

Avaliação de sustentabilidade

Marcelo Cunha

Carolina Habib Ribeiro

Pablo Dadalti

Unicamp, 24/09/2019

Roteiro

- Introdução
- Técnicas para avaliação de sustentabilidade
- Alguns resultados para a economia brasileira em 2015
- Conclusões

Introdução

- Conceito de Desenvolvimento Sustentável
- Importância de instrumentos para avaliação de sustentabilidade
- Desafios para avaliação da sustentabilidade
 - Avaliar uma tecnologia
 - Avaliar um produto (bem ou serviço)
 - Avaliar uma política pública (por exemplo, o RenovaBio)

Técnicas para avaliação de sustentabilidade

- ACV (Process Life Cycle Assessment - LCA)
- Insumo-Produto (Economic Input-Output Life Cycle Assessment – EIO-LCA)
- Equilíbrio parcial e Equilíbrio geral

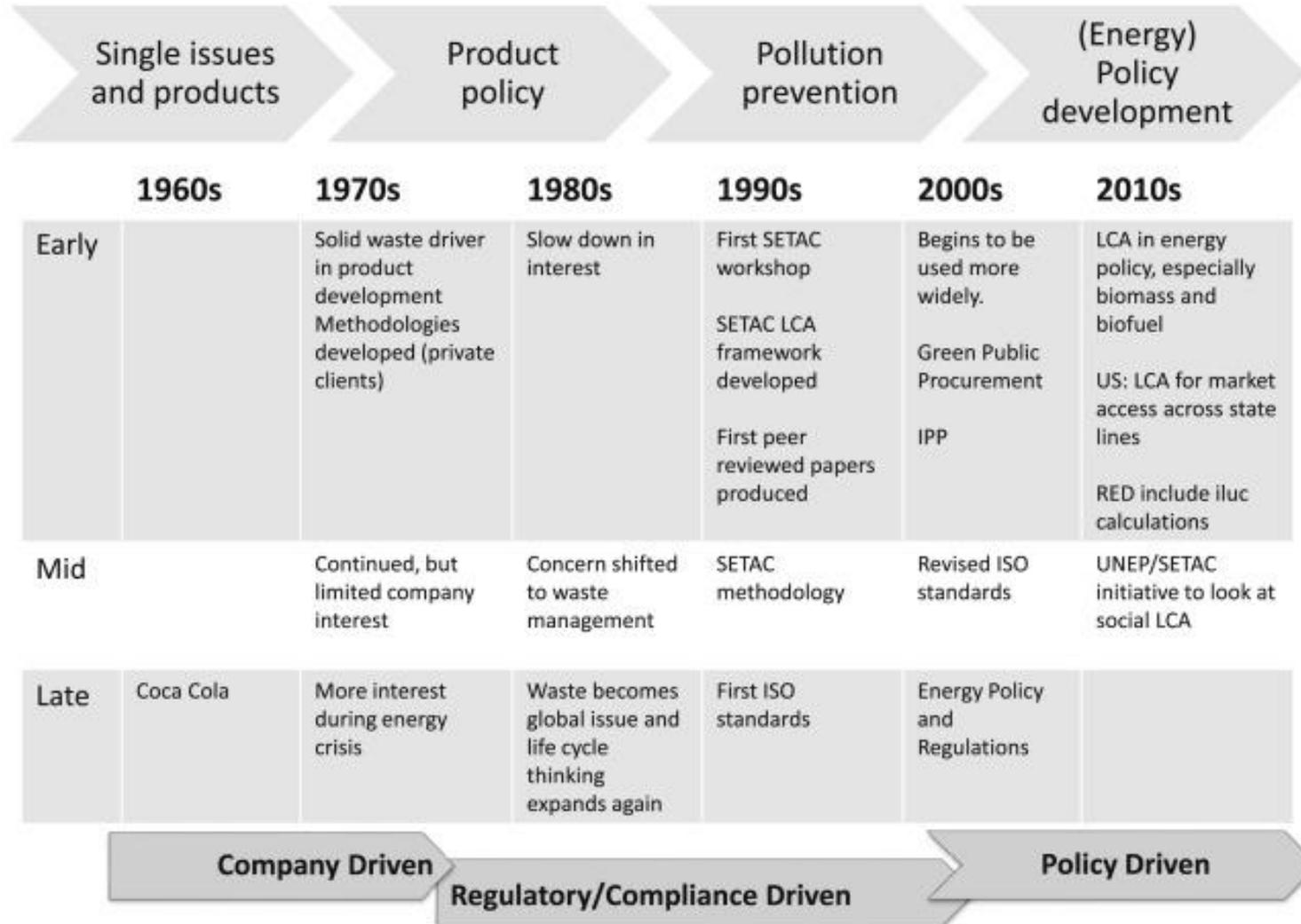
Técnicas para avaliação de sustentabilidade

- Avaliação do Ciclo de Vida – ACV

Em inglês *Life Cycle Assessment - LCA*

- A ACV estuda os aspectos ambientais e os **impactos potenciais** ao longo da vida de um produto (isto é, do “**berço ao túmulo**”), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição.
- As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem:
 - o uso de recursos;
 - a saúde humana; e
 - as consequências ecológicas.

