



Centro Clima

CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE
MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**Emissão de Gases de Efeito Estufa – 2050:
Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano
Governamental**

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ

Apoio:

Instituto Clima e Sociedade (ICS) WWF – Brasil



PROJETO IES-Brasil – 2050

**Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e
Mudanças Climáticas
(Centro Clima/COPPE/UFRJ)**

**Cenário de Emissão de GEE – 2050:
Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra**

Relatório Técnico

Autores

Michele Karina Cotta Walter

Ana Maria Rojas Méndez

Carolina B.S. Dubeux

Isabella da Fonseca Zicarelli

Emissão de Gases de Efeito Estufa – 2050: Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano Governamental

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ

COORDENAÇÃO GERAL

Emilio Lèbre La Rovere

COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Carolina Burle Schmidt Dubeux

MODELAGEM MACROECONÔMICA

William Wills (coordenador)

Julien Lefèvre

Carolina Grottera

Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU)

Carolina B.S. Dubeux (coordenadora)

Michele Karina Cotta Walter

Ana Maria Rojas Méndez

Isabella da Fonseca Zicarelli

Setor Energético

Amaro Olímpio Pereira Junior

(coordenador)

Sergio Henrique Ferreira da Cunha

Gabriel Castro

Mariana Weiss de Abreu

Setor Industrial

Amaro Olímpio Pereira Junior

(coordenador)

Felipe C.B. Santos

Carolina B.S. Dubeux

Setor de Resíduos

Carolina B.S. Dubeux

Angéli Viviani Colling

Setor de Transporte

*(Laboratório de Transporte
de Carga – LTC/COPPE/UFRJ)*

Márcio de Almeida D'Agosto

(coordenador)

Daniel Neves Schmitz Gonçalves

Luiza Di Beo Oliveira

Integração dos Modelos Energéticos de Demanda

Claudio Gesteira

Colaboração

Daniel Oberling

Saulo Machado Loureiro

Assistente de Coordenação

Isabella da Fonseca Zicarelli

Apoio

Carmen Brandão Reis

Elza Ramos

Sumário

1. Objetivo	1
2. Apresentação do Setor	2
3. Metodologia	4
3.1. Descrição da modelagem	4
3.2. Fórmulas	8
3.3. Dados Utilizados.....	10
4. Medidas de Mitigação Consideradas	13
4.1. Medidas de Mitigação Oriundas do Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono – Plano ABC.....	13
4.2. Medidas de Mitigação Derivadas da Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC)	17
4.3. Síntese das Medidas de Mitigação	21
4.4. Cálculo das Emissões Líquidas de AFOLU no CPG	24
5. Resultados obtidos	25
5.1. Oferta de Produtos Agropecuários	25
5.2. Produção, Produtividade e Área Plantada	28
5.3. Emissões Líquidas de AFOLU no CPG	33
6. Referências Bibliográficas	39
7. Prospecção Tecnológica	43
8. Avaliação Geral do Setor	57

Tabelas

Tabela 1.	Tecnologias de mitigação e potencial de penetração.	21
Tabela 2.	Oferta de produtos agropecuários.....	26
Tabela 3.	Produção das culturas agrícolas, floresta plantada de pinus e eucalipto e pecuária.....	29
Tabela 4.	Produtividade média das culturas analisadas e taxa de lotação da pecuária bovina	29
Tabela 5.	Área plantada das culturas agrícolas, floresta plantada e pastagem.....	30
Tabela 6.	Atividades e respectivas emissões e remoções de CO ₂ e do setor de AFOLU	34

Figuras

Figura 1.	Crescimento do PIB doméstico	5
------------------	------------------------------------	---

1. Objetivo

O objetivo deste relatório é apresentar as projeções do setor de AFOLU (sigla em inglês de *Agriculture, Forestry and Other Land Use*) no que tange à evolução da produção, produtividade e área plantada para o cenário denominado Cenário de Plano Governamental (CPG) até o ano de 2050. Também são propostas e avaliadas tecnologias de redução de emissão, em termos de custos e potencial de penetração, bem como apresentadas as emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE) do setor.

As estimativas obtidas no setor de AFOLU serviram de inputs para o modelo de equilíbrio geral IMACLIM-BR (WILLS, 2013). O modelo IMACLIM-BR representa a estrutura da economia brasileira e seus inúmeros fluxos energéticos, auxiliando na construção de cenários que permitem analisar os efeitos de políticas de mitigação no crescimento econômico e no desenvolvimento social, em um dado horizonte de tempo.

2. Apresentação do Setor

A área territorial do Brasil é de 851,5 milhões de hectares (IBGE, 2016). Segundo dados do relatório IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016) estima-se que 554 milhões são ocupados com vegetação nativa (354 com florestas e 200 milhões de hectares com cerrado e outras vegetações). Da área não ocupada por vegetação nativa, cerca de 86% estão sob uso agropecuário, sendo 60 milhões de hectares ocupados por agricultura e 198 milhões pela pecuária.

O setor agrícola é um dos principais setores da economia brasileira. O PIB do agronegócio totalizou 1,23 trilhões de reais em 2015 (CEPEA, 2016), representando 21,5% do PIB brasileiro, sendo o percentual da agricultura de 15,7% e da pecuária 6,8%. Em relação ao setor de florestas plantadas, este fechou o ano de 2015 com 1,2% de representação do PIB do Brasil e 6,0% do PIB industrial (IBÁ, 2016). Segundo a OECD/FAO (2015) esta participação representa uma pequena parcela diante do nível de desenvolvimento do país. A agricultura brasileira alcançou um forte crescimento nas últimas três décadas. A produção mais do que dobrou em volume, comparada ao nível registrado em 1990. A produção pecuária praticamente triplicou, principalmente com base nas melhorias da produtividade e o setor contribui de forma relevante para a balança comercial do país.

Desde o final dos anos 1990, poucos países cresceram tanto no comércio internacional do agronegócio quanto o Brasil (MAPA, 2016). O país é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários. É o primeiro produtor e exportador de café, açúcar, etanol e suco de laranja. Além disso, lidera o ranking das vendas externas do complexo de soja (grão, farelo e óleo) (MAPA, 2016). No início de 2010, um em quatro produtos do agronegócio em circulação, no mundo, eram brasileiros. A projeção do Ministério da Agricultura é que, até 2030, um terço dos produtos comercializados sejam do Brasil, em função da crescente demanda dos países asiáticos.

Dada a relevância do setor para a economia, a transição do atual modelo de produção agrícola para um modelo de baixa emissão de carbono é urgente. O setor é o segundo principal emissor de gases do efeito estufa (GEE) do país. Segundo o Terceiro Inventário Nacional de Emissões de GEE (BRASIL, 2016) o setor de Agricultura emitiu 473 milhões de tCO₂e em 2010 e o setor de Uso da terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas, incluindo calagem, 355 milhões de tCO₂e, representando esses dois subsetores cerca de 60% das emissões totais brasileiras (BRASIL, 2016).

A crescente demanda mundial por alimentos, pressionando cada vez mais a expansão da agropecuária, as emissões de GEE tendem a crescer ainda mais se tecnologias de baixa emissão de

carbono não forem adotadas. Por outro lado, o setor de AFOLU, em razão de suas características e de sua sensibilidade ao clima, é também um dos setores mais vulneráveis às mudanças climáticas. Embora as emissões do setor de AFOLU ainda sejam significativas, deve-se reconhecer o esforço recente de mitigação das emissões desde 2005, quando as emissões totalizaram 1.921 milhões tCO₂e. Ademais, deve se considerada a capacidade da agricultura de expandir sua produção em escala superior ao aumento das emissões, em razão de ganhos de produtividade.

3. Metodologia

As projeções das estimativas do setor de AFOLU estão divididas em: projeção da oferta dos produtos, que consiste da projeção das produções de grãos, cana-de-açúcar, madeira e pecuária, e projeção da área plantada, que consiste das projeções das áreas destinadas às culturas de cana-de-açúcar, soja, milho, outros grãos e florestas plantadas de eucalipto e pinus. Encontram-se descritas a seguir as metodologias utilizadas nas projeções.

3.1. Descrição da modelagem

Cenário Macroeconômico

O estudo realizado para o setor de AFOLU na primeira fase do projeto IES-Brasil (LA ROVERE et al, 2016) explorou os efeitos econômicos e sociais de cenários com diferentes conjuntos de medidas de mitigação de emissões de GEE, no Brasil, até o ano de 2030. Este estudo foi uma das principais fontes de dados para que se pudesse dar continuidade às estimativas das produções agropecuárias até o ano de 2050, com os devidos ajustes quanto às diferenças nos cenários macroeconômicos.

Para o cenário macroeconômico do presente estudo, consideraram-se taxas de crescimento do PIB doméstico menores do que as utilizadas na primeira fase do IES Brasil, como ilustrado na Figura 1. Como as atuais estimativas para o setor de AFOLU têm como base os novos valores de PIB, aplicou-se uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de aproximadamente 1,15%, entre os anos 2014 e 2023, para suavizar a queda do PIB, já que vários estudos apontam uma tendência de contínuo crescimento para o setor. Para o PIB mundial, consideraram-se as taxas de crescimento do PIB mundial da EPE até 2050 (EPE, 2015).

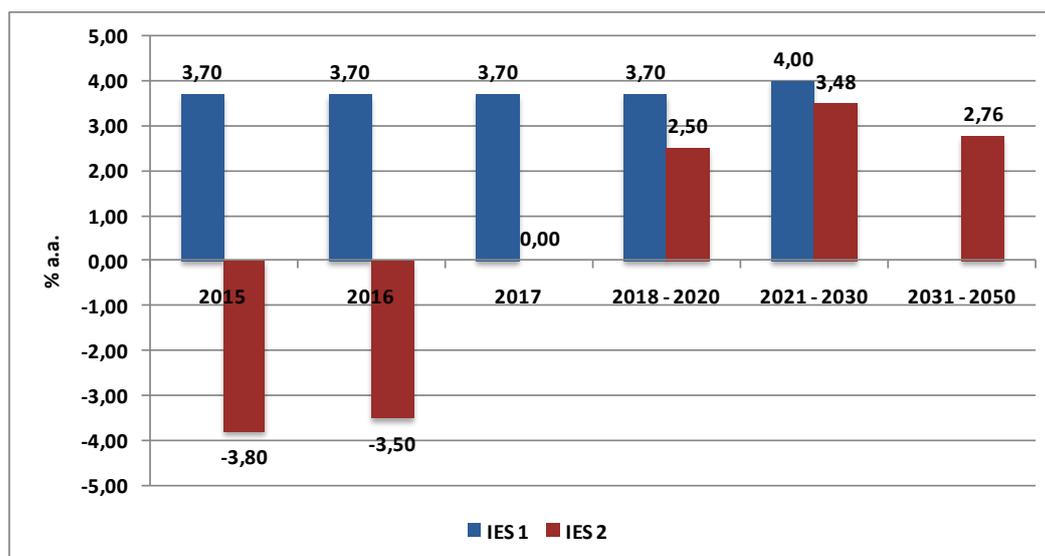


Figura 1. Crescimento do PIB doméstico

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da EPE (2016)

Projeção da oferta agropecuária e florestal

A projeção da produção agropecuária e florestal até 2050 foi calculada a partir da série histórica disponíveis em banco de dados estatísticos dos setores; dos valores de demandas de produtos agropecuários e florestais; das projeções de produção e de PIB doméstico e mundial do projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016) até o ano de 2030; e da projeção de PIB doméstico e mundial, utilizada no presente estudo, até o ano de 2050.

Os produtos considerados foram cana-de-açúcar, soja, milho (1ª e 2ª safra), outros grãos¹, pecuária de corte, pecuária de leite, suínos e florestas comerciais de eucalipto e pinus.

