

# IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS E SOCIAIS DE CENÁRIOS DE MITIGAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL ATÉ 2030



# Cenários de Mitigação de GEE do Setor Agropecuário (Demanda de Energia)

## Relatório Técnico

Autores:

Amaro Olímpio Pereira Junior e Patricia Turano de Carvalho (Centro  
Clima/COPPE/UFRJ)

Citação:

PEREIRA JR, A.O. e CARVALHO, P.T. (2015). Cenários do Setor Agrícola – demanda de energia. In: LA ROVERE, E. L. et al., 2016. – Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2030: Projeto IES-Brasil, Forum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

## EQUIPE DO PROJETO IES-Brasil

### FORUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Luiz Pinguelli Rosa – Coordenador Geral  
Neilton Fidelis – Coordenador Executivo

### CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ – COORDENAÇÃO TÉCNICA

Emilio Lèbre La Rovere – Líder de Pesquisa e Modelagem  
William Wills – Coordenador de Pesquisa e Modelagem Macroeconômica  
Carolina Burle Schmidt Dubeux, Amaro Olímpio Pereira Junior e Sergio Henrique Ferreira da Cunha –  
Coordenadores de Estudos Setoriais  
Isabella da Fonseca Zicarelli – Assistente de Coordenação

### ECOSYNERGY – EQUIPE DE FACILITAÇÃO

Barbara C. P. Oliveira – Líder de Processo e Facilitação  
Sergio Marcondes  
Luisa Santos Sette Câmara Moreira

### EQUIPE DE MODELAGEM MACROECONÔMICA

William Wills, Carolina Grottera, Romulo Neves Ely – Centro Clima/COPPE/UFRJ  
Julien Lefevre – CIRED/CNRS (*Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement*)

### EQUIPE DE ESTUDOS SETORIAIS

**Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU):** Marcelo Melo Ramalho  
Moreira, Leila  
Harfuch, Willian Kimura, Luciane Chiodi Bachion, Rodrigo Lima, Wilson Zambianco e André  
Nassar – Agroicone; Carolina B. S. Dubeux e Michele K.C. Walter – Centro Clima/COPPE/UFRJ  
**Setor Energético:** Amaro Olímpio Pereira Junior, Sergio Henrique Ferreira da Cunha, Thauan  
Santos, Mariana Weiss, Larissa Albino da Silva Santos e Patricia Turano de Carvalho – Centro  
Clima/COPPE/UFRJ  
**Setor Industrial:** Shigueo Watanabe Jr, Roberto Kishinami e Ana Toni – CO2 Consulting  
**Setor de Resíduos:** Saulo Machado Loureiro e Carolina B.S. Dubeux – Centro  
Clima/COPPE/UFRJ e Victor Zveibil  
**Setor de Transporte:** Amaro Olímpio Pereira Junior, Luan Santos e Luiza Di Beo Oliveira –  
Centro Clima/  
COPPE/UFRJ

### EQUIPE DE COMUNICAÇÃO

Roberta Nadalutti La Rovere

### GERÊNCIA ADMINISTRATIVA

Charlotte Heffer – Gerente de Projeto  
Mariana Portellada – Assistente Administrativa  
Yuri Ramos Alves – Estagiário

## Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Cenário de Plano Governamental (CPG).....</b>	<b>2</b>
1.1. Premissas Utilizadas na Modelagem.....	3
1.2. Medidas de Mitigação já Incluídas no CPG.....	3
1.3. Resultados Finais .....	4
<b>2. Cenários de Mitigação Adicional 1 e 2 (MA1 e MA2) .....</b>	<b>4</b>
2.1. Medidas de mitigação já previstas no CPG cujo alcance foi ampliado .....	4
2.2. Novas medidas de mitigação.....	5
2.3. Resultados dos MA1 e MA2 .....	5
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>9</b>
<b>ANEXO METODOLÓGICO.....</b>	<b>10</b>

## Figuras

<b>Figura 1.</b> Consumo final de energia (ktep) do Setor Agropecuário no Cenário de Plano Governamental (CPG) .....	2
<b>Figura 2.</b> Evolução das emissões do consumo de energia pelo Setor Agropecuário em todos os Cenários (Mt CO <sub>2</sub> e), - 1990 - 2030 .....	7
<b>Figura 3.</b> Variação das emissões do Setor Agropecuário (%) nos Cenários de Mitigação Adicional em relação ao Cenário de Plano Governamental .....	8
<b>Figura 4.</b> Correlação entre as estimativas de PIB e de demanda de energia do Setor Agropecuário. ....	10

## Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Evolução dos indicadores entre os anos de 2005 e 2030 no Cenário de Plano Governamental .....	4
<b>Tabela 2.</b> Medida de mitigação adotada em todos os cenários .....	5
<b>Tabela 3.</b> Evolução dos indicadores entre os anos de 2005 e 2030 nos diferentes Cenários .....	5
<b>Tabela 4.</b> Resultados de demanda de energia do Setor Agropecuário em todos os Cenários .....	6
<b>Tabela 5.</b> Comparação das emissões da demanda de energia do Setor Agropecuário entre os cenários .....	6
<b>Tabela 6.</b> Dados estimados de PIB e de demanda total de energia para o período de 2020 a 2030 .....	10
<b>Tabela 7.</b> Estimativas de PIB Agropecuário nos diferentes Cenários de Mitigação gerados pelo IMACLIM, comparadas com as do Cenário de Plano Governamental .....	11

## Introdução

Neste capítulo, são apresentados os resultados da modelagem do setor agropecuário no que se refere às estimativas da evolução do seu consumo de energia e respectivas emissões de gases de efeito estufa até o ano de 2030. São construídos três cenários de emissão: o Cenário do Plano Governamental (CPG) onde são estimadas as emissões decorrentes das estimativas do consumo energético do setor agropecuário realizadas pelo governo e dois Cenários de Mitigação Adicional (MA1 e MA2) que consideram uma mesma medida de mitigação no setor agropecuário, entretanto sob quatro hipóteses diferentes de evolução macroeconômica. Tais hipóteses são resultado da adoção de medidas de mitigação nos diversos setores da economia brasileira, sendo os MA2 mais ousados do que os MA1, que são simulados ainda com a adoção de taxas de carbono sobre combustíveis no valor de US\$100/tCO<sub>2</sub>e e US\$ 20/tCO<sub>2</sub>e, respectivamente. Desta forma, as simulações neste setor perfazem cinco cenários: CPG, MA1 (comando & controle), MA1+T (c&c com taxa de carbono), MA2 (comando & controle) e MA2+T (c&c com taxa de carbono).

A modelagem macroeconômica foi realizada pelo modelo IMACLIM-BR. Este modelo de equilíbrio geral tem como característica a capacidade de representar a estrutura da economia brasileira e seus inúmeros fluxos energéticos, e ainda de testar hipóteses de mitigação de GEE permitindo a construção de cenários para um dado horizonte de tempo<sup>1</sup>.

### Apresentação do Setor

O setor agropecuário inclui diversas atividades, sendo as principais: agricultura, pecuária bovina, suinocultura, avicultura, silvicultura e extrativismo. Em 2005, o consumo de energia pelo setor correspondeu a 5,1% do total consumido no país<sup>2</sup> e a estimativa é que essa parcela seja reduzida para 4,0% em 2030, de acordo com o PNE 2050 (EPE, 2014a). Percebe-se que, frente a outros setores, a participação relativa do setor agropecuário na demanda de energia é baixa, superando apenas os setores comercial e público, e tendendo a cair nas próximas décadas, embora apresente crescimento em termos absolutos.