ACV ao longo do tempo



Técnicas para avaliação de sustentabilidade

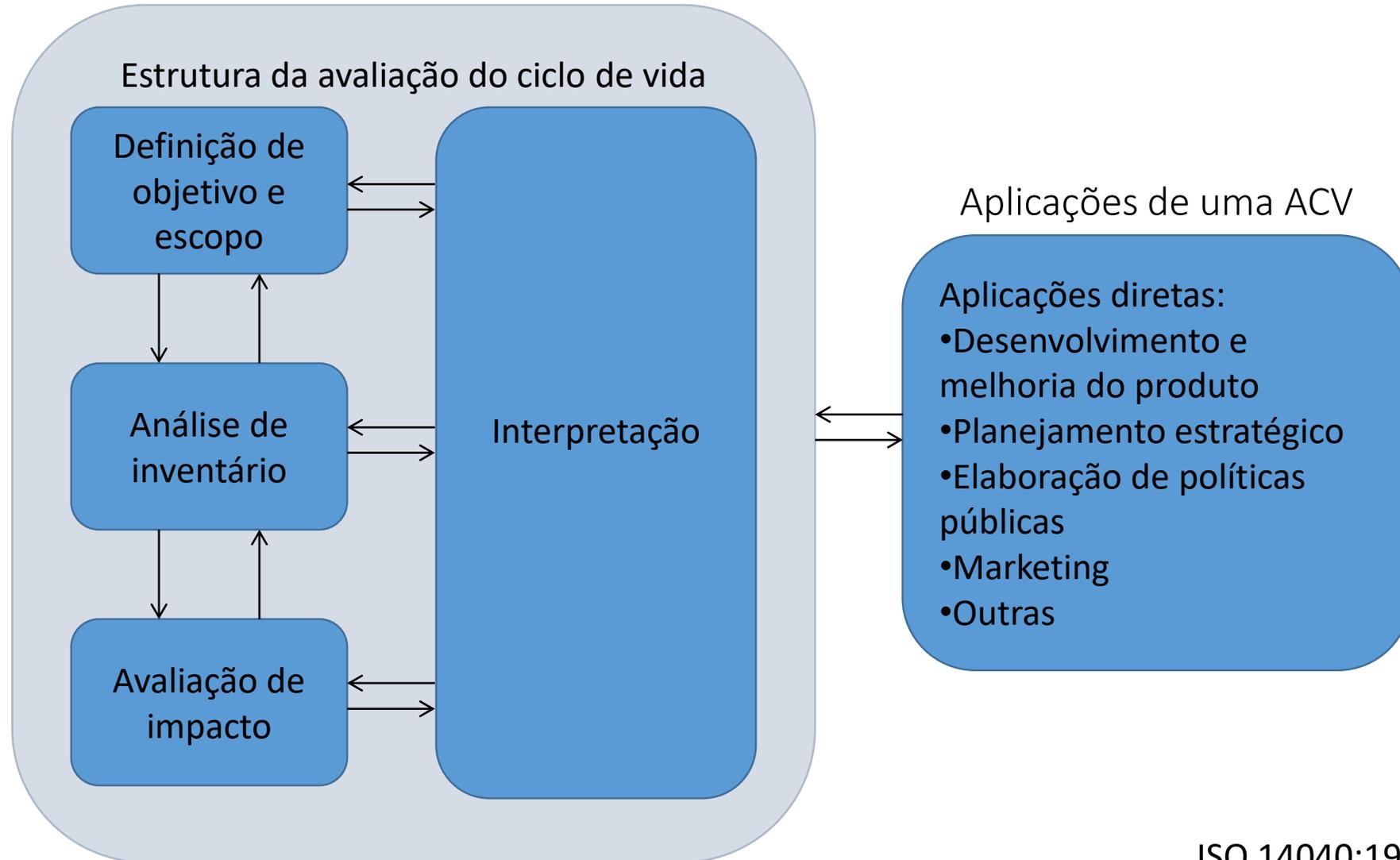
- Normas ACV
 - ISO 14040:1997 Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework
 - ISSO 14041:1998 Environmental Management - Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory
 - ISSO 14042:2000 Environmental Management - Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment
 - ISSO 14043:2000 Environmental Management - Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation

Técnicas para avaliação de sustentabilidade

- Fases de uma ACV
 - Definição de objetivo e escopo
 - Unidade Funcional
 - Uma unidade funcional é uma medida do desempenho das saídas funcionais do sistema de produto.
 - Deve fornecer uma referência para a qual as entradas e saídas são relacionadas.
 - Esta referência é necessária para assegurar a comparabilidade de resultados da ACV.
 - A unidade funcional relacionada deve ser definida e mensurável.
 - Fronteira do sistema
 - Interface entre um sistema de produto e o meio ambiente ou outros sistemas de produto
 - As fronteiras do sistema determinam quais unidades de processo devem ser incluídas na ACV
 - Análise de inventário
 - Avaliação de impacto
 - Interpretação