Correlacionando os dados de produção de milho, outros grãos, pecuária bovina e de leite e suínos e a série histórica do PIB doméstico do projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016), até o ano de 2030, foram geradas funções logarítmicas de produção para esses produtos. Aplicando os valores da projeção do PIB doméstico do presente estudo nessas funções, foram obtidos então, os valores de produção até o ano de 2050.

¹ As culturas consideradas em outros grãos são: algodão, amendoim, arroz, aveia, centeio, cevada, ervilha, fava, feijão, girassol, mamona (em baga), sorgo, trigo e triticale. Essas culturas são de lavoura temporária e, juntamente com soja, milho e cana-de-açúcar, foram responsáveis por ocupar 89% da área plantada de culturas temporárias e permanentes do Brasil, em 2015 (IBGE, 2015).

A projeção de produção de grãos de soja é função das produções de grãos para consumo doméstico e para exportação. A produção de grãos para consumo doméstico e as produções de farelo e óleo de soja são funções da demanda de biodiesel do setor energético. O óleo de soja representa 75% da matéria-prima total utilizada para a produção de biodiesel e, em média, 36,7% da produção total de óleo de soja é utilizada para produção de biodiesel até 2050. Para o período de 2016-2025, a razão utilizada entre a produção de óleo de soja total e o grão de soja para estimar a produção de grãos de soja para o consumo doméstico foi de 0,165 (BRASIL-MAPA, 2015). De 2026-2050, utilizou-se a razão média entre os períodos de 2001-2015 e 2016-2025, chegando ao valor de 0,172. A produção de grãos para exportação foi calculada utilizando uma função logarítmica que correlaciona a série histórica do PIB mundial do projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016) e a produção de soja para exportação, até 2030. A partir dos valores de projeção de PIB mundial do presente estudo, foram calculadas as exportações de grãos de soja até 2050.

A projeção da produção de cana-de-açúcar no período de 2015 a 2050 foi realizada visando atender o consumo doméstico (demandado pelo setor de indústria), exportação de açúcar e o consumo doméstico de etanol para fins energéticos, não energéticos e para exportação (demandado pelos setores de transportes, indústria e agropecuário). Até o ano de 2020, considera-se o plantio de cana-de-açúcar para produção de açúcar e de etanol de primeira geração (E1G). A partir de 2020, considera-se a introdução gradual da cana-energia como biomassa adicional para produção do etanol. Tanto para as variedades de cana (cana-de-açúcar e cana energia) quanto para a produção agroindustrial de etanol de primeira geração (E1G) e de segunda geração (E2G) foi considerado um aumento gradual de produtividade. Considerou-se que entre os anos de 2020 e 2050 haverá uma produção crescente de etanol de segunda geração que inicia com percentual de 1% da produção em 2020 e atinge 20% em 2050.

A projeção da produção de madeira oriunda de florestas plantadas de pinus e eucalipto foi feita visando atender a demanda dos segmentos de energia, celulose e papel e outros usos (serraria, laminados, móveis, etc.). Foi utilizada a série histórica de dados de produção do Anuário Brasileiro da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (ABRAF, 2013) e dados da Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (IBÁ, 2016) até o ano de 2015. Para o período de 2016-2030 foram utilizadas as projeções do Projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016). Correlacionando as projeções de madeira oriunda de florestas plantadas até o ano de 2030 e a série histórica de PIB doméstico, ambos do projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016), foi gerada uma função logarítmica de produção que, aplicada à projeção de PIB doméstico do presente estudo, gerou valores para a

produção total de madeira oriunda de floresta plantada. Paralelamente, foi projetada a quantidade de madeira necessária para atender às demandas para fins energéticos (carvão vegetal e lenha) pelos setores energético, industrial, residencial, serviços e agropecuário e, para atender à demanda do setor de celulose e papel, projetada pelo setor industrial. A quantidade de madeira para suprir a demanda dos outros usos foi calculada por meio da diferença da madeira total projetada ao longo dos anos e a quantidade de madeira demandada.

Considerou-se que a demanda de madeira vem sendo suprida tanto por florestas plantadas quanto por florestas naturais e dessa forma se dará até o ano de 2030. A partir de 2030, a madeira será originária apenas de florestas plantadas. Os percentuais de fornecimento de cada fonte foram obtidos em IBGE/PEVS (2016).

Projeção da área plantada

A projeção anual de área plantada das culturas analisadas foi feita considerando a produção anual, em toneladas, e a produtividade média por hectare (t/ha).

Para a produtividade de grão de soja, considerou-se o aumento da produtividade de 2,9 t/ha em 2014 (IBGE, 2016) para 4,8 t/ha em 2050 de acordo o cenário econômico do Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2015). A partir das projeções de produção e produtividade de grão de soja, estimou-se a área destinada para plantio de soja até 2050. Há um crescimento de 83% da área de soja no período de 2014-2050.

Para milho, considerou-se o aumento de produtividade total de 5,04 t/ha em 2014 (IBGE, 2016) para 10,6 t/ha em 2050 (EPE, 2015). O valor de produtividade considerado para o ano de 2050 é similar ao valor de produtividade do milho em países em desenvolvimento da projeção da FAO no ano de 2050 (FAO, 2015). A partir das projeções de produção e produtividade de milho, estimou-se a área destinada para plantio de milho até 2050. Há um crescimento de -1% da área no período 2014-2050.

Não haverá necessidade de novas áreas para expansão da produção de milho, pois as áreas de soja liberam a maior parte das áreas requeridas pelo milho (BRASIL-MAPA, 2015). Considerou-se a premissa de que, até o ano 2030, a área de milho de 2ª safra será igual a 11.412 mil hectares, área estimada no Projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016). Entre 2030 e 2050, a área de milho de 2ª safra cresce linearmente até alcançar 83% da área total de plantio de milho.

Para estimar a área de outros grãos, considerou-se um aumento da produtividade média de 2,63 t/ha em 2014 (IBGE, 2016) para 5,72 t/ha em 2050. A projeção até 2050 dessa produtividade foi calculada através de uma taxa de crescimento anual composta (CAGR, em inglês) de aproximadamente 2,2%, aplicada entre o período de 2015-2050. Usando esta projeção e a projeção da produção, estimou-se a área destinada para a produção do resto dos grãos até 2050. Há um crescimento de -27% da área de outros grãos no período de 2014-2050.

Para a estimativa da área de rebanho bovino, adotaram-se as taxas de lotação estimadas pelo Projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016) até 2030 e, entre 2030 e 2050, considerou-se um aumento linear da taxa de lotação até a meta de 2,21 cabeças de gado por hectare em 2050 (EPE, 2015). Com as projeções de cabeças e taxa de lotação de gado bovino, estimou-se a área de pastagens utilizada pelo mesmo até 2050. Há um crescimento de -41% da área de pastagem no período de 2014-2050.

A área plantada de cana-de-açúcar foi projetada considerando a demanda de cana para atender o setor sucroalcooleiro (produção de açúcar e de etanol 1G e 2G) e a produtividade da cultura. Para a cana-de-açúcar, considerou-se um aumento da produtividade de 67,7 t cana/ha em 2010 (Única, 2016) para 106,4 t cana/ha em 2050 (EPE, 2015). Para a cana energia, adotada a partir de 2020, a produtividade variou de 250 t/ha a 380 t/ha (CGEE, 2015). Os valores de produtividade agroindustrial de E1G e E2G (litros etanol/ha) foram utilizados para obter a área plantada de cana destinada à produção de etanol de primeira e de segunda geração.

A área total de florestas plantadas de eucalipto e pinus para fins comerciais foi projetada visando atender a demanda de madeira dos segmentos de celulose e papel, energia (carvão vegetal e lenha) e para outros usos (madeira serrada, laminados, móveis, etc). Foi utilizada a projeção da produção necessária para atender a demanda dos setores e a produtividade média das culturas de eucalipto e pinus. Considerou-se uma produtividade média variando de 36 a 40 m³/ha.ano⁻¹ no período de 2010 a 2015 (CGEE, 2015) e de m³/ha.ano⁻¹ a partir de 2016.

3.2. Fórmulas

Soja

Produção de soja para exportação (t) = F (log (PIB, histórico de exportação de grão))

Produção de grão de soja consumo doméstico (t) = F(óleo de soja (F(demanda de biodiesel)))

Produção Soja Total (t) = Produção para consumo doméstico de grãos (t) + Produção de grãos para exportação (t)

Rendimento (t)/ha = meta de rendimento PNE em 2050

Área plantada de soja (ha) = Produção (t) / Rendimento (t/ha)

Milho

Produção Milho Total (t) = F(log (PIB, histórico de produção Milho))

Produção de Milho 1 da safra (t) = Produção de Milho primeira safra em 2014 (t)

Produção de Milho 2 da safra (t) = Produção de Milho Total – Produção de Milho de Primeira safra (t)

Rendimento (t)/ha = meta de rendimento do milho do PNE em 2050

Área plantada de Milho Total (ha) = Produção (t) / Rendimento (t/ha)

Área plantada de Milho 1a safra (ha) = Área plantada de Milho 1a safra em 2014 (ha)

Área plantada de Milho 2a safra (ha) = Em 2030: Projeção IES1 de Área plantada de milho de segunda safra (ha), em 2050: 81% da área plantada de milho total (ha)

Outros grãos

Produção outros grãos (t) = F(log (PIB, histórico de produção outros grãos))

Rendimento outros grãos (t/ha) = Taxa de crescimento anual composta (CARG em inglês) do rendimento entre 2000 – 2014

Área plantada de outros grãos Total (ha) = Produção (t) / Rendimento (t/ha)

Rebanho Bovino

Cabeças de gado bovino (cab) = F(log (PIB, histórico do número de cabeças))

Taxa de lotação (cab/ha) = meta de taxa de lotação do PNE em 2050

Área Rebanho Bovino Total (ha) = Cabeças de gado bovino (t) / Taxa de lotação (cab/ha)

Cana-de-açúcar

Produção de Cana-de-açúcar (t) = Produção demandada de açúcar (t) / Rendimento de açúcar (t açúcar/t cana)

Área plantada de cana-de-açúcar para açúcar (ha) = Produção (t) / Produtividade (t/ha)

Área plantada de cana para etanol (ha) = Produção de etanol / Rendimento agroindustrial do etanol (l/ha).

Florestas Plantadas

Área (ha) = Produção de madeira (m³)/Produtividade (m³/ha.ano⁻¹)

3.3. Dados Utilizados

Soja e derivados

Para projeção da produção e da área de soja e produção de derivados foram usados os seguintes dados: série histórica da produção de biodiesel da ANP correspondente ao período de 2005-2015; série histórica da produção de soja, óleo de soja e farelo de soja do IBGE correspondente ao período de 2000-2014 (IBGE, 2016); projeções de produção de grão de soja, óleo de soja e farelo de soja do estudo do MAPA (MAPA, 2016); projeção da produtividade de grão de soja de 4,8 t/ha em 2050 (EPE, 2015).

Milho

Para projeção da produção e da área de milho foram usados os seguintes dados: série histórica da produção total de milho, milho 1^a e 2^a safras do IBGE correspondente ao período de 2000-2014 (IBGE, 2016); projeções de produção e área do estudo do MAPA (MAPA, 2016); projeção da produtividade de milho de 10,6 t/ha em 2050, de acordo com a EPE (EPE, 2015).

Outros grãos

Para projeção da produção e da área de outros grãos foram usados os seguintes dados: série histórica da produção e área de grãos (14 culturas, incluindo mamona) do IBGE correspondente ao período de 2000-2014 (IBGE, 2016).

Pecuária

Para projeção da pecuária foram usados a série histórica de dados de cabeças de gado bovino, leiteiro, suínos e aves do IBGE correspondente ao período de 2000-2014 (IBGE, 2016); projeções da taxa de lotação (cabeças de rebanho bovino/hectare) do Projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016) até 2030 e da EPE (EPE, 2015); nível de degradação de pastagens do estudo do observatório do Plano ABC (Plano ABC, 2015).