---

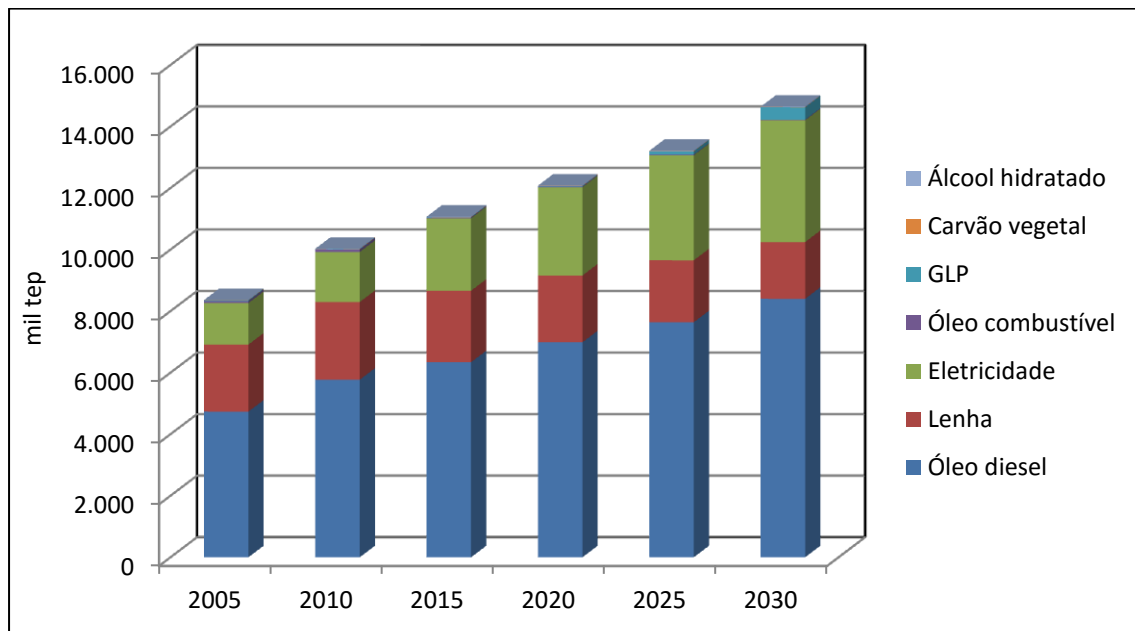
<sup>1</sup> Ver detalhes no capítulo sobre macroeconomia

<sup>2</sup> Exclusive setor energético.

## 1. Cenário de Plano Governamental (CPG)

O setor agropecuário possui poucos dados oficiais relacionados à questão energética para possibilitar a modelagem do consumo final de energia. Por falta de informações mais detalhadas, não foi possível separar a demanda de energia por atividade e por uso final. Ainda sim, mais da metade do total de energia final consumida pelo setor ao longo dos anos vem sendo óleo diesel; praticamente todo ele utilizado em usos do tipo *força motriz*, de acordo com o Balanço de Energia Útil (BEU). Sabe-se que a maior parte desse uso acontece em máquinas agrícolas móveis. Além da força motriz, o BEU sinaliza outros usos finais da energia nesse setor: iluminação, refrigeração, aquecimento direto e calor de processo.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) e com as estimativas do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), outros energéticos muito consumidos pelo setor são a lenha, por qual a demanda absoluta tende a diminuir a partir de 2015, e a eletricidade, por qual a demanda do setor vem aumentando desde 2005 e tende a continuar crescendo (Figura 1). A eletricidade é usada principalmente na irrigação de cultivos e na refrigeração de produtos da atividade pecuária. Já a lenha é usada principalmente na secagem de grãos, e para aquecimento de ambiente na atividade pecuária.



Fonte: EPE (2013) e EPE (2014a)

**Figura 1.** Consumo final de energia (ktep) do Setor Agropecuário no Cenário de Plano Governamental (CPG)



No Cenário do Plano Governamental, os valores de consumo de energia pelo setor agropecuário são dados pelo Balanço Energético Nacional (BEN) e pelas estimativas do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050). De acordo com EPE (2014b e 2014c), este cenário já considera certo aumento do grau de mecanização de culturas, especialmente a de cana-de-açúcar, e também do grau de cobertura da irrigação. Considera também um aumento da produção para atender ao aumento da demanda de alimentos e biocombustíveis. A produção aumentaria através do aumento da produtividade agrícola e também da área plantada, assim como pelo lento, mas gradual aumento do grau de confinamento do gado.

## 1.1. Premissas Utilizadas na Modelagem

**Conforme já explicado, no CPG, os valores de consumo de energia pelo setor agropecuário são dados pelo Balanço Energético Nacional (BEN) e pelas estimativas do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050). Já nos cenários de mitigação adicionais, utilizou-se um simples modelo econométrico para gerar uma resposta de demanda de energia do setor em função da variação do PIB em cada variante de cada cenário de mitigação. Assim, as novas estimativas de PIB anuais geradas pelo modelo de equilíbrio geral para cada cenário foram aplicadas neste modelo, gerando novas estimativas anuais do total de demanda de energia do setor, a partir das quais foram calculadas as emissões (**

**PAGEREF \_Ref455072076 \# "ver anexo" \\* DollarText \h ver anexo metodológico**

).

As participações de cada fonte de energia no total do setor para cada ano analisado (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) foram mantidas as mesmas do Cenário de Plano Governamental em todos os cenários de mitigação adicional.