Técnicas para avaliação de sustentabilidade

Fases de uma ACV



Técnicas para avaliação de sustentabilidade

- ACV atribucional e consequential
 - Atribucional
 - Fornece informações sobre os impactos dos processos usados para produzir (consumir e descartar) um produto (não considera os efeitos indiretos decorrentes da alteração na produção de um produto)
 - Fornece informações sobre a unidade média do produto
 - Geralmente baseados em relações estequiométricas entre insumos e produtos, e os resultados podem ser produzidos com níveis conhecidos de exatidão e precisão
 - Consequencial:
 - Fornece informações sobre as consequências de alterações no nível de produção (consumo e descarte) de um produto, incluindo efeitos dentro e fora do ciclo de vida do produto.
 - Modela as relações causais originárias da decisão de alterar a produção do produto e, portanto, procura informar os formuladores de políticas sobre os impactos mais amplos das políticas que se destinam a alterar os níveis de produção.
 - Dependentes de modelos econômicos que representam relacionamentos entre demanda por insumos, elasticidades de preços, oferta e efeitos de mercado de coprodutos.
 - Tais modelos raramente fornecem níveis conhecidos de exatidão ou precisão e, portanto, devem ser interpretados com cautela.

Técnicas para avaliação de sustentabilidade

Análise de Insumo-Produto

- Histórico

- Uma forma sistêmica de enxergar a economia

- O Tableau Économique de Quesnay (1758)

descreve a relação entre diferentes classes e setores da economia francesa, exibindo o fluxo de pagamentos entre eles

- Teoria do Equilíbrio Geral: atribuída a Léon Walras (no final do século XIX), dentro da escola marginalista;

- Economia planificada

- Recursos são limitados – pelo menos no curto prazo ...

- Primeira aplicação de um Modelo de Insumo-Produto?

- Aplicações com IP “explodem” a partir dos anos 1950 – advento do computador (IBM, em 1947)

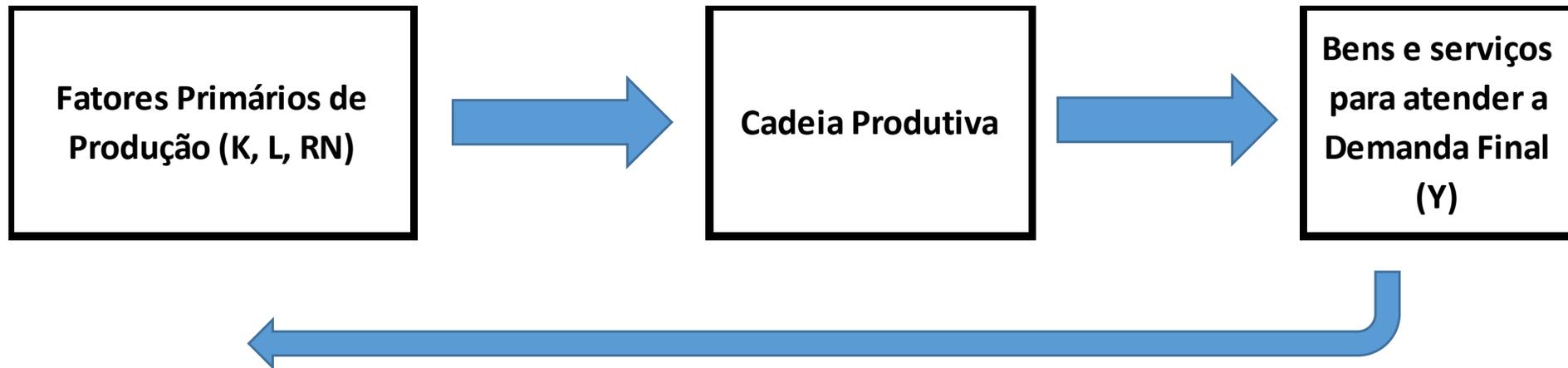
- A miopia ideológica

- Leontief (prêmio Nobel em 1973)

Técnicas para avaliação de sustentabilidade

Análise de Insumo-Produto

- Uma forma sistêmica de enxergar a economia



Técnicas para avaliação de sustentabilidade

Análise de Insumo-Produto

Brasil - 2011 (R\$ bi)	S ₁ - Agropecuária	S ₂ - Transformação	S ₃ - Serviços	Consumo Intermediário	Demanda Final	Demanda total	CI/DT
S ₁ - Agropecuária	17	165	14	196	137	333	59%
S ₂ - Transformação	75	1.043	325	1.443	1.730	3.173	45%
S ₃ - Serviços	27	533	870	1.430	2.504	3.934	36%
Importação	12	254	86	352	184	536	66%
Impostos indiretos líquidos de subsídios	11	168	121	300	356	656	46%
Fator trabalho (L)	129	522	1.560	2.211			
Fator capital (K)	65	467	930	1.462			
Impostos diretos	-3	21	28	46			
Valor da produção	333	3.173	3.934	7.440			
Empregos (milhão)	14,4	20,9	64,3	99,6			
Valor da produção PIB setorial	4,5%	42,6%	52,9%				
	5,0%	29,3%	65,7%				

PIBr	PIBd
4.375	4.375

Técnicas para avaliação de sustentabilidade

Análise de Insumo-Produto

A	S ₁ - Agropecuária	S ₂ - Transformação	S ₃ - Serviços
S ₁ - Agropecuária	0,051	0,052	0,004
S ₂ - Transformação	0,225	0,329	0,083
S ₃ - Serviços	0,081	0,168	0,221
	0,357	0,549	0,307
Emprego	0,043	0,007	0,016
PIB	0,607	0,371	0,671