Cana-de-açúcar

Os dados de produção de cana-de-açúcar para o período de 2015 a 2050 foram projetados com base na demanda nacional e exportação de açúcar, oriunda do setor industrial e, na demanda total de etanol para fins energéticos, não energético e exportação, projetada pelos setores de transportes e industrial. Considerou-se que 1 tonelada de cana produz 0,132 toneladas de açúcar (média calculada com dados dos últimos 5 anos) (BRASIL, 2015).

Os percentuais de cana-de-açúcar destinados para produção de açúcar e de etanol variaram, respectivamente, de 50 % e 50% em 2005 a 40% e 60% em 2024. Em 2050, o share da produção de cana foi de 43% para açúcar e 57% para etanol. Esses dados foram corroborados as projeções da OECD/FAO (OECD/FAO, 2015) até o ano de 2024.

Os dados de produtividade correspondente ao período de 2010 a 2015 tiveram como fonte a União da Indústria de cana-de-açúcar (Única, 2016), entre 2016 a 2024 foram utilizados dados do Mapa (MAPA, 2016) e de 2025 a 2050 dados do cenário econômico 2050 do Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2015). Os valores de produtividade variaram de 67,7 t /ha em 2010 a 106,6 t/ha. Este último valor aproxima-se daquele estimado pela FAO (FAO, 2015), que é de 104 t cana/ha. Para a cana energia, adotada a partir de 2020 a produtividade variou de 250 t/ha a 350 t/ha (CGEE, 2015).

A quantidade de cana necessária para atender a demanda de etanol projetada até 2050 foi obtida utilizando valores de rendimento agroindustrial (CGEE, 2015) para produção de etanol de primeira e de segunda geração. Para o etanol de primeira geração esses valores variam entre 6.490 l/ha em 2015 a 8.660 l/ha em 2050 (CGEE, 2015). O de segunda geração entre 7.260 l/ha em 2015 a 18.610 l/ha em 2050 (CGEE, 2015).

Florestas Plantadas

Foi usada a série histórica de produção de madeira e área plantada de florestas de pinus e eucalipto, referente ao período de 2010-2012 da ABRAF (Abraf, 2013) complementada com dados do IBÁ (IBÁ,

2016) até o ano de 2015. No período de 2016-2030 foram utilizadas as projeções do Projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016) para gerar a curva logarítmica de produção de madeira até 2050.

Para o cálculo da quantidade de madeira usada na queima direta e produção do carvão vegetal foram adotados os valores de poder calorífico do carvão vegetal = 6.460kcal/cal (BEN, 2015), poder calorífico da lenha = 3.100kcal/t (BNDES, 2015), densidade do carvão= 250kg/m³ (BEN, 2015), densidade da lenha = 500kg/m³ (BNDES, 2015). Considerou-se uma melhoria na eficiência da produção do carvão vegetal, o que resultou no incremento do rendimento gravimétrico do carvão, partindo de 26% em 2015 para 33,5% em 2050, conforme CGEE (2015).

A quantidade de madeira necessária para atender a demanda do segmento de celulose e papel foi projetada utilizando a proporção de produção de celulose/tonelada de madeira. A produtividade média para madeira de eucalipto aos sete anos de idade, variou de 36 a 40 m³/ha.ano⁻¹ no período de 2010 a 2015 (CGEE, 2015) e foi considerada constante a partir de 2016 (Abraf, 2013, IBÁ, 2016, CGEE, 2015).

4. Medidas de Mitigação Consideradas

4.1. Medidas de Mitigação Oriundas do Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono – Plano ABC

Durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15), o governo brasileiro divulgou o seu compromisso voluntário de redução entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) projetadas para 2020, estimando o volume de redução em torno de um bilhão de toneladas de CO₂ equivalente. As metas de redução de emissões voluntárias foram ratificadas na Lei que institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMC (MAPA; MDA, 2011).

Para cumprimento das metas do setor agrícola foi instituído o “Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura” conhecido como Plano ABC (BRASIL, 2012).

O Plano ABC prevê um potencial de mitigação equivalente a 133,9 a 162,9 milhões de Mg CO₂e. para o ano de 2020 (BRASIL, 2012). Para atingir esta meta o plano ABC foi estruturado nos seguintes programas: Recuperação de Pastagens Degradadas; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs); Sistema Plantio Direto (SPD); Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN); Florestas Plantadas e Tratamento de Dejetos Animais (BRASIL, 2012).

No contexto do Plano ABC foram selecionadas medidas de mitigação e suas respectivas metas para compor o cenário de referência projetado neste estudo, até o ano 2020. Ressalta-se que para algumas medidas foram adotadas algumas flexibilizações referentes às metas de redução e ao prazo de cumprimento. As medidas adotadas no setor de AFOLU, bem como sua descrição e taxas de penetração encontram-se descritas a seguir.

i. Sistema de Plantio Direto (SPD)

O SPD na palha consiste em um complexo de processos tecnológicos destinados a exploração de sistemas agrícolas produtivos, compreendendo mobilização de solo apenas na linha ou cova de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo, diversificação de espécies e minimização ou supressão do intervalo de tempo entre colheita e semeadura (Brasil, 2012). O Plano ABC estabelece como meta a expansão de 8 milhões de ha do Sistema Plantio Direto no período de 2011-2020. Esta meta foi incorporada ao CPG até o ano de 2020. Após 2020, considera-se que o SPD é implantado em 100% da área plantada de grãos adicional.

ii. Fixação Biológica de Nitrogênio (milho)

A fixação biológica de nitrogênio reduz a aplicação de fertilizantes nitrogenados por meio do uso de inoculantes. As principais lavouras candidatas a essa tecnologia são soja e milho.

Para atingir uma produtividade de 3.000 kg/ha na soja, é necessário aplicar 240 kg de nitrogênio por ha (Hungria, M. et al., 2001), enquanto com a fixação biológica de nitrogênio esse volume cai para menos de 10 kg de fertilizantes nitrogenados por ha. Esta tecnologia já está sendo adotada em 100% da produção de soja (EMBRAPA, 2012b).

No caso do milho, a fixação biológica de nitrogênio com o uso de inoculantes ainda não é uma prática consolidada. O Plano ABC estabelece como meta a expansão de 5,5 milhões de hectares da fixação biológica até o ano 2020. Considerou-se a aplicação da tecnologia em 100% da área de soja e 10% da área das outras culturas, no período de 2015-2050, atingindo a meta do Plano ABC para o ano de 2020.

iii. Integração Pecuária Florestas

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema. Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são descritos como sistemas de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas e forrageiras, em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações desses componentes (MAPA, 2016).

A iLPF e os SAFs buscam melhorar a fertilidade do solo com a aplicação de técnicas e sistemas de plantio adequados para a otimização e a intensificação de seu uso. Dessa forma, permite a diversificação das atividades econômicas na propriedade e minimiza os riscos de frustração de renda por eventos climáticos ou por condições de mercado (Brasil, 2012).

As duas técnicas também reduzem o uso de agroquímicos, a abertura de novas áreas para fins agropecuários e o passivo ambiental. Possibilita, ao mesmo tempo, o aumento da biodiversidade e do controle dos processos erosivos com a manutenção da cobertura do solo (Brasil, 2012).

Segundo o Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV, atualmente, os sistemas de ILPF completos, isto é, aqueles que contemplam as espécies agrícolas, pastagem e floresta conjuntamente ainda são pouco adotados (EMBRAPA, 2015). Soma-se a isto a maior complexidade atrelada às implicações econômicas e o cálculo da potencial redução de GEE associada à componente lavoura em sistemas integrados (GVces, 2015). Estes fatores motivaram a escolha de um sistema integrado IPF ou SAFs.

Portanto, considerou-se no cenário de Plano Governamental só iPF, com 40% pastagens e 60% florestas a cada ano. Para a reforma de pasto utilizou-se a braquiária e o componente arbóreo eucalipto em sistemas integrados. Foram consideradas a meta de 2 milhões de hectares até 2020, e mais 3 milhões no período de 2020-2030, totalizando 5 milhões de ha em 2030. Entre 2030 e 2050 a penetração da tecnologia é zero.

Na análise de custos foram considerados três tipos de investimentos iniciais: investimento para florestas (preparação terreno, transporte e distribuição de mudas, plantio e irrigação, etc), investimento para pastagem (gradagem aradora, de nivelamento, de incorporação, semeadura e adubação) e investimento para infraestrutura (construção de euca-cercas, instalação de aguadas, saieiras e postes, etc). O investimento inicial total foi estimado em R\$ 2.012/ha (reais de 2015).

iv. Recuperação de Pastagens Degradadas

A recuperação da pastagem, por meio da elevação da produtividade primária da pastagem, eleva os aportes de carbono para o solo e, em consequência, sendo uma importante forma de remoção de grandes quantidades de CO₂ atmosférico (FAO, 2009; ALVES et al., 2008). Além disso, o aumento do desempenho dos animais em pastos recuperados resulta em redução das emissões por unidade de produto (LENG, 1991; HOWDEN E REYENGA, 1999).

No CPG, adotou-se a migração de pastagens de baixa tecnologia para média tecnologia, assumindo essa migração como *proxí* para recuperação de pastagens. A migração de sistemas significa a adoção de um novo pacote tecnológico que inclui correção e fertilização do solo, maior rigor no calendário de vacinas, entre outros. Para a reforma de pasto utilizou-se a braquiária.

Os custos de produção consideram apenas a produção dentro da propriedade rural (recria e engorda) até a venda do boi gordo para a indústria.

No CPG, considerou-se a meta do Plano ABC de recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas por meio do manejo adequado e adubação, com flexibilização de prazo, estendendo do

ano de 2020 para 2030. Foram consideradas mais 15 milhões de hectares de pastagens recuperadas no período de 2030 a 2050 visando atingir a meta da iNDC, alcançando 30 milhões de hectares da tecnologia em 2050.

Na análise de custos foram considerados dois tipos de investimentos iniciais: investimento para formação de pastagem (gradagem aradora, de nivelamento, de incorporação, semeadura e adubação) e investimento para infraestrutura (construção de eua-cercas, instalação de aguadas, saieiras e postes). O investimento inicial total foi estimado em R\$ 1.149/ha (reais de 2015).

v. Tratamento de Dejetos Animais

O tratamento correto de efluentes decorrentes de animais estabulados contribui para redução de metano e também possibilita o aumento da renda dos agricultores. As duas principais vias são a compostagem ou energia produzida a partir do biogás.

O plano ABC considera a ampliação do uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos de animais para geração de energia e produção de composto orgânico.

A geração de energia é feita através do direcionamento dos dejetos das granjas para o sistema de biodigestor. Dentro do biodigestor o biogás é formado pela fermentação do material orgânico. O biogás gerado é direcionado ao sistema de queimador fechado onde é queimado. Este sistema sofisticado evita a emissão dos gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera, o que é comum nos procedimentos usuais dos atuais sistemas de dejetos da suinocultura (UNFCCC, 2010).

O número de propriedades consideradas no CPG com tratamento de dejetos suínos em 2020 foi de 2.200, em 2030 foi de 2.509, em 2040 foi de 2.885 e em 2050 foi de 3.626. A propriedade típica usada foi de 800 cabeças com uma média de 2.000 m³ de dejetos.

Os investimentos iniciais considerados por propriedade foram de equipamentos (biodigestor – cobertura, PVC, medidor- queimador, gerador de energia). O investimento inicial total foi estimado em R\$ 1.206/ha de 2015.

vi. Expansão de áreas de Florestas Plantadas

A expansão das áreas de florestas plantadas projetada para o CPG é composta essencialmente por pinus e eucalipto e, visa fornecer matéria-prima para os segmentos de celulose e papel, energia

(carvão vegetal e lenha) e madeira para diversos usos industriais (madeira serrada, painéis, compensados, etc).