## 1.2. Medidas de Mitigação já Incluídas no CPG

O Cenário de Plano Governamental considera o uso de 7% de biodiesel misturado ao óleo diesel até o ano de 2030. Essa medida é uma decisão extra setorial e reduz o consumo do combustível fóssil em todos os setores que usam o óleo diesel com mistura, substituindo-o por um combustível renovável, cujas emissões de CO<sub>2</sub> são anuladas com a absorção do carbono durante o crescimento da matéria-prima.

### 1.3. Resultados Finais

A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados da demanda de energia Setor Agropecuário no Cenário de Plano Governamental.

**Tabela 1.** Evolução dos indicadores entre os anos de 2005 e 2030 no Cenário de Plano Governamental

Subsetor	CPG	
	2005	2030
Nível de atividade (k tep)	8.357,50	14.642,96
Nível de atividade (número índice)	1	1,75
Emissões totais (MtCO <sub>2</sub> e)	15,65	26,12
Emissões (número índice)	1	1,67
Intensidade de emissões (tCO <sub>2</sub> e/ tep)	1,87	1,78

Fonte: IES-BRASIL (2015)

O aumento das emissões é menor que o aumento do nível de atividade, no caso, demanda de energia do setor. Enquanto que o nível de atividade aumentou 75% de 2005 para 2030, as emissões aumentaram apenas 67%, e assim a intensidade de emissões caiu de 1,87 para 1,78 tCO<sub>2</sub>e/tep. Essa queda pode ser explicada principalmente pela redução do uso de lenha no setor e pela mistura de biodiesel ao óleo diesel em 2030 (7%) em relação a 2005 (praticamente inexistente), pois são os combustíveis mais consumidos no setor.

Embora não sejam contabilizadas as emissões de CO<sub>2</sub> da queima da lenha, as emissões de CH<sub>4</sub> são muito altas se comparadas às emissões desse gás na queima do óleo diesel e outros combustíveis fósseis, pois o fator de emissão de CH<sub>4</sub> para a queima da lenha chega a ser mais de 100 vezes mais alto que o da queima de óleo diesel. O fator de emissão de N<sub>2</sub>O da queima da lenha também é quase duas vezes maior que o do óleo diesel.

## 2. Cenários de Mitigação Adicional 1 e 2 (MA1 e MA2)

Nenhuma medida de mitigação adicional específica para o consumo de energia do setor agropecuário foi adotada, devido principalmente à dificuldade já mencionada em relação aos dados. Foi adotada apenas a medida extra setorial que propõe aumentos adicionais do percentual de biodiesel no óleo diesel em relação ao previsto no Cenário de Plano Governamental.

### 2.1. Medidas de mitigação já previstas no CPG cujo alcance foi ampliado

O aumento de biodiesel misturado ao óleo diesel abate emissões em todos os setores que utilizam esse combustível, inclusive o Agropecuário.

No cenário de Plano Governamental, considerou-se que a quantidade de biodiesel no óleo diesel seria mantida a mesma adotada no fim de 2014, de 7%, até o ano de 2030.

No cenário de Mitigação Adicional 1, o percentual atual de 7% de biodiesel adicionado ao óleo diesel permaneceria o mesmo até o final de 2019, aumentando para 10% a partir de 2020 e permanecendo até 2030.

No cenário de Mitigação Adicional 2, o percentual atual de 7% de biodiesel adicionado ao óleo diesel permaneceria o mesmo até o final de 2019, aumentando para 10% a partir de 2020 e aumentando para 12,5% a partir de 2025. Em 2030 passaria a ser 15%.

A Tabela 2 resume as informações dadas acima.

**Tabela 2.** Medida de mitigação adotada em todos os cenários

Medida	CPG	MA1	MA2
Aumento do percentual de biodiesel no óleo diesel	7% de 2015 a 2030	7% de 2015 a 2019; 10% de 2020 a 2030	7% de 2015 a 2019; 10% de 2020 a 2024; 12,5% de 2025 a 2029; 15% em 2030

Fonte: IES-Brasil (2015).

## 2.2. Novas medidas de mitigação

Não foram adotadas outras medidas de mitigação.