Técnicas para avaliação de sustentabilidade

Análise de Insumo-Produto

- Princípios da Análise de Insumo-Produto
 - Tecnologia de Leontief (“receita de bolo”)
 - Matriz de Insumo-Produto (um “retrato da economia”)
 - Efeitos diretos e indiretos – percorrer a cadeia produtiva
 - $Y + AY + AAY + AAAY + \dots = (I-A)^{-1}.Y$
 - Importância dos efeitos indiretos

Técnicas para avaliação de sustentabilidade

Análise de Insumo-Produto

L	S ₁ - Agropecuária	S ₂ - Transformação	S ₃ - Serviços
S ₁ - Agropecuária	1,076	0,087	0,014
S ₂ - Transformação	0,385	1,561	0,167
S ₃ - Serviços	0,195	0,346	1,322
MP	1,655	1,994	1,503

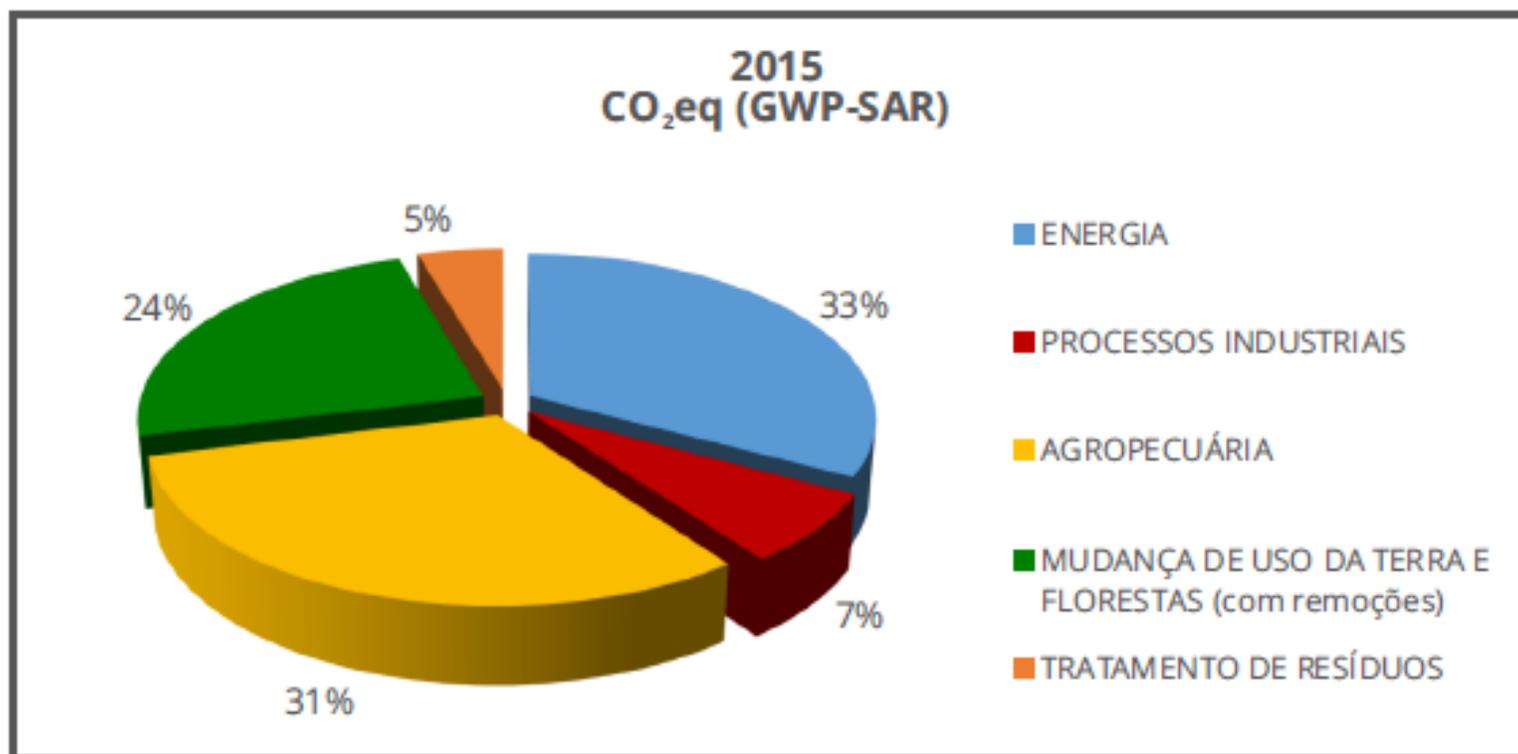
Técnicas para avaliação de sustentabilidade

Análise de Insumo-Produto

- Exemplos de aplicações (destacar importância do efeitos indiretos e induzido)
 - Energia incorporada
 - Água incorporada
 - Terra incorporada
 - Emissões de GEE incorporados
 - Empregos incorporados
 - PIB incorporado
 - Mudanças tecnológicas
 - Outras ...