A projeção da área plantada de florestas de pinus e eucalipto, no período de 2015-2050, foi feita considerando as demandas dos segmentos que compõem o setor. O plano ABC menciona como meta a expansão de 3 milhões de hectares de florestas plantadas para fins comerciais, em relação ao ano de 2010, totalizando 9,7 milhões de hectares em 2020. Entretanto, considerando a atual conjuntura econômica do país, optou-se por simular a área de florestas comerciais com base na necessidade de madeira para atender às demandas do setor energético, de celulose e papel e para outros usos. Sendo assim, a meta de expansão de 3 milhões de hectares do plano ABC será atingida com flexibilização de prazo, em 2033.

No que se refere aos custos de implantação, foram considerados os seguintes componentes: preparo da área (limpeza da área, controle de formigas, preparo do solo), implantação da floresta (plantio de mudas, replantio, adubação) aquisição de mudas e insumos, custo de administração e custo da terra. O custo de implantação foi de R\$ 2.901,00 /ha (em reais de 2015).

4.2. Medidas de Mitigação Derivadas da Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC)

O Brasil possui papel importante no acordo de Paris, assinado na COP21, uma vez que o país assumiu compromissos relevantes em termos de redução de emissões, que tem por objetivo tentar manter a temperatura global abaixo de 2°C, por meio da sua Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC).

De acordo com o IPCC (IPCC, 2014), cenários globais consistentes com uma chance “provável” de manter a mudança de temperatura abaixo de 2°C em relação a níveis pré-industriais são caracterizados, inter alia, por: uso sustentável da bioenergia; ii) medidas em grande escala no setor de mudança do uso da terra e florestas; iii) triplicar a quase quadruplicar na matriz energética mundial, até 2050, a participação de fontes de energia sem emissão ou com baixo nível de emissões de carbono. O Brasil pretende adotar medidas adicionais consistentes com a meta de temperatura de 2°C. As medidas relacionadas ao setor de AFOLU, propostas na iNDC incluem:

- Aumentar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, aumentando a

oferta de etanol, inclusive por meio do acréscimo da parcela de biocombustíveis avançados (segunda geração), e aumentando a parcela de biodiesel na mistura do diesel.

- No setor florestal e de mudança do uso da terra: Fortalecer o cumprimento do Código Florestal, em âmbito federal, estadual e municipal; fortalecer políticas e medidas com vistas a alcançar, na Amazônia brasileira, o desmatamento ilegal zero até 2030 e a compensação das emissões de gases de efeito de estufa provenientes da supressão legal da vegetação até 2030; restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030, para múltiplos usos; ampliar a escala de sistemas de manejo sustentável de florestas nativas, por meio de sistemas de georeferenciamento e rastreabilidade aplicáveis ao manejo de florestas nativas, com vistas a desestimular práticas ilegais e insustentáveis;
- No setor agrícola, fortalecer o Plano ABC como a principal estratégia para o desenvolvimento sustentável na agricultura, inclusive por meio da restauração adicional de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2030 e pelo incremento de 5 milhões de hectares de sistemas de integração lavoura-pecuária-florestas (iLPF) até 2030.

Dentre as medidas da iNDC relacionadas ao setor de AFOLU, foram selecionadas para compor as alternativas de mitigação do CPG: recuperação de pastagem degradada (descrita no item 4.1), Integração pecuária-florestas (descrita no item 4.1); reflorestamento e restauração florestal; e produção de etanol de segunda geração. Essas duas últimas medidas encontram-se descritas a seguir:

i. Restauração florestal

Propõe-se como medida de mitigação do CPG a restauração de florestas naturais em diferentes biomas do território brasileiro, visando recompor o passivo florestal decorrente das modificações entre o atual Código Florestal e sua versão antiga (Lei nº 4.771, 15/09/1965, alterada por MP nº 1.1511, 25/06/1996).

A área a ser recomposta será de 11,4 Mha nos biomas da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa, sendo a maior parte alocada na Amazônia e na Mata Atlântica. Esta área foi estimada com base na estimativa de passivo florestal apresentada por Soares Filho (2013) e, considerando a meta da iNDC brasileira, de restaurar e reflorestar 12 Mha, até 2030 (meta adotada neste estudo com flexibilização de prazo). As áreas a serem restauradas constituem-se em área de

reserva legal, admitindo-se o cômputo das Áreas de Preservação Permanente no cálculo do percentual da Reserva Legal, desde que o imóvel esteja incluído no Cadastro Ambiental Rural. Considerou-se que o método de restauração adotado é o plantio de mudas de espécies nativas. O período da projeção inicia-se em 2016 e se estende até 2035.

O custo da restauração florestal é de 9.405,00 R\$/ha, em reais de 2015, incluindo as despesas com a pré-implantação da floresta (construção de aceiros e cercas), implantação da floresta (limpeza da área, controle de formigas, preparo do solo, calagem, adubação, plantio de mudas, replantio) e custo de mudas e insumos.

ii. Produção de Etanol de segunda geração (E2G)

A produção de etanol de primeira e de segunda geração consiste em uma medida de mitigação derivada do setor energético. As demandas dos produtos do setor sucroenergético (etanol, açúcar e bagaço para bioeletricidade) foram modeladas nos setores transporte e energia, e então, alinhado ao cálculo de produção e área de plantio de cana no setor de Afolu.

Dentre as medidas de mitigação proposta pela iNDC está o aumento da participação de bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, aumentando a oferta de etanol, inclusive por meio do aumento da parcela de biocombustíveis avançados (E2G) (BRASIL, 2015).

O E2G é produzido a partir de material lignocelulósico proveniente de biomassa e, seu impacto na produção de etanol pode significar um aumento de até 50% em relação ao nível atual (CGEE, 2015). O cenário governamental contempla, até o ano de 2020, o plantio de cana-de-açúcar para produção de açúcar e de etanol de primeira geração (E1G). A partir de 2020 considera-se a introdução gradual da cana-energia, como biomassa adicional para produção do etanol, e uma produção crescente de E2G, que atinge 20% da produção total em 2050. Tanto para as variedades de cana (cana-de-açúcar e cana energia) quanto para a produção de E1G e E2G foi considerado um aumento gradual de produtividade até 2050.

A análise de custo foi realizada para as tecnologias produção da cana-energia e de E2G, considerando os seguintes investimentos iniciais: custo de produção da biomassa (operações agrícolas mecanizadas/manuais, insumos, administração, custo da terra; custo do investimento/adaptação de unidades industriais; e custo operacional. O custo de produção da cana

energia é de R\$ 6.401,31/ha (em reais de 2015) e do etanol E2G de 1,5 /litro em 2020 e R\$ 0,53/litro a partir de 2030.

Ressalta-se que para esta medida de mitigação não foram estimadas as emissões de GEE resultantes da adoção da tecnologia no setor de AFOLU . Estas se encontram explicitadas nos setores de energia e de transporte.

4.3. Síntese das Medidas de Mitigação

Tabela 1. Tecnologias de mitigação e potencial de penetração.

TECNOLOGIA	2010	2020 (2010-2020)	2030 (2020-2030)	2035	2050	TOTAL NO PERÍODO
Restauração de Floresta Nativa em cumprimento ao Novo Código Florestal Meta em 2035: 11,4 Mha (Soares-Filho, 2013) em conjunto com iNDC (12Mha) com flexibilização de prazo	ND	+2,8Mha	+5,7Mha Acumulado= 8,5Mha	+2,85Mha Acumulado=11,4 Mha		+ 11,4 Mha (adicionais a 2020)
Implantação do sistema de Integração Pecuária Florestas (iPF). Plano ABC original + iNDC	0	Plano ABC + 2 Mha (1,2 Mhafloresta e 0,8 Mha pasto)	iNDC + 3 Mha (1,8 Mha floresta e 1,2Mha pasto)			+ 5,0 Mha (3 Mha floresta e 2 Mha pasto)
Expansão de Floresta Econômica (EFE) Demanda dos setores energético, transporte e industrial + Plano ABC com flexibilização de prazo.	6,5 Mha	+ 1,0 Mha Visando atender às demandas dos setores energético, papel e celulose e outros usos da madeira. Total = 7,5 Mha	+ 1,3 Mha Visando atender às demandas dos setores energético, papel e celulose e outros usos da madeira. Total = 8,8Mha		+ 4,7 Mha Visando atender às demandas dos setores energético, papel e celulose e outros usos da madeira. Total = 13,5Mha	+ 7 Mha (Adicionais a 2010) Total da Expansão de Floresta Econômica = 13,5Mha

Expansão de área de Floresta Plantada (iPF + EFE) Meta definida para atender a demanda dos setores (parte obtida com iPF e parte com EFE)	6,5 Mha (Floresta econômica de Eucalipto e Pinus)	+ 2,2 Mha adicionais a 2010 (+1,2 iPF +1,0 EFE) Oferta total = 8,7Mha (1,2 iPF + 7,5 EFE)	3,1 Mha adicionais a 2020 (+1,8 iPF + 1,3 EFE) = Oferta total = 11,8Mha (3 iPF + 8,8 EFE)		+ 4,7 adicionais a 2030 (0 iPF + 4,7 EFE) (iPF não expande após 2030) Oferta total = 16,5Mha (3 iPF + 13,5 EFE)	+ 10 Mha (adicional a 2010, incluindo iPF)
RPD (considera aumento de lotação – UA/ha) (Plano ABC original = +15 Mha) e (iNDC= +15 Mha em relação a 2020)	0	Plano ABC +6,2 milhões de ha (Plano ABC= 15 Mha)	iNDC (+8,8 milhões de ha) (iNDC +15 Mha em relação a 2020)		iNDC+Plano ABC (+ 15 milhões de ha)	+30Mha
Sistema de Plantio Direto Plano ABC	ND	Plano ABC +8 Mha	100% da área plantada expandida de grãos			100% da área plantada de grãos
Fixação Biológica de Nitrogênio Plano ABC	ND	Plano ABC +5,5 Mha	100% da área plantada de soja e 10% da área plantada expandida das outras culturas (penetração acompanha aumento da área)			100% da área expandida de produção de soja e milho. (Penetração acompanha aumento da área)
Tratamento de Dejetos Plano ABC	ND	Plano ABC +4,4 Mm ³ (= 4,3% do total dos dejetos suínos)	+0,6 Mm ³ (= 4,3% do total dos dejetos suínos)		+1,5 Mm ³ (= 4,3% do total dos dejetos suínos)	+6,5 Mm ³
Plantio de cana energia e produção de etanol de segunda geração (E2G)	Área de Cana-de-açúcar = 9,2Mha Cana energia = 0	Área de Cana= 8,5 Mha Cana-de-açúcar = 8,4 Mha	Área de Cana= 8,4 Mha Cana-de-açúcar = 8,1 Mha		Área de Cana= 12,0 Mha Cana-de-açúcar =	+2,8 Mha de cana (em relação a 2010) +2,2 Mha