## 2.3. Resultados dos MA1 e MA2

Os resultados do Cenário de Mitigação Adicional 1 e do Cenário de Mitigação Adicional 2 para o ano de 2030 estão apresentados na Tabela 3

**Tabela 3.** Evolução dos indicadores entre os anos de 2005 e 2030 nos diferentes Cenários

Subsetor	2030					
	2005	CPG	MA1	MA1+T	MA2	MA2+T
Nível de atividade (ktep)	8.357,50	14.642,96	14.638,37	14.639,86	14.686,33	14.719,10
Nível de atividade (número índice)	1	1,75	1,75	1,75	1,76	1,76
Emissões totais (MtCO <sub>2</sub> e)	15,65	26,12	25,33	25,34	24,11	24,16

Emissões (número índice)	1	1,67	1,62	1,62	1,54	1,54
Intensidade de emissões (tCO <sub>2</sub> e/tep)	1,87	1,78	1,73	1,73	1,64	1,64

Fonte: IES-Brasil (2015).

No Cenário de Mitigação Adicional 1, observa-se que, além da maior penetração da medida de mitigação contribuir para uma redução das emissões se comparado ao Cenário de Plano Governamental, a demanda total de energia considerada também foi menor tanto em sua versão Comando & Controle, quanto em sua versão C & C com taxa de carbono. A demanda total de energia foi modelada no MA1 e no MA1+T em consonância com os respectivos PIB em relação ao PIB das atividades agropecuárias do CPG.

Nos Cenários de Mitigação Adicional 2, repara-se que, apesar do aumento da demanda total de energia modelada nas duas versões do Cenário (MA2 e MA2+T), as emissões totais foram mais baixas em relação ao Cenário de Plano Governamental (CPG) por causa da maior penetração da medida de mitigação adotada, inclusive também em relação aos Cenários de Mitigação Adicional 1, nos anos finais.

A Tabela 4 apresenta a demanda energética do setor.

**Tabela 4.** Resultados de demanda de energia do Setor Agropecuário em todos os Cenários

Cenário	Demanda Total de Energia (ktep)					
	1990	2000	2010	2020	2025	2030
CPG	6027	7322	10.029	12.078	13.210	14.643
MA1	6027	7322	10.029	12.063	13.247	14.638
MA1+T	6027	7322	10.029	12.064	13.248	14.640
MA2	6027	7322	10.029	12.093	13.286	14.686
MA2+T	6027	7322	10.029	12.113	13.313	14.719

Fonte: IES-Brasil (2015).

A Tabela 5 e a Figura 2 comparam os resultados das emissões entre todos os cenários, enquanto a Figura 3 faz uma comparação entre os abatimentos obtidos entre os cenários de mitigação adicional e o CPG.

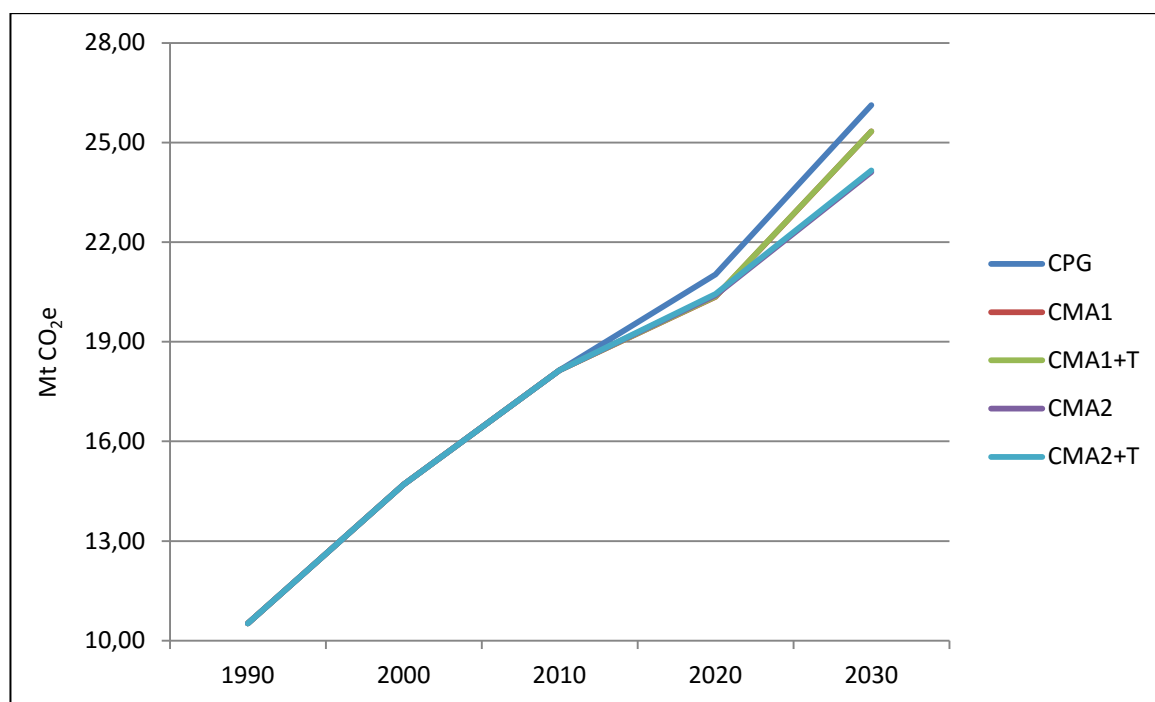
**Tabela 5.** Comparação das emissões da demanda de energia do Setor Agropecuário entre os cenários