Alguns resultados para a economia brasileira

Participação nas emissões líquidas por setor



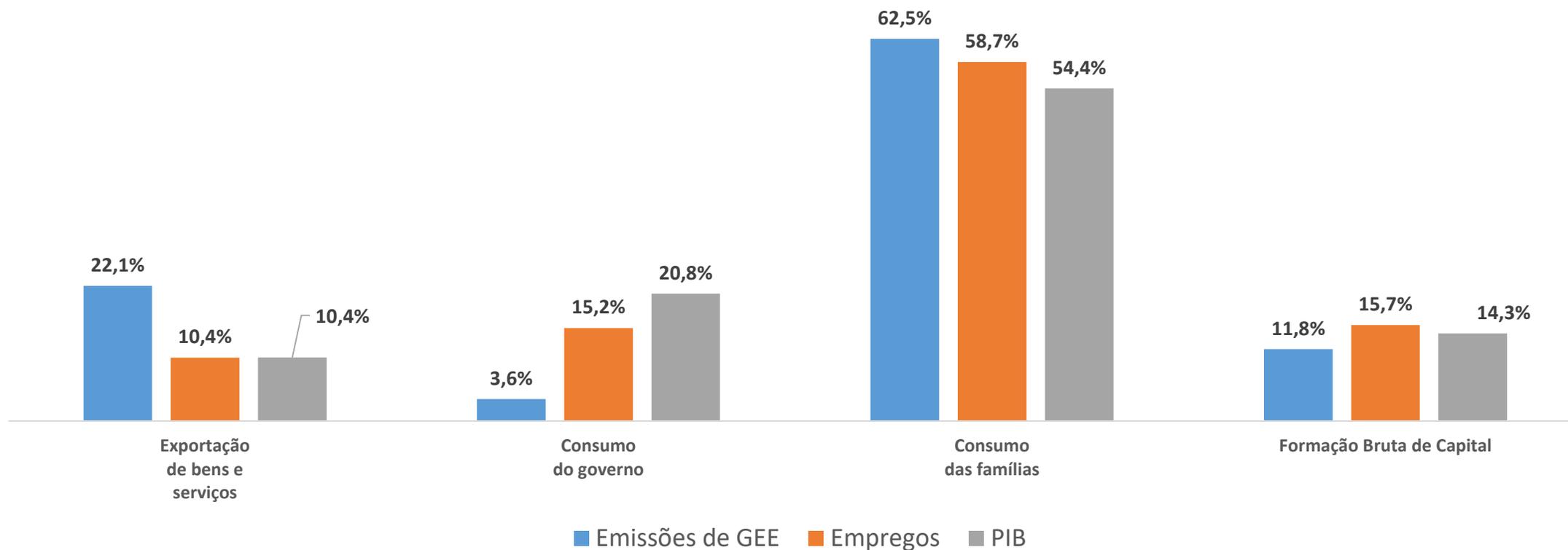
Fonte: MCTI (2017)

Alguns resultados para a economia brasileira

Emissões de GEE incorporadas na Demanda Final			
Setor	Num	Part.	Part. Acum.
1091Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	S10	16,0%	16,0%
0280Produção florestal; pesca e aquicultura	S5	15,2%	31,1%
0192Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	S4	7,7%	38,8%
4180Construção	S49	6,4%	45,2%
Gasoálcool	S26	5,6%	50,8%
0191Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	S3	5,3%	56,1%
4580Comércio por atacado e varejo	S50	3,5%	59,6%
1093Outros produtos alimentares	S13	3,2%	62,8%
4900Transporte terrestre	S51	2,6%	65,3%
5600Alimentação	S56	2,5%	67,9%
1991Refino de petróleo e coquerias	S22	2,5%	70,3%
8400Administração pública, defesa e seguridade social	S69	2,2%	72,5%
2491Produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	S36	2,1%	74,6%
3680Água, esgoto e gestão de resíduos	S48	2,1%	76,7%
0680Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	S7	2,0%	78,7%
1700Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	S20	1,6%	80,4%
2991Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	S42	1,4%	81,8%
Produção de soja	S1	1,0%	82,7%
3500Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	S47	0,9%	83,6%
9480Organizações associativas e outros serviços pessoais	S75	0,8%	84,4%