<p>iNDC</p> <p>(Penetração E2G: 1% em 2020 20% em 2050)</p>	<p>Mha</p> <p>E1G = 28,3 Bi L</p> <p>E2G = 0</p> <p>Produção de Açúcar = 38,0 Mt</p>	<p>Cana energia= 0,04 Mha</p> <p>E1G =31,8 Bi L</p> <p>E2G = 0,32 Bi L</p> <p>Produção de Açúcar = 33,9 Mt</p>	<p>Cana energia= 0,3 Mha</p> <p>E1G = 37,9 Bi L</p> <p>E2G = 4,2 Bi L</p> <p>Produção de Açúcar = 46,2 Mt</p> <p>(Demanda de etanol dos setores de transporte e industrial + demanda de açúcar + exportações)</p>		<p>11,4Mha</p> <p>Cana energia = 0,6Mha</p> <p>E1G =49 Bi L</p> <p>E2G = 12,3 Bi L</p> <p>Produção de Açúcar = 79,5 Mt</p> <p>(Demanda de etanol dos setores de transporte e industrial + demanda de açúcar + exportações)</p>	<p>decana-de-açúcar (em relação a 2010)</p> <p>+ 0,6Mha de cana energia (em relação a 2020)</p> <p>+20,7 Bi L E1G (em relação a 2010)</p> <p>+ 12,3 Bi L E2G (em relação a 2020)</p> <p>+41,4 Mt de açúcar (em relação a 2010)</p>
<p>Biodiesel iNDC</p>	<p>2,4 B L</p>	<p>+ 8,9 B L</p> <p>Total = 5,3 B L</p> <p>Demanda do setor energético</p> <p>(Percentuais iguais ao crescimento da mat. Prima de origem)</p>	<p>+ 2,2 B L</p> <p>Total = 7,5 B L</p> <p>Demanda do setor energético</p> <p>(Percentuais iguais ao crescimento da mat. Prima de origem)</p>		<p>+ 5,37 B L</p> <p>Total = 12,8 B L</p> <p>Demanda do setor energético</p> <p>(Percentuais iguais ao crescimento da mat. Prima de origem)</p>	<p>+10,4 B L</p> <p>(Adicionais a 2010)</p>

Fonte: Elaboração própria

4.4. Cálculo das Emissões Líquidas de AFOLU no CPG

O balanço das emissões de GEE do setor de AFOLU foi realizado considerando as diretrizes do Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação publicado no ano de 2016 (BRASIL, 2016). Este, por sua vez, tem como diretrizes técnicas os seguintes documentos elaborados pelo IPCC: “*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*” (Guidelines 1996); e “*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” (Guidelines 2006). Foram utilizadas também as estimativas de emissões do projeto IES Brasil (LA ROVERE et al., 2016).

Compõem as estimativas líquidas de emissões do setor de AFOLU as emissões de GEE e remoções de carbono da agricultura (manejo de solos agrícolas, cultivo de arroz, queima de resíduos, sistema de plantio direto), da pecuária (recuperação de pastagem degradada, fermentação entérica e manejo de dejetos), da mudança do uso da terra e florestas (integração pecuária florestas, florestas plantadas e restauração de floresta nativa). As emissões e remoções foram estimadas considerando as projeções de produção e de área plantada até o ano de 2050 e a adoção de práticas de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, intitulado neste trabalho de “novas tecnologias”. Considerou-se que a expansão da área ocupada com agricultura e florestas, projetada até 2050, dar-se-á apenas em áreas de pastagens degradadas.

5. Resultados obtidos

Os principais resultados de AFOLU para o CPG são apresentados em termos de:

- Oferta de produtos agropecuários (farelo de soja, óleo de soja, açúcar, etanol e biodiesel);
- Produção agropecuária, área plantada e produtividade das culturas agrícolas (cana-de-açúcar, soja, milho, outros grãos), florestas plantadas de pinus e eucalipto e pastagens para bovinos;
- Emissões e remoções de CO₂e das tecnologias analisadas.

5.1. Oferta de Produtos Agropecuários

Conforme apresentado na Tabela 2 a produção da maioria dos produtos analisados crescerá de forma expressiva até o ano de 2050, influenciados tanto pelo consumo doméstico quanto pelas exportações líquidas.

Tabela 2. Oferta de produtos agropecuários

Produção (milhões de t)	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Farelo de Soja	23,13	26,72	34,24	42,66	45,12	60,01	64,33	86,86	93,22	103,13
Óleo de Soja	5,74	6,93	7,79	10,40	11,00	14,79	15,85	21,40	22,97	25,41
Açúcar	34,18	38,01	33,84	33,95	39,58	46,16	53,45	61,90	70,21	79,59
Etanol total*	16,28	28,32	29,62	32,21	35,62	42,18	48,53	54,48	57,80	61,33
Etanol 1G*	16,28	28,32	29,62	31,88	33,61	37,96	42,46	46,31	47,68	49,06
Etanol 2G*				0,32	2,01	4,22	6,07	8,17	10,11	12,27
Biodiesel *	0,00	2,39	3,94	5,26	5,56	7,48	8,01	10,82	11,61	12,85

* Bilhões de litros

Fonte: Elaboração própria

A projeção da produção de biodiesel chega a 12,8 bilhões de litros em 2050, representando um crescimento expressivo quando comparado a 2010, onde sua produção era de 2,4 bilhões de litros. O aumento da parcela de biodiesel na mistura do diesel de B7, em 2015, para B12 e B11 para agropecuária e para os outros setores, respectivamente, em 2030, representa uma das medidas propostas pela INDC em busca do alcance da meta de, aproximadamente, 18% da participação de bioenergia sustentável na matriz energética brasileira, até o ano de 2030. Tal medida pode ser considerada como um dos principais responsáveis por este expressivo crescimento da produção de biodiesel no período de 2010-2050, que reflete o aumento da demanda do combustível pelos setores energéticos, principalmente o de transportes, e que chega a 2050 com a mistura no diesel de B18 e B15 para agropecuária e para os outros setores, respectivamente.

As produções dos derivados da soja, o óleo de soja e o farelo de soja, também têm um expressivo crescimento no período de 2005-2010, com suas projeções chegando a 25,41 e 103,1 milhões de toneladas em 2050, respectivamente. O óleo de soja, além de suprir a demanda doméstica alimentícia, é a principal matéria-prima para produção do biodiesel. Como uma parte considerável da sua produção - 37% - destina-se à produção do biodiesel, seu crescimento também é impulsionado pelo aumento da demanda do biodiesel. O farelo de soja, por sua vez, tem seu crescimento em função da demanda doméstica dos grãos de soja que, como veremos adiante, também tem um crescimento expressivo ao longo do período de 2005-2050.

De acordo com a projeção feita pelo setor de indústria deste mesmo projeto, a produção de açúcar no período de 2015-2020 permanece praticamente estagnada, sendo justificada pelas perspectivas econômicas do país, e apresenta crescimento gradual após o ano de 2020. No período de 2020 a 2030 o crescimento médio da produção é de 3% a.a., e mantém esta taxa de crescimento até o ano de 2050. O valor da produção de açúcar cresce de 33,8 milhões de toneladas em 2015 para 79,5 milhões de toneladas em 2050 (Tabela 2). De acordo com os dados da OECD/FAO (2015) o percentual de açúcar exportado será equivalente, em média, a cerca de 60 a 70% do total produzido.

Com relação ao etanol anidro e hidratado a produção atinge 42,2 bilhões de litros em 2030 e 61,3 bilhões de litros em 2050 (Tabela 2). Deste total produzido, 7% em média é destinado à exportação, 4% ao uso não energético (industrial) e a maior parte ao consumo energético, particularmente, pelo setor de transportes.

As premissas adotadas para o aumento da produção de etanol são do setor de transportes, tendo em vista ser a principal fonte de consumo do produto. De acordo com este setor, o etanol anidro será utilizado no modo rodoviário em adição de até 27% a gasolina na forma de etanol anidro e o

etanol hidratado será considerado para o modo rodoviário, para os veículos leves flexible fuel e híbridos.

Quanto à escolha do tipo de combustível para os veículos do tipo flexible fuel e para os veículos leves híbridos a utilização foi ajustada linearmente até alcançar o percentual de 70% para o etanol hidratado em 2050, tendo como base a iNDC brasileira que visa aumentar o consumo de biocombustíveis na matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, aumentando assim oferta de etanol, inclusive por meio do aumento da parcela de biocombustíveis avançados (segunda geração). O percentual de 70% foi calculado com base na evolução do modo rodoviário de passageiros, no deslocamento da previsão do PNMC sobre utilização do etanol em substituição à gasolina e em uma visão conservadora da estimativa declarada na iNDC brasileira, da produção de etanol em 2025 e 2030 de 45 e 54 bilhões de litros, respectivamente.

A projeção de produção de etanol de segunda geração no CPG passou a ser produzido a partir de 2020, utilizando a biomassa de uma nova variedade de cana, denominada cana-energia. O percentual de produção de etanol 2G em 2020 é de 1% da produção total atingindo 20% em 2050. A produção de E2G em 2030 foi de 4,22 bilhões de litros e em 2050 de 12,22 bilhões de litros (Tabela 2).

5.2. Produção, Produtividade e Área Plantada

A produção, a produtividade e a área plantada das culturas analisadas (cana-de-açúcar, milho, soja, outros grãos, floresta de pinus e eucalipto, sistemas de integração pecuária-floresta e áreas de pastagens) para o período de 2005 a 2050, são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 3, 4 e 5.

Ao analisar as projeções de crescimento da produção das culturas analisadas, a tendência foi de aumento da produção entre 2016 e 2050. As culturas que apresentaram maior taxa de crescimento, em termos de produção, foram o milho, a soja e a cana-de-açúcar (Tabela 3). Por outro lado, de modo geral, observa-se uma redução da área total ocupada pela agricultura no país (Tabela 5).

A pecuária ocupa 25% da área total do Brasil. Isso corresponde a 220 milhões de hectares, dos quais estima-se que cerca de 50% estejam em processo de degradação e 25% com baixa capacidade de suporte (taxa de lotação menor ou igual a 0,75UA/ha/ano). Boa parte desta pecuária ainda é extensiva, em razão das extensas áreas de pastagens existentes no Brasil.

Tabela 3. Produção das culturas agrícolas, floresta plantada de pinus e eucalipto e pecuária

PRODUÇÃO	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CULTURAS AGRÍCOLAS (milhões de t)										
Cana-de-açúcar e cana energia	385,13	620,41	564,53	647,11	715,49	885,24	1.070,02	1.270,89	1.436,88	1.621,27
Milho	35,11	55,36	85,28	83,03	93,44	110,80	124,60	138,41	152,22	166,02
Soja	51,18	68,76	94,93	124,01	138,81	168,91	184,50	226,13	243,62	266,18
Outros Grãos	27,76	26,31	28,55	31,36	33,32	36,60	39,20	41,80	44,40	47,01
FLORESTA PLANTADA (milhões de m³)										
Produção madeireira (sem iPF)	*	*	284,83	288,74	300,17	333,68	377,50	421,32	465,14	508,96
Produção madeireira (iPF)			14,40	28,80	54,72	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00
Produção madeireira total			299,23	317,54	354,89	405,68	449,50	493,32	537,14	580,96
PECUÁRIA (milhões de cabeças)										
Rebanho bovino	207,16	209,54	215,20	209,74	213,00	218,43	222,75	227,07	231,39	235,71
Rebanho Bovino de leite	20,63	22,92	21,75	25,04	26,46	28,83	30,71	32,59	34,48	36,36
Suínos	34,06	38,96	40,33	43,00	45,55	49,81	53,19	56,58	59,96	63,34

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4. Produtividade média das culturas analisadas e taxa de lotação da pecuária bovina

PRODUTIVIDADE (t/ha)	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CULTURAS AGRÍCOLAS										
Cana-de-açúcar	66,23	67,70	61,34	72,73	74,33	93,30	97,27	101,25	103,81	106,37
Cana-energia				250,00	270,00	300,00	320,00	340,00	360,00	380,00
Milho	2,87	4,54	5,20	5,97	6,74	7,51	8,28	9,06	9,83	10,60
Soja	2,18	2,95	2,89	3,05	3,20	3,52	3,84	4,16	4,48	4,80
Outros grãos	2,05	2,28	2,69	2,99	3,33	3,71	4,14	4,61	5,14	5,72
Taxa de lotação (cabeça de gado/ha)	1,13	1,15	1,19	1,22	1,25	1,30	1,53	1,75	1,98	2,21