Cenário	1990	2000	2010	2020	2025	2030
	Mt CO <sub>2</sub> e					
CPG	10,52	14,70	18,15	21,03	23,15	26,12
MA1	10,52	14,70	18,15	20,36	22,50	25,33

MA1+T	10,52	14,70	18,15	20,36	22,50	25,34
MA2	10,52	14,70	18,15	20,40	21,97	24,11
MA2+T	10,52	14,70	18,15	20,44	22,02	24,16

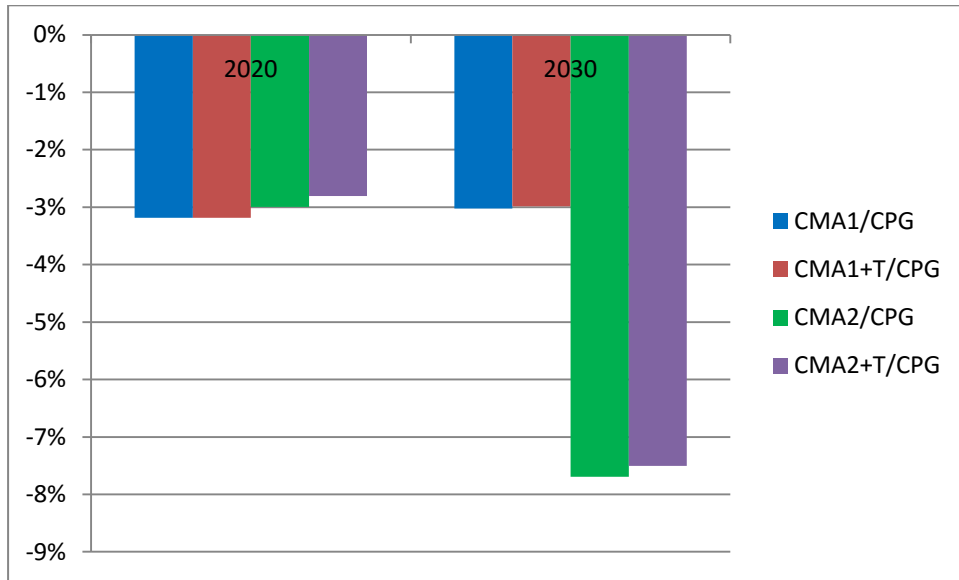
Fonte: IES-Brasil (2015).

Nota: as emissões da geração de eletricidade estão computadas no capítulo de Oferta de Energia.



Fonte: MCTI (2015) e IES-Brasil (2015).

Figura 2. Evolução das emissões do consumo de energia pelo Setor Agropecuário em todos os Cenários (Mt CO<sub>2</sub>e), - 1990 - 2030



Fonte: IES-Brasil (2015).

**Figura 3.** Variação das emissões do Setor Agropecuário (%) nos Cenários de Mitigação Adicional em relação ao Cenário de Plano Governamental

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2013. Balanço Energético Nacional 2013. Rio de Janeiro: MME/EPE.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2014a. Plano Nacional de Energia 2050. Rio de Janeiro: MME/EPE.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2014b. Nota Técnica DEA 13/14 - Demanda de Energia 2050. Série 'Estudos da Demanda de Energia'. Rio de Janeiro: MME/EPE.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2014c. Nota Técnica DEA 10/14 - Consumo de Energia no Brasil - Análises Setoriais. Série 'Estudos da Eficiência Energética'. Rio de Janeiro: MME/EPE.

MCTI (2015) - 3º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência, versão disponibilizada para consulta pública.