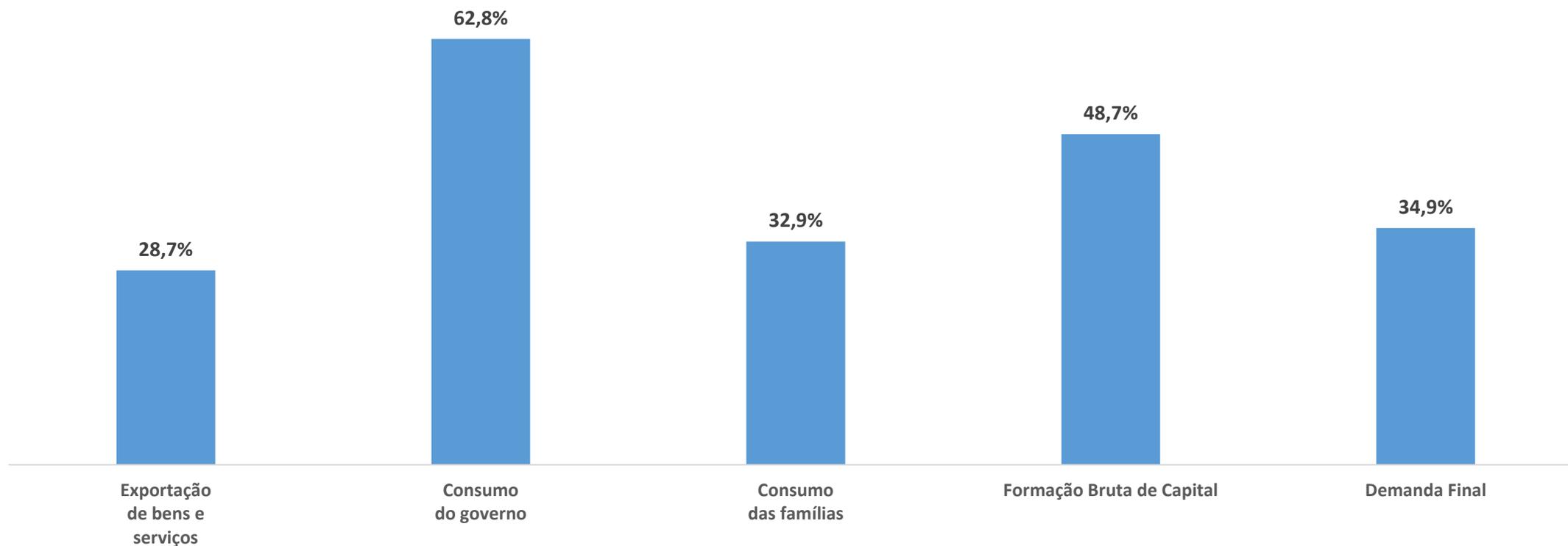
Alguns resultados para a economia brasileira

Participações em 2015



Alguns resultados para a economia brasileira

Efeitos indiretos - GEE



Alguns resultados para a economia brasileira

Empregos incorporados na Demanda Final			
Setor	Num	Part.	Part. Acum.
4580Comércio por atacado e varejo	S50	14,1%	14,1%
4180Construção	S49	10,6%	24,7%
9480Organizações associativas e outros serviços pessoais	S75	10,0%	34,7%
8400Administração pública, defesa e seguridade social	S69	7,3%	42,0%
1091Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	S10	5,7%	47,7%
5600Alimentação	S56	5,5%	53,2%
8591Educação pública	S70	4,9%	58,1%
8692Saúde privada	S73	3,8%	61,9%
8691Saúde pública	S72	2,8%	64,7%
0191Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	S3	2,7%	67,4%
1093Outros produtos alimentares	S13	2,6%	70,0%
8592Educação privada	S71	2,5%	72,5%
0192Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	S4	2,2%	74,7%
1400Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	S17	2,0%	76,7%
4900Transporte terrestre	S51	1,6%	78,3%
6480Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	S61	1,5%	79,8%
2991Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	S42	1,4%	81,2%
Produção de soja	S1	1,1%	82,4%
7880Outras atividades administrativas e serviços complementares	S67	1,1%	83,4%
3180Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	S45	1,0%	84,4%

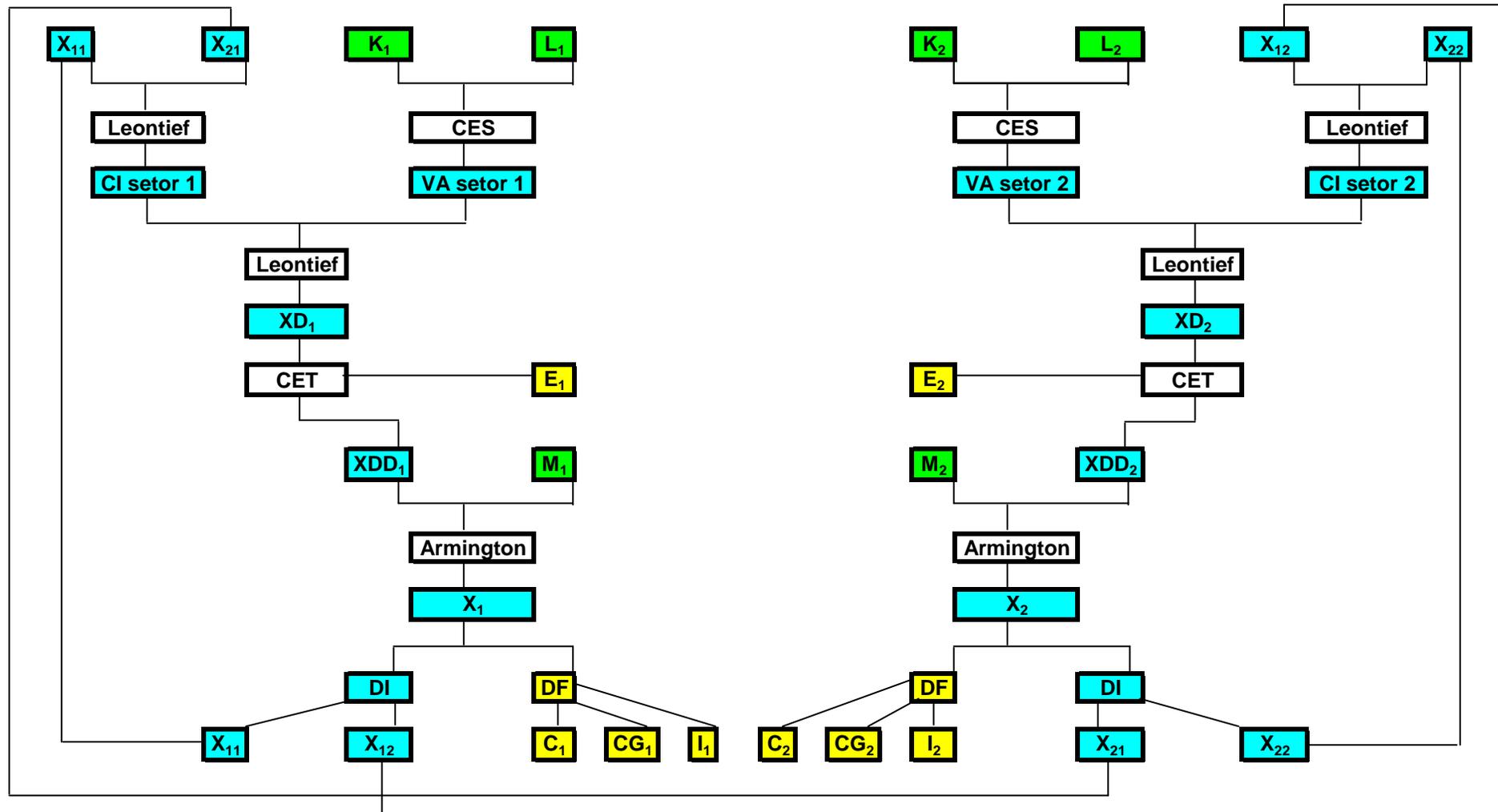
Alguns resultados para a economia brasileira

PIB setorial incorporado na Demanda Final			
Setor	Num	Part.	Part. Acum.
8400Administração pública, defesa e seguridade social	S69	12,3%	12,3%
4580Comércio por atacado e varejo	S50	11,6%	23,8%
4180Construção	S49	8,6%	32,4%
6800Atividades imobiliárias	S62	8,5%	41,0%
8591Educação pública	S70	5,5%	46,4%
6480Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	S61	4,6%	51,1%
8692Saúde privada	S73	3,5%	54,6%
1091Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	S10	3,3%	57,9%
5600Alimentação	S56	3,2%	61,0%
9480Organizações associativas e outros serviços pessoais	S75	3,1%	64,2%
8691Saúde pública	S72	3,1%	67,3%
1093Outros produtos alimentares	S13	2,1%	69,3%
2991Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	S42	1,9%	71,2%
8592Educação privada	S71	1,7%	72,9%
4900Transporte terrestre	S51	1,6%	74,5%
6100Telecomunicações	S59	1,5%	76,0%
0191Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	S3	1,5%	77,5%
3500Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	S47	1,2%	78,7%
2800Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	S41	1,2%	79,9%
6280Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	S60	1,1%	81,0%

Alguns resultados para a economia brasileira

Indicadores incorporados na Demanda Final				
Setor	Num	kg CO ₂ eq/R\$ mil	Empregos/R\$ mi	PIB set (R\$/R\$ mil)
Média	M	228	17	909
0280Produção florestal; pesca e aquicultura	S5	11.815	34	960
0192Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	S4	2.530	53	903
1991Refino de petróleo e coquerias	S22	2.480	6	681
Diesel mineral	S23	2.256	4	745
Misturadora de Diesel e Biodiesel	S25	1.646	4	749
1600Fabricação de produtos da madeira	S19	1.259	25	887
3680Água, esgoto e gestão de resíduos	S48	1.178	13	916
Gasóócool	S26	1.100	6	772
1091Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	S10	1.073	29	887
0580Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos	S6	948	12	846
2491Produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	S36	885	10	808
0191Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	S3	767	30	844
2300Fabricação de produtos de minerais não metálicos	S35	668	15	826
1700Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	S20	656	11	828
0680Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	S7	581	6	826
5100Transporte aéreo	S53	483	8	744
2091Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	S30	399	7	672
Produção de cana	S2	394	18	841
1200Fabricação de produtos do fumo	S15	377	17	854
4900Transporte terrestre	S51	362	17	881

Estrutura de um modelo de Equilíbrio Geral



Equilíbrio Geral

Exemplo de aplicação

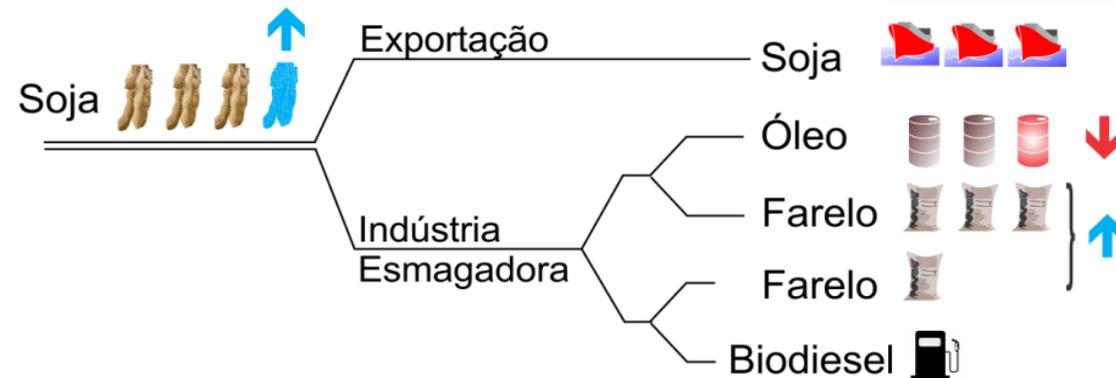
Impactos no PIB relativos ao Biodiesel (2008-2011)