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5. Área plantada das culturas agrícolas, floresta plantada e pastagem

ÁREA PLANTADA (milhões de ha)	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CULTURAS AGRÍCOLAS										
Cana-de-açúcar e cana energia	5,82	9,16	9,20	8,77	8,92	8,45	9,48	10,48	11,21	11,99
Milho – 1ª safra	9,02	7,14	5,92	3,49	2,95	3,34	3,25	3,11	2,94	2,74
Milho – 2ª safra	3,23	5,05	9,93	10,42	10,92	11,41	11,79	12,17	12,55	12,93
Soja	23,43	23,34	32,21	40,68	43,34	47,95	48,02	54,34	54,37	55,45
Outros grãos	13,53	11,56	10,35	10,48	10,00	9,85	9,47	9,07	8,65	8,21
Área total de culturas agrícolas	51,79	51,21	57,68	63,42	65,20	69,59	70,23	77,01	77,17	78,39
FLORESTA PLANTADA										
Floresta plantada sem iPF*	5,29	6,51	7,21	7,57	7,92	8,83	10,00	11,18	12,36	13,56
Floresta plantada iPF*	0,00	0,00	0,60	1,20	2,10	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Área total de florestas plantadas	5,29	6,51	7,81	8,77	10,02	11,83	13,00	14,18	15,36	16,56
PECUÁRIA										
Pastagens para rebanho bovino	182,80	182,66	181,14	172,35	170,19	168,32	145,99	129,47	116,75	106,66
ÁREA TOTAL	239,88	240,38	246,63	244,55	245,41	249,73	229,21	220,66	209,28	201,61
ÁREA TOTAL (com milho 2ª safra)	243,11	245,42	256,56	254,97	256,33	261,14	241,00	232,83	221,83	214,54

*iPF = integração Pecuária Floresta

Fonte: Elaboração própria

As produções das culturas de soja, milho e outros grãos foram projetadas até 2050 de acordo com o comportamento do PIB doméstico e, ainda que o PIB doméstico utilizado para as projeções dessas culturas tenha sido ajustado para que fosse possível amortecer a queda sofrida no seu crescimento no período de 2014-2023, o crescimento das produções foi menor do que o esperado nesse período. Há uma queda de quase 3% no total da produção de milho no ano de 2020 em relação a 2015. Contudo, até 2050, com o PIB retornando ao crescimento, a projeção de sua produção chega a 166,02 milhões de toneladas, aumentando em quase 2 vezes seu valor no período de 2015-2050. A projeção da produção de soja, além do comportamento do PIB doméstico, também sofre a influência do comportamento do PIB mundial, já que aproximadamente 50% da sua produção destina-se ao mercado externo. Dessa forma, até mesmo no período de queda do PIB doméstico, a projeção de sua produção manteve-se em crescimento, chegando em 2050 com 266,18 milhões de toneladas de grãos de soja, aumentando em aproximadamente 3 vezes seu valor no período de 2015-2050. A projeção da produção de outros grãos tem o menor aumento no período de 2015-2050 entre as três culturas, sendo de apenas quase 2 vezes, alcançando a produção de 47,01 milhões de toneladas.

Apesar do aumento considerável no valor das produções, as projeções das áreas plantadas dessas culturas não aumentam na mesma proporção e, em um dos casos, até mesmo ocorre o processo contrário, ou seja, é observada uma constante queda no valor da área plantada. No caso da soja, ocorre o aumento da área plantada, porém como sua produtividade cresce de 2,89 para 4,80 t/ha no período de 2015-2050, a área plantada chega a 55,45 milhões de hectares, um aumento de aproximadamente 2 vezes no mesmo período. Para o milho, considera-se o aumento na produtividade de 5,20 para 10,60 t/ha no período de 2015-2050. A área total diminui em apenas 1,2%, contudo nota-se uma importante diferença entre o crescimento da área plantada do milho de 1ª safra e do milho de 2ª safra. A área plantada do milho de 2ª safra, também conhecido como “milho safrinha” por não ter tanta importância até há poucos anos atrás, aumenta de 9,93 para 12,3 milhões de hectares no mesmo período. Já a área plantada do milho de 1ª safra sofre uma queda de 54%, chegando a 2,74 milhões de hectares em 2050. A área plantada de outros grãos sofre uma queda de 21% no período de 2015-2050, com um aumento de produtividade de 2,69 para 5,72 t/ha no mesmo período.

A pecuária apresenta um crescimento expressivo do número de cabeças do rebanho bovino, de leite e suíno no período de 2015-2050. Assim como nas culturas de soja, milho e outros grãos, o PIB doméstico também influencia na projeção do número de cabeças dos rebanhos no período. Em

2020, o número de cabeças de rebanho bovino sofre uma queda de um pouco menos de 3% em relação a 2015 e só volta a superar o número de cabeças de 2015 em 2030, quando chega a 218,43 milhões de cabeças, quase 2% a mais do que o valor de 2015. Para 2050, são projetadas 235,17 milhões de cabeças de rebanho bovino. Os rebanhos de bovino de leite e de suíno apresentam os maiores crescimentos da pecuária no período de 2015-2050, com um aumento de 67% e 57%, chegando em 2050 com a projeção de 36,36 e 63,34 milhões de cabeças, respectivamente.

Quanto à taxa de lotação do rebanho bovino, adota-se a taxa de 2,21 cabeças de gado/hectare em 2050, em virtude da intensificação da pecuária. Considera-se assim, um aumento de 86% da taxa de lotação do rebanho bovino no período de 2015-2050.

A produção de cana-de-açúcar e de cana energia projetados para o CPG no período de 2015-2050 apresentou uma taxa de crescimento anual média de 3%, atingindo uma produção de 885 milhões de toneladas em 2030 e 1,6 bilhões em 2050, conforme apresentado na Tabela 3. O *share* da produção de cana destinado à produção de açúcar e de etanol foi em média de, respectivamente, 45% e 55% até 2024 e de 43% para açúcar e 57% para etanol em 2050.

Considerando o aumento gradual de produtividade da cana-de-açúcar e da cana- energia (Tabela 4) bem como o rendimento agroindustrial da produção de etanol de primeira e de segunda geração, mencionados no item 3.3, a área plantada de cana projetada para o ano de 2030 é de 8,5 milhões de hectares e em 2050 de 11,9 milhões de hectares (Tabela 5). Tendo em vista o plantio da cana energia e a produção de etanol de segunda geração, a partir de 2020, observa-se uma retração na expansão da área plantada de cana no período de 2020-2030 e, posterior aumento da área ocupada com esta cultura entre 2030-2050. Em 2030 a área plantada de cana energia é equivalente à 318 mil hectares e em 2050 a 600 mil hectares.

De acordo com a projeção da produção de madeira oriunda de florestas plantadas, que visa atender às demandas dos segmentos de celulose e papel, energia e outros usos, a quantidade de madeira produzida é de 405 milhões de m³ em 2030 e atinge 580 milhões de m³ em 2050 (Tabela 5). Deste total, cerca de 17% é madeira oriunda de sistemas de integração Pecuária Florestas (iPF) em 2030 e 12% em 2050. A produtividade média por hectare considerada para as florestas plantadas em sistema homogêneo (sem consorciação), aos sete anos de idade, foi de 40m³/ha.ano⁻¹, enquanto que nos sistemas de iPF foi de 26 m³/ha.ano⁻¹ (TSUKAMOTO FILHO, 2003).

Observa-se um grande crescimento na demanda de madeira de floresta plantada para energia entre o período de 2015 e 2050. A demanda de madeira e, conseqüentemente a produção de madeira

para produção de carvão vegetal passa de 40 milhões m³ em 2015 para cerca de 81 milhões m³ em 2050. Isso se deve, principalmente, ao aumento na demanda de carvão vegetal na indústria de ferro-gusa e aço, projetada pelo setor industrial. No caso da lenha para queima direta, observou também um aumento de mais de 100% entre o período de 2015-2050, passando de 75 milhões m³ para 163 milhões m³. Esse aumento passou a ser significativo, particularmente, após o ano de 2030, quando se passou a ter uma demanda maior dessa biomassa para uso nas centrais hidrelétricas de serviço público (bioeletricidade) projetado pelo setor de energia.

Com relação à área de florestas plantadas de pinus e eucalipto para fins comerciais a expansão projetada para as florestas não consorciadas, no período de 2015 a 2050, foi de 6,4 milhões de hectares, totalizando 13,5 milhões de hectares em 2050. Quando considerados os 3 milhões de hectares de iPF, a área total de florestas plantadas para fins comerciais é de 16,5 milhões de hectares em 2050 (Tabela 5).

Segundo o Plano ABC, a meta relacionada às florestas plantadas é de expandir 3 milhões de hectares, até 2020, com relação ao ano de 2010. Ou seja, atingir 9,5 milhões de hectares em 2020. A estimativa de área plantada de floresta econômica não consorciada, para o período 2015-2050, projetada segundo as demandas dos setores energético, industrial, residencial, comercial e de serviços, atingiu os 9,5 milhões de hectares no ano de 2033 e quando consideradas as áreas de iPF área é de 9,6 milhões de hectares em 2024. Ou seja, a meta do plano ABC foi levada em conta com uma dada flexibilização, pois tendo em vista a conjuntura econômica do Brasil, priorizou-se proceder às estimativas de área considerando a demanda dos setores absorvedores de biomassa de floresta plantada.

5.3. Emissões líquidas de AFOLU no CPG

Segundo dados do Terceiro Inventário Nacional de Emissões de GEE (BRASIL, 2016), em 2010 o setor de AFOLU emitiu 828 milhões de tCO₂e, sendo que a atividade agropecuária foi responsável pela emissão líquida de 473 milhões de CO₂e e o de uso da terra, mudança de uso da terra e florestas (MUT), incluindo calagem, por 355 milhões de tCO₂e. Considerando as emissões totais de CO₂e do país, aquelas relacionadas à agropecuária corresponderam à 35% do total e, ao uso da terra, mudança de uso da terra e florestas a 26% das emissões totais. A fermentação entérica foi a maior fonte de emissão do subsetor agropecuário, representando 66% das emissões de CO₂e, seguida pelas emissões de solos agrícolas (25%). As emissões de manejo de dejetos, queima de resíduos agrícola, cultivo de arroz contribuíram em menores proporções para o total de emissões deste setor (Tabela 6).