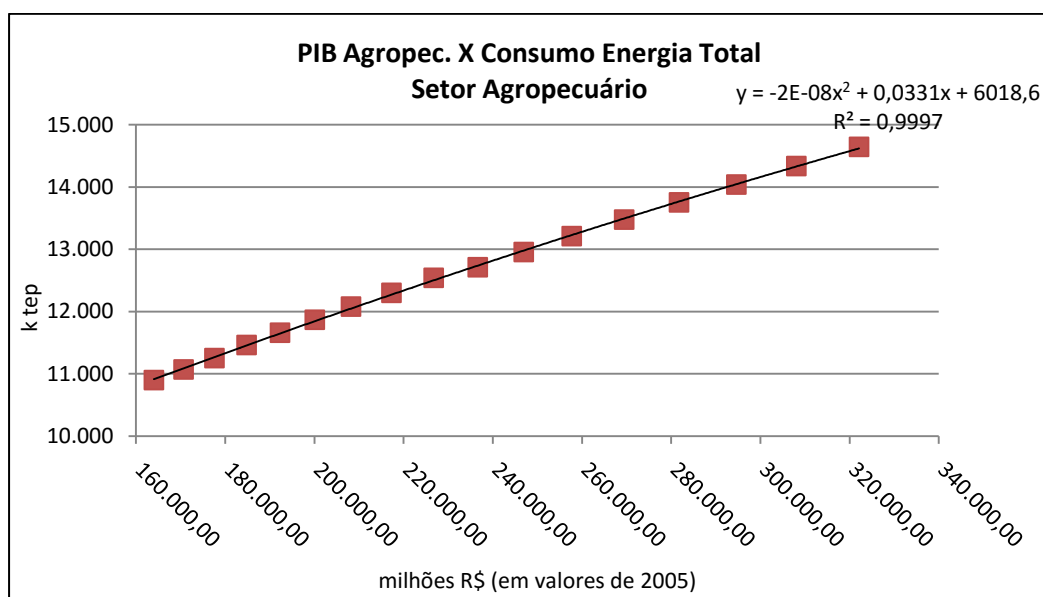
## ANEXO METODOLÓGICO

A curva de dispersão apresentada na Figura 4 foi construída a partir de dados presentes na Tabela 6. Foram testadas outras funções analisando as estimativas de demanda de cada fonte de energia separadamente; no entanto, a função que gerou resultados mais próximos dos valores estimados foi a que utilizou os valores totais, somando todos os energéticos.

**Tabela 6.** Dados estimados de PIB e de demanda total de energia para o período de 2020 a 2030

Ano	PIB Agropecuário (milhões R\$ 2005)	Demanda Total de Energia (ktep)
2020	208.214,43	12.078,44
2021	217.287,23	12.298,85
2022	226.755,37	12.539,98
2023	236.636,08	12.710,10
2024	246.947,33	12.954,33
2025	257.707,89	13.209,72
2026	269.469,22	13.475,41
2027	281.767,31	13.751,48
2028	294.626,67	14.038,03
2029	308.072,91	14.335,16
2030	322.132,80	14.642,96

Fonte: Autora, a partir de IES-Brasil e EPE (2014a).



Fonte: Autora, a partir de IES-Brasil e EPE (2014a)

**Figura 4.** Correlação entre as estimativas de PIB e de demanda de energia do Setor Agropecuário.



As novas estimativas de PIB anuais geradas pelo modelo de equilíbrio geral para cada variante de cada cenário (Tabela 7) foram aplicadas na função polinomial extraída do gráfico de dispersão, gerando novas estimativas anuais do total de demanda de energia do setor (Tabela 6), a partir das quais foram calculadas as emissões.

**Tabela 7.** Estimativas de PIB Agropecuário nos diferentes Cenários de Mitigação gerados pelo IMACLIM, comparadas com as do Cenário de Plano Governamental

Cenário	PIB Agropec. (Milhões R\$ 2005)*		
	2020	2025	2030
<b>CPG</b>	208.214,43	257.707,89	322.132,80
<b>MA1</b>	209.017,37	258.868,53	323.746,11
<b>MA1+T</b>	209.054,16	258.921,72	323.820,05
<b>MA2</b>	210.204,77	260.584,91	326.131,90
<b>MA2+T</b>	211.019,33	261.762,37	327.768,58

\*Inclui o PIB da produção de biomassa para biocombustíveis.