R\$ milhões de 2011

Ano	Teor de Biodiesel	Aumento da inflação	Impacto da inflação no PIB	Redução da importação de ODM	Aumento da produção de farelo	Redução da produção de óleo de soja	Efeito total no PIB
2008	2,43%	0,030%	-1.408	2.278	2.192	-635	2.427
2009	3,38%	0,056%	-2.417	1.991	1.360	-2.414	-1.480
2010	4,54%	0,051%	-2.563	3.099	4.654	-1.221	3.969
2011	4,90%	0,037%	-2.153	4.155	5.894	-736	7.159

PIB acumulado no período: R\$ 12,08 bi

- Aumento da Produção Nacional de **biodiesel**



Composição em 2011:
81,2% óleo de soja
 13,4% sebo bovino
 5,4% outras fontes

Alteração do fluxo da cadeia produtiva da soja

Entre 2008 a 2011, observou-se o efeito combinado de:

- Expansão da produção de soja
- Variação da produção de óleo de soja
- Aumento da produção de farelo

Conclusões

- A avaliação de sustentabilidade pode ser feita com o uso de diferentes metodologias
- A metodologia mais apropriada depende (i) do objetivo da avaliação, (ii) da disponibilidade de dados, (iii) da disponibilidade de recursos financeiros para sua execução e (iv) do prazo para a análise
- As métricas usadas para a avaliação da sustentabilidade são distintas e, várias vezes, um produto (ou tecnologia, ou política pública) é mais sustentável em um aspecto e menos em outro. Neste caso, é muito difícil julgar o melhor produto (ou tecnologia, ou política pública)
- Há, ainda, a dificuldade em classificar o que é melhor para uma métrica em termos de ser mais sustentável. Por exemplo, do ponto de vista socioeconômico, o que é mais desejável: produção de biocombustíveis com mais empregos e salários inferiores ou combustíveis fósseis, com menos empregos e salários maiores?

Conclusões

- Sustentabilidade X Custo de oportunidade
 - Custo de oportunidade: do que abro mão em função da escolha que fiz (1ª opção) – o que perco em relação à 2ª opção
 - Importante termos consciência do custo de oportunidade para uma sociedade mais sustentável – mais justa, mais humana, mais digna
 - Se todas as escolhas tem um custo de oportunidade, como lidar com os possíveis conflitos que dela derivam para uma sociedade mais sustentável?

Conclusões

- Sustentabilidade X Custo de oportunidade
 - Talvez o melhor caminho seja identificar estratégias onde as oportunidades resultem de cooperação (relações de ganha-ganha), e não de competição (relação de ganha-perde, ou perde-perde)
 - E, por fim, pode ser que haja uma exceção na ausência de custo de oportunidade em relação às decisões ...

Conclusões

- Sustentabilidade X Custo de oportunidade
 - As decisões que resultam do Amor! Provavelmente, quem decide genuinamente amparado no amor não tem percepção do custo de oportunidade, não tem percepção de que abre mão do que quer que seja.
 - O caminho para um mundo sustentável – aquele em que tomamos as decisões pensando nos que amamos e os que ainda estão por ser amados – pode ser mais factível com esta consciência, com Educação

Conclusões

- Sustentabilidade X Custo de oportunidade
 - A razão para isto pode estar fundamentada no pensamento do Oswaldo Montenegro, em sua canção “Metade”:

Conclusões

“Metade de nós é amor,
E a outra metade ...

Conclusões

Também!”

Obrigado pela atenção!

mpcunha@unicamp.br

Bibliografia

- BRANDER, M., TIPPER, R., HUTCHISON, C., DAVIS, G. Technical Paper. Consequential and Attributional Approaches to LCA: a Guide to Policy Makers with Specific Reference to Greenhouse Gas. LCA of Biofuels. April 2008.
- CUNHA, M.P. Avaliação socioeconômica e ambiental de rotas de produção de biodiesel no Brasil, baseada em análise de insumo-produto. Tese de doutorado. Unicamp, 2011.
- HENDRICKSON, C. T., LAVE, L. B., MATTHEWS, H.S. Environmental LIFE Cycle Assessment of Goods and Services: An input-output approach. ISBN 1-933115-24-6. Resources for the Future, 2006.
- Leontief, W. 1970. "Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach", *Review of Economics and Statistics*, **52**, 262-271.
- MCMANUS, M. C., TAYLOR, C. M. The changing nature of life cycle assessment. *Biomass and Bioenergy* 82(2015)13e26
- Miller, R. E. and Blair, P. D. 2009. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Second edition. Cambridge, GBR: Cambridge University Press.
- Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTI. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 4ª edição, 2017. Brasília.