Tabela 6. Atividades e respectivas emissões e remoções de CO₂e do setor de AFOLU

Atividades/Emissões e remoções (milhões tCO ₂ e)	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Uso da terra, mudança do uso da terra e florestas	355,01	515,13	386,66	238,39	-62,98	-115,72	-114,29	-114,27	-87,12
Mudança do uso da terra e florestas	344,58	503,18	373,91	225,21	-77,18	-129,94	-129,42	-129,36	-102,32
<i>Recuperação de Pastagem</i>	0,00	0,00	-9,17	-19,80	-22,59	-20,20	-19,25	-19,25	-19,25
<i>Sistemas Silvopastoris</i>	0,00	-13,28	-13,21	-19,78	-19,68	-19,68	-19,68	-19,68	-19,68
<i>Florestas plantadas</i>	0,00	-24,84	-12,86	-12,22	-32,11	-41,52	-41,95	-41,90	-42,30
<i>Restauração de Floresta Nativa</i>	0,00	0,00	-45,74	-91,48	-137,21	-182,95	-182,95	-182,95	-155,51
Aplicação de calcário nos solos	10,42	11,95	12,75	13,18	14,20	14,22	15,13	15,09	15,20
Agropecuária	472,74	523,93	497,43	507,10	523,80	538,09	552,46	574,09	589,36
Fermentação Entérica	312,42	357,59	349,24	354,91	364,37	371,89	379,42	386,94	394,45
Manejo de Dejetos	20,96	21,90	22,21	22,96	24,22	25,22	26,22	26,88	28,21
Solos Agrícolas	119,90	129,48	126,61	130,40	137,21	142,33	149,91	163,91	160,44
Cultivo de Arroz	13,00	13,61	10,43	8,17	6,90	6,83	6,77	6,92	7,08
Queima de Resíduos Agrícolas	6,46	6,49	3,58	3,14	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de Plantio Direto	0,00	-5,12	-14,64	-12,49	-11,87	-8,18	-9,85	-10,57	-0,82
Total de Emissões Líquidas AFOLU	827,74	1.039,06	884,10	745,48	460,82	422,36	438,17	459,82	502,24

Valores negativos referem-se às remoções
Fonte: Elaboração própria

Considerando o período de 2010 a 2015, onde as estimativas foram efetuadas usando dados publicados, verificou-se aumento no total das emissões líquidas do subsetor agropecuário. A partir de 2015 observou-se queda nas emissões até o ano de 2020 e, posterior crescimento até 2050, atingindo 589 milhões tCO₂e (Tabela 6). Esse comportamento pode ser atribuído tanto à redução da produção devido à influência da crise econômica (queda do PIB) quanto à adoção de medidas de mitigação, particularmente, aquelas relacionadas ao Plano ABC e à INDC. Após 2020, observa-se que, mesmo havendo a adoção de medidas de mitigação, as da INDC, por exemplo, as emissões relacionadas à fermentação entérica e manejo de solos voltam a crescer.

Da mesma forma, as emissões relacionadas ao uso da terra, mudança do uso da terra e florestas, incluindo calagem, aumentaram no período 2010 a 2015 e, a partir de 2015 apresentaram queda, permanecendo esse comportamento até 2050. Os principais fatores que contribuíram para a redução dessas emissões líquidas foram a redução das taxas de desmatamento, e o aumento da biomassa por meio de implantação de sistemas florestais, restauração de mata nativa e recuperação de pastagens.

Conforme mencionado anteriormente, as principais fontes de emissão da agropecuária são a fermentação entérica (CH₄) e os solos agrícolas (N₂O). As estimativas realizadas para o período de 2015 a 2020 mostraram uma pequena queda nas emissões de metano oriundo da fermentação entérica. Em termos de CO₂e, essas emissões passaram de 357,5 milhões tCO₂e em 2015 para 349,2 milhões tCO₂e em 2020 (Tabela 6), refletindo a redução do número de cabeças de gado que foi projetada para este período. A partir de 2020 as emissões voltaram a crescer, atingindo o total de 394,5 milhões tCO₂e em 2050, o que pode ser atribuído ao aumento do rebanho bovino no país.

Com relação às emissões dos solos agrícolas, o principal GEE emitido é o N₂O oriundo, principalmente, da aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos/orgânicos em áreas agrícolas e de pastagens; do nitrogênio oriundo de resíduos de culturas deixados sobre os solos agrícolas e; da deposição de dejetos animais sobre áreas de pastagens. Considerando as projeções realizadas para a área agrícola e de pastagem, bem como o crescimento do rebanho no país, as emissões de GEE oriundas dos solos agrícolas foram equivalentes a 160,5 milhões de tCO₂e em 2050, representando um aumento de 24% em relação ao ano de 2015 (Tabela 6).

Em menores proporções têm-se também como fontes de emissões da agropecuária a atividade de manejo de dejetos, a queima de resíduos agrícolas e o cultivo de arroz. O manejo de dejetos contribui com apenas 6% das emissões da pecuária no Brasil. Sendo os outros 94% atribuídos à

fermentação entérica. Devido às características de pecuária extensiva no Brasil, as lagoas de tratamento anaeróbico constituem uma fração pequena, e mesmo para o gado confinado (corte) ou para sistemas de produção de leite, também se observa o uso restrito de instalações de tratamento de dejetos animais (BRASIL, 2016). As estimativas das emissões oriundas do manejo de dejetos apresentaram aumento de 28% no período de 2015 a 2050, atingindo 28,2 milhões de tCO₂e em 2050 (Tabela 6). O grupo de animais que mais contribui para as emissões relacionadas ao manejo de dejetos são os suínos.

A queima de resíduos agrícolas, particularmente, da cana-de-açúcar, apresenta emissões de GEE decrescentes, que cessam em 2031. As premissas adotadas para a projeção das emissões são baseadas no Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista (UNICA, 2014) que antecipa os prazos legais para a eliminação da prática da queima previstos pela Lei Estadual nº 11.241/2002 (SÃO PAULO, 2002). Sendo assim, no estado de São Paulo, os prazos são antecipados de 2021 para 2014, nas áreas onde já é possível a colheita mecanizada, e de 2031 para 2017, nas áreas em que não existe tecnologia adequada para a mecanização. Para o restante do país, consideram-se os prazos previstos pela Lei nº 11.241/2002. É importante ressaltar que a área plantada de cana-de-açúcar no estado de São Paulo corresponde a aproximadamente 50% da área plantada total de cana-de-açúcar do país. As emissões em termos de CO₂e em 2015 e 2030 foram de, respectivamente, 6,5 e 2,9 milhões de tCO₂e.

No caso da estimativa das emissões de CH₄ oriundas do cultivo de arroz, foi considerado o sistema de manejo de inundação, que correspondeu, em média, a 60% do total de arroz produzido no país em 2013 (EMBRAPA, 2014). Esse percentual foi considerado até o ano de 2050. As emissões oriundas de arroz inundado foram equivalentes à 7 milhões de toneladas em 2050. A redução das emissões entre os anos de 2015 e 2050, que correspondeu à cerca de 50%, refletem, basicamente, ao aumento de produtividade da cultura obtido nesse período. Conforme as projeções de produção realizadas para o arroz neste estudo, houve um crescimento de 10% na área plantada no período de 2015 a 2030 e, de 14% entre 2030 e 2050. Entretanto, o aumento de produtividade considerado para a cultura, que passa de 5,2 em 2015 para 12,4 em 2050, ocasiona a redução da área de plantio e conseqüentemente a redução das emissões.

De acordo com a Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação – FEBRAPDP, na safra de 11/12 o Brasil alcançou 31,8 milhões de hectares cultivados no sistema de plantio direto na palha (FEBRAPDP, 2013). A meta do Plano ABC é que entre o período de 2011-2015 e de 2016-2020, 2,8 e 5,2 milhões de hectares adicionais, respectivamente, sejam cultivados no SPD e, a partir de 2020,

considera-se que toda área plantada adicional da agricultura também passe a ser cultivada no SPD. Para o cálculo da remoção, o fator de remoção aplicado foi 0,00183 Gg CO₂e/ha/ano, considerando que a fixação do carbono se dê nos primeiros 10 anos do cultivo da área no SPD. Por exemplo, a área considerada para o cálculo da remoção no ano de 2020 são os 8 milhões de hectares da meta do plano ABC, alcançando a maior remoção no período de 2010-2050: 14,64 milhões de tCO₂e. No fim do período, a área plantada adicional da agricultura fica cada vez menor, o que faz com que a remoção no ano de 2050 chegue apenas a 0,82 milhões de tCO₂e.

A principal fonte de emissão das atividades de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas é a perda de biomassa, devido ao desmatamento. Por outro lado, a maior fonte de remoção é a recomposição da vegetação nativa e a expansão de florestas plantadas.

As estimativas das emissões líquidas do uso da terra, mudança do uso da terra e florestas no período de 2010 a 2030 foram feitas usando dados de emissões brutas referentes aos anos de 2010, cuja fonte é o III Inventário Nacional (BRASIL, 2016) e dados referentes aos anos de 2025 e 2030, apresentados no documento “Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC” (MMA, 2015). Para o período de 2030 a 2050 as emissões brutas se mantiveram constantes. As estimativas das remoções foram feitas considerando um percentual de 6% das emissões brutas seja relativo à mudança do uso da terra e, a este foi somado às estimativas de remoção de CO₂e obtidas por meio das medidas de mitigação consideradas neste estudo, que são: recuperação de pastagens, implantação de sistemas silvipastoris, expansão de florestas plantadas de pinus e eucalipto e restauração de florestas nativas.

As estimativas mostraram que a partir do ano de 2030, as emissões líquidas do uso da terra, mudança do uso da terra e florestas apresentaram valores negativos, o que reflete à hipótese de redução das taxas de desmatamento ilegal no país e o reflexo das medidas de mitigação ou tecnologias de redução de emissões adotadas neste estudo. A emissão líquida em 2030 foi de -63,0 milhões de tCO₂e e, em 2050 de -87,0 milhões de tCO₂e (Tabela 6).

Dentre as medidas de mitigação adotadas, a que mais contribuiu para a redução das emissões relacionadas ao do uso da terra, mudança do uso da terra e florestas foi a restauração de áreas de florestas nativas, visando a adequação do passivo ambiental. A premissa adotada, referente à implantação de 11,4 milhões de hectares de florestas nativas, no período de 2016 a 2035, resultou numa remoção de 183 milhões de tCO₂e no ano de 2035 e de 155 milhões de tCO₂e no ano de 2050. Essa medida apresenta acúmulo crescente de estoque de carbono até 2035, relativo ao incremento

anual da área a ser regenerada e, a partir de então esse estoque de biomassa passa a oscilar, não havendo mais incremento de área até 2050.

A expansão de florestas plantadas projetada para o período do estudo, de acordo com a demanda de produtos madeireiros, atingiu em 2050 uma área de 16,5 milhões de hectares de florestas de pinus e de eucalipto para fins comerciais. Deste total, 13,5 milhões de hectares são de florestas homogêneas e 3 milhões de hectares consorciados no sistema de integração pecuária floresta. Essa área total acarretará na remoção de 52 milhões de tCO₂e no ano de 2030 e de 62 milhões de tCO₂e em 2050 (Tabela 6). Implícita a esta medida está a redução das emissões pela utilização do carvão vegetal em substituição ao carvão mineral, assim como geração de eletricidade a partir de biomassa, que foram consideradas nos setores indústria e energia.

A medida de mitigação relacionada à recuperação de pastagem degradada, oriunda do Plano ABC e da iNDC implica na recuperação de 30 milhões de hectares de pastagens até o ano de 2030. Neste estudo esta medida foi adotada com flexibilização de prazos, prevendo-se que 15 milhões serão recuperados até 2030 e mais 15 milhões até 2050. As emissões líquidas contabilizadas para esse período foram 20 milhões de tCO₂e no ano de 2030 e 20 milhões em 2050 (Tabela 6).

Segundo dados do observatório do Plano ABC (PLANO ABC, 2015) a pecuária ocupa 25% da área total do Brasil e isso corresponde a 220 milhões de hectares, dos quais estima-se que 50% estejam em processo de degradação e 25% com baixa capacidade de suporte (taxa de lotação menor ou igual a 0,75 UA/ha/ano). Boa parte desta pecuária ainda é extensiva, em razão da grande área de pastagem existente no Brasil. A redução da produtividade, da qualidade da forragem, dos estoques de carbono do solo e o baixo nível de produtividade animal resultam em mais emissões de GEE por unidade de produto nesse sistema.

Considerando o balanço das emissões do uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas e da agropecuária, e as alternativas tecnológicas de redução de emissão contempladas neste estudo (Item 7 - Prospecção Tecnológica), verificou-se que para o ano 2050 o setor de AFOLU apresenta uma emissão líquida de 502 milhões de tCO₂e, 50% a menos do que as emissões estimadas para o ano de 2015.

6. Referências Bibliográficas

- ABRAF (2013). Anuário Estatístico ABRAF 2013 ano base 2012. ABRAF – Brasília, 2013, 148p.
- BALBINO, L. C., et al. (2011). Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, p. 1- 12.
- BNDES (2015) – De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar – uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. BNDES Setorial 41;
- BRASIL (2014). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário estatístico da agroenergia 2014: Statistical year book of agrienergy. 2014 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. Bilíngue. Brasília: MAPA/ACS, 2015. 205p.
- BRASIL (2012). Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura. MAPA/ACS, 2012. 172 p.
- BRASIL. MAPA. (2015). Projeções do Agronegócio: Brasil 2014/2015 a 2024/2025 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. 6ª Edição. Brasília: MAPA/ACS, 2015. 133 p.
- BRASIL. MAPA. (2016) Projeções do Agronegócio: Brasil 2015/2016 a 2025/2026 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. 7ª Edição. Brasília: MAPA/ACS, 2016. 136 p.
- BRASIL (2015) – REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília, 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf Acesso em: fev de 2016.
- BRASIL (2016). Terceiro inventário de emissões anuais de gases de efeito estufa do Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Brasília: MCTI.
- CARVALHO, J. L., RAUCCI, G. S., CERRI, C. E., BERNOUX, M., FEIGL, B. J., WRUCK, F. J. & CERRI, C. C. (2010). Impact of Pasture, Agriculture and Crop-livestock Systems on Soil C Stocks in Brazil. Soil & Tillage Research, p. 175-186.
- CGEE – Second Generation Sugarcane Bioenergy & Biochemicals: Brazilian contribution to Global Public-Private Partnership on Advanced Low-Carbon Technologies. ClimateChange. Positive Agenda. Brasília: Center for Strategic Studies and Management, 2015, 83p.
- CGEE (2015). Modernização da produção de carvão vegetal no Brasil – Subsídios para revisão do Plano Siderurgia. – Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2015.
- CHAZDON, et al. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. Sci. Adv. 2016; 2 May (2016)
- De Gouvello, C.; Britaldo, S.S.F.; Nassar, A.; Schaeffer, R.; Alves, F.J.; Alves, J.W.S. (2010). Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Washington DC. Banco Mundial. Disponível em: http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/LowCarbon_Fulldoc.pdf
- EMBRAPA. Integração Lavoura Pecuária Floresta – ILPF. Fonte: Integração Lavoura Pecuária Floresta – ILPF – nota técnica: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>
- EMBRAPA (2012a). Árvore do conhecimento. Sistema de plantio direto. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/Abertura.html

EMBRAPA (2012b). Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Agrosustentável. Disponível em:<<http://agrosustentavel.com.br/downloads/fbn.pdf>>

EMBRAPA (2011). Integração Lavoura Pecuária Floresta: Estruturação dos Sistemas de Integração Lavoura Pecuária. Dourados: Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>.

EPE (2015). NOTA TÉCNICA DEA XX/15. Cenário Econômico 2050 (Set. 2015).

EPE (2016). NOTA TÉCNICA DEA 13/15. Demanda de Energia 2050 (Jan. 2016).

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016, 452p.

FEBRAPDP, 2013. FEBRAPDP. Evolução da Área Cultivada no Sistema de Plantio Direto na Palha - Brasil. 2013. Disponível em: <http://febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.1.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2016.

GVces. Contribuições para análise da viabilidade econômica da implementação do plano abc e da INDC no Brasil. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, p. 63. 2015

HUNGRIA, M.; CAMPOS, R.J.; MENDES, L.C. (2001). Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. EMBRAPA SOJA. Londrina. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/459673/1/circTec35.pdf>

IBGE (2016) – SIDRA: Banco de dados agregados. Produção Agrícola Municipal. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P>. Acesso em: jan de 2016.

IBGE (2015). Produção da extração vegetal e silvicultura / IBGE. – v 29 (1986-2014). – Rio de Janeiro: IBGE, 2015, 54p.

IBÁ (2016) – Relatório Anual 2016. Disponível em: http://iba.org/images/shared/iba_2016.pdf. Acesso: 15 mai 2016.

iNDC Brasil (2015). Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC. Disponível em http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/Bases_elaboracao_iNDC.pdf. Acesso em: 14mar. 2016.

INSTITUTO ESCOLHAS. Quanto custa reflorestar 12 milhões de hectares na Amazônia e Mata Atlântica? Coordenação: Roberto Kishinami e Shiguo Watanabe Jr. Fevereiro de 2016.

Instituto Sadia de Sustentabilidade. Disponível em: http://cdm.unfccc.int/ProgrammeOfActivities/poa_db/L8VJWHUO4F6CRPTNI2BAZ13QD95YGE/viewCPAs

IPCC (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

IPCC, 2014: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. SPM 4.1, pp. 10-12.

LA ROVERE, et al. (2016) – Projeto IES BRASIL: Relatório técnico AFOLU. Centroclima, UFRJ, 2016.

LA ROVERE, E.L. (Coord.); Dubeux, C.B.S. (Coord.); Junior, A.O.P.; Medeiros, A.; Carloni, F.B.; Turano, P.; Aragão, R.; Solari, R.; Wills, W.; Hashimura, L.; Burgi, A.S.; Fiorini, A.C. (2011). Estudo comparativo entre três cenários de emissão de gases de

efeito estufa no Brasil e uma análise de custo-benefício. Projeto BRA/00/020 – Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental-SQA

MOTA, F. C. M. (2013). Análise da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo de Eucalyptus sp. no Brasil. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. Publicação PPGEFL.DM – 201/2013. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF. 2013. 169p.

MAIA, S.M.F; CARVALHO, J.L.N; CERRI, E.P.C.; LAL, R.; BERNOUX, M.; GALDOS, M.V.; CERRI, C.C. (2013). Contrasting approaches for estimating soil carbon changes in Amazon and Cerrado bios. Soil and Tillage Research – Elsevier Vol. 133, Oct 2013, p 75–84

MAPA, 2016. Integração Lavoura Pecuária Floresta ILPF. Disponível: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/integracao-lavoura-pecuaria-silvicultura>

MOURO GOMES, E., (2015). Risco econômico em sistemas de produção com integração lavoura pecuária (iLP): um estudo de caso em Tangará da Serra – MT. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>

MARTHA Jr Geraldo B. , ALVES Eliseu, Contini Elísio (2011) PECUÁRIA BRASILEIRA E A ECONOMIA DE RECURSOS NATURAIS. Perspectiva Pesquisa Agropecuária 1 EMBRAPA.

NASSAR, A.; MOREIRA, M (2013). Evidences on Sugarcane Expansion and Agricultural Land Use Changes in Brazil. ICONE. Disponível em http://sugarcane.org/resource-library/studies/evidences_on_sugarcane_expansion_and_agricultural_land_use_changes_in_brazil_1206.pdf

NETO, S.N.O.; VALE, A.B.; NACIF, A.P.; VILAR, M.B.; ASSIS, J.B. (2010). Sistema Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária, floresta – Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. 190p.

NOVA CANA (2015). Cana Energia. A revolução sucroenergética está começando. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetica-201015/>. Acesso em 4 abr 2016.

OECD STAT. OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024. Disponível em: http://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=HIGH_AGLINK_2015&lang=en Acesso em: 02 fev 2016.

OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015), OECD-FAO Agricultural Outlook 2015, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en

PLANO ABC, 2015. Observatório do Plano ABC. Invertendo o sinal de carbono da agropecuária brasileira. Uma estimativa do potencial de mitigação de tecnologias do Plano ABC de 2012 a 2023. RELATÓRIO 5 – ANO 2. JULHO 2015

SÃO PAULO, 2002. Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas.

SNIF (2016) – Produção Florestal. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/producao>. Acesso em mar. 2016.

SOARES-FILHO, B. et. al., Cracking Brazil's Forest Code. Science 344, 363–364 (2014).

SOARES FILHO B. Impacto da revisão do código florestal: como viabilizar o grande desafio adiante? Centro de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal de Minas Gerais. Desenvolvimento Sustentável, subsecretaria SAE. 2013, 28p.

TSUKAMOTO FILHO. Fixação de carbono em sistema agroflorestal com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. Tese de doutorado. Viçosa: UFV, 2003, 98p.

UNICA, 2014. Protocolo Agroambiental do Setor Sucreenergético Paulista: Dados consolidados das safras 2007/08 a 2013/14. 2014. Disponível em: <<http://unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=28826518>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

WILLS, W. Modelagem dos efeitos de longo prazo de políticas de mitigação de Emissão de gases de efeito estufa na economia do Brasil. 236p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

7. Prospecção Tecnológica

SETOR	AFOLU
Subsetor	Florestal
Unidade Principal	Hectare / ano

Nova tecnologia				
Nome	Restauração de Floresta Nativa			
Descrição Geral	Restauração de floresta natural em diferentes biomas do território brasileiro, visando recompor o passivo florestal decorrente das modificações entre o atual Código Florestal e sua versão antiga (Lei nº 4.771, 15/09/1965, alterada por MP nº 1.1511, 25/06/1996).			
Método de Projeção	A área a ser recomposta é de 11,4 Mha nos biomas da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa, sendo a maior parte alocada na Amazônia e na Mata Atlântica. Esta área foi determinada segundo a estimativa de passivo florestal apresentada por Soares Filho (2013) e, considerando a meta da iNDC brasileira, de restaurar e reflorestar 12 Mha, até 2030 (meta adotada com flexibilização de prazo). As áreas a serem restauradas constituem-se em área de reserva legal, admitindo-se o cômputo das Áreas de Preservação Permanente no cálculo do percentual da Reserva Legal, desde que o imóvel esteja incluído no Cadastro Ambiental Rural. Considerou-se que o método de restauração é o plantio de mudas de espécies nativas. O período da projeção inicia-se em 2016 e se estende até 2035.			
Região	Brasil			
Nível de utilização da tecnologia (milhões de há)		CPG	Nível mínimo	Nível Máximo
	2015	0		
	2020	2,8 Mha (+2,8 Mha adicionais a 2015)		
	2025	5,7 (+2,9 Mha adicionais a 2020)		
	2030	8,5 (+2,8 Mha adicionais a 2025)		
	2035	11,4 (+2,9 Mha adicionais a 2030)		
	2040	0		
	2050	0		
Investimento (R\$/hectare) Data do câmbio: R\$ de2015	2016: 9.405,00* 2020: 9.405,00 2025: 9.405,00 2030: 9.405,00 2040: 9.405,00 2050: 9.405,00			
	*Não inclui os custos de manutenção dos 2 primeiros anos.			

Elementos de custo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pré-implantação da floresta (construção de aceiros e cercas) 2) Implantação da floresta (limpeza da área, controle de formigas, preparo do solo, calagem, adubação, plantio de mudas, replantio) 3) Custo de mudas e insumos. 			
Inter-relação com outros setores	Industrial e Energético			
Dificuldade de penetração <i>Avaliação: 1= Baixa, 2= Média baixa, 3= Média alta, 4= Alta</i>		Grau de Dificuldade	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas:	2	- Assistência técnica - Disponibilidade de material genético de qualidade	Fomento Florestal
	Econômicas:	4	- Alto custo de investimento	Acesso a financiamento
	Financeiras:	3	- Alto investimento	
	Político-institucionais:	3	- Pendências legais (CAR)	
Externalidades (em relação à baseline)	Ambientais: recuperação de habitats, proteção do solo e dos recursos hídricos, conservação da biodiversidade, aumento do estoque de biomassa das florestas nativas, sequestro de carbono.			
Referências bibliográficas:	<p>Instituto Escolhas. Quanto custa reflorestar 12 milhões de hectares na Amazônia e Mata Atlântica? Coordenação: Roberto Kishinami e Shiguelo Watanabe Jr. Fevereiro de 2016.</p> <p>Soares-Filho B., et al. Cracking Brazil's Forest Code. Science 344, 363–364 (2014).</p> <p>SOARES FILHO B. Impacto da revisão do código florestal: como viabilizar o grande desafio adiante? Centro de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal de Minas Gerais. Desenