	E25
Uso do etanol	E100	E25	E100	E100-FFV	E25
<i>Emissões evitadas</i>	2181	2323	2763	2589	2930
Uso da biomassa excedente	143	150	0	0	0
Excedente de eletricidade	59	62	784	784	819
Uso do etanol	1979	2111	1979	1805	2111
<i>E Evitada – E Produzida</i>	-1764	-1886	-2433	-2259	-2585

Outros aspectos

- Estoque de carbono no solo, estoques na biomassa sobre o solo e mudanças no uso da terra:
 - Diretas
 - Indiretas
- Energia no transporte (WTW, exportação)
- Avaliação de GEE evitado: em km transporte ou em GJ do combustível?
- Valores do IPCC e discussões sobre emissões de N₂O e metano
- Energia elétrica: linha de base; excedentes “de co-geração”

GHG calculation methodologies: UK

Jessica Chalmers, Low Carbon Vehicle Partnership (March, 2008)

Informar a emissão pela mudança do uso da terra (direta)

	UK	EC	Germany	Netherlands
Annualised emission period	20 years	20 years	20 years	20 years
Indirect land-use change (incl displacement, crop rotation etc)	Not included in WTW (ex-post facto analysis)	Not included in WTW	Not included in WTW	Not included in WTW
Co-product treatment	Substitution (system expansion) for majority Market value where substitution and energy not applicable	Allocation by energy content (LHV)	Allocation by energy content (LHV)	Substitution in theory In practice almost all market value
Fossil reference	JRC Petrol – 84.8gCO _{2eq} /MJ Diesel – 86.4gCO _{2eq} /MJ	Average emissions reported in Fuel Quality Directive OR 83.8 gCO _{2eq} /MJ	JRC Petrol – 85kgCO _{2eq} /GJ Diesel – 86.2kgCO _{2eq} /GJ	JRC

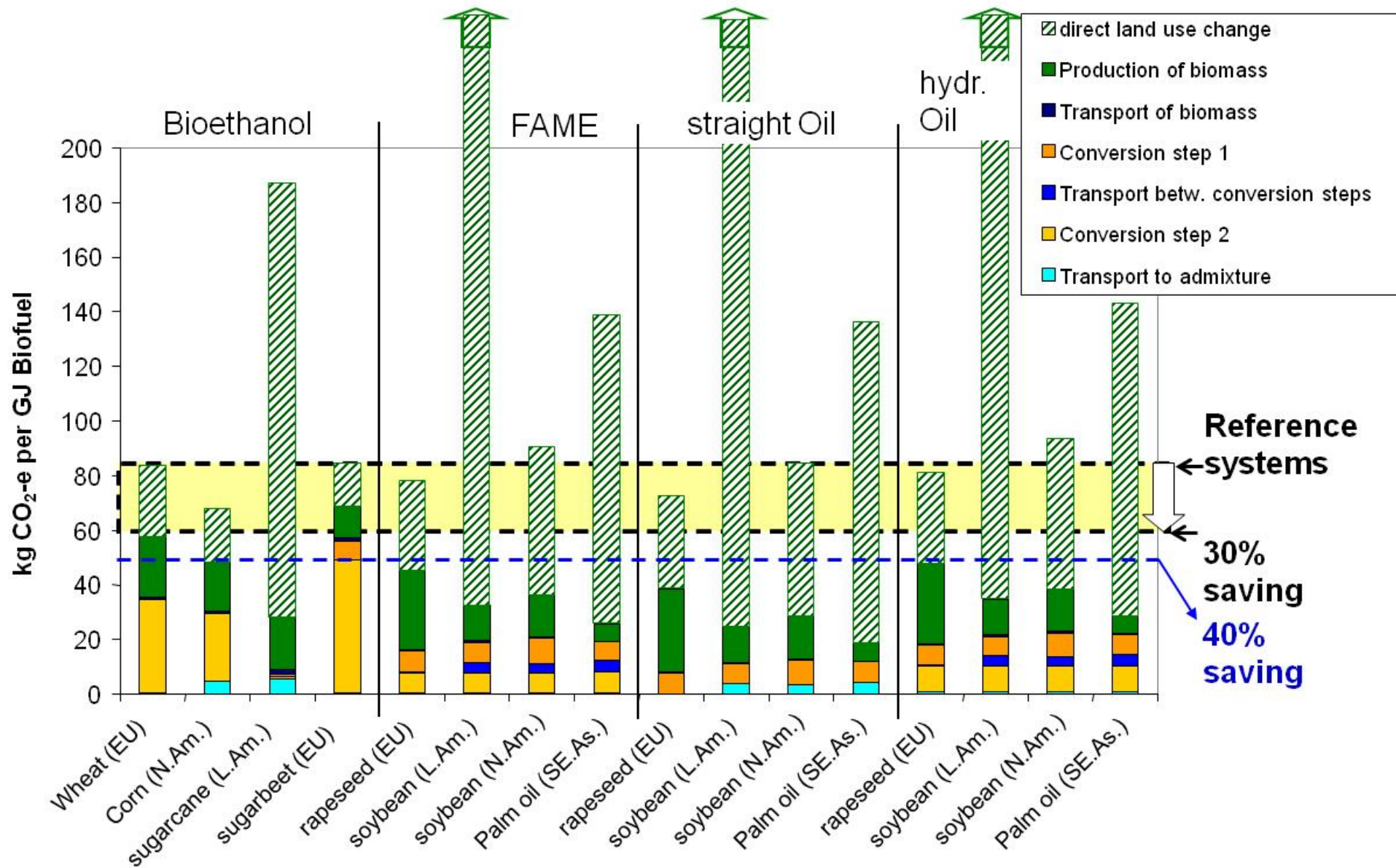
Metodologias em preparação: Alemanha

GHG Accounting Methodology and Default Data according to the Biomass Sustainability Ordinance (BSO) Horst Fehrenbach – GBEP, March 2008

Regra: usar valores „default“ sempre com o pior caso possível (por exemplo, no Centro-Sul do Brasil usar substituição do Cerrado úmido) para o efeito direto da mudança de uso da terra.

Consequencia:

Default values 3



GHG methodology in the EU Renewable Energy Directive

Paul Hodson, DG Energy and Transport, European Commission;
Washington, 6th March 2008

Proposta *Renewable Energy Directive*: biofuels used to meet renewable energy targets must save emissions of **at least 35%** compared to petrol/diesel

Alguns pontos:

Co-produtos: alocação por energia; **não incluir resíduos agrícolas; limitar a inclusão de eletricidade exportada**

Excluir “energia embutida”

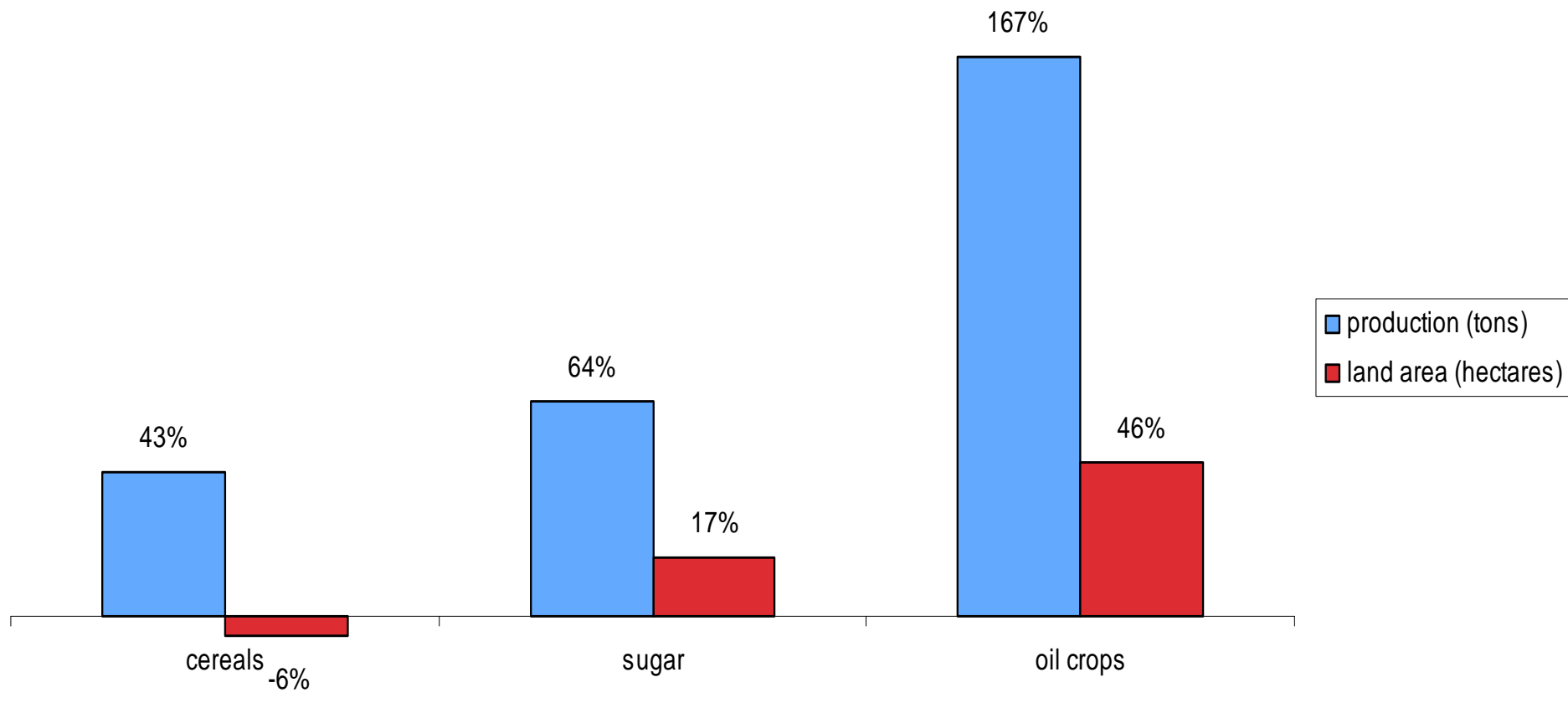
Computar GEE / MJ , não GEE / km

Usar GEE dos derivados de petróleo com os menores valores (83.8 gCO_{2eq}/MJ)

Mudança no uso da terra, efeito direto: incluir

Efeito indireto: não incluir ainda

Change in production volumes and land use, 1980-2006



Fulginiti, L. and R. Perrin, Agricultural productivity in developing countries, *Agricultural Economics* 19 (1998)

(econometric analysis of productivity change in 18 developing countries, 1961 - 1985)

Contribution to annual average production growth made by change in quantity of:

land used	0.20% [5% of the total]
livestock used	0.44%
machinery used	1.88%
fertiliser used	1.41%
labour used	0.06%

Avanços no conhecimento (taxas de emissões, GWP de cada poluente, variações em estoques de carbono) e nas tecnologias de produção / conversão de biomassa deverão concorrer para aumentar a sustentabilidade de sistemas baseados em biomassa para produção de energia, alimentos e matérias primas.

A cana de açúcar em condições de produção adequadas aparece como um dos vetores mais promissores para estas bio-refinarias do futuro próximo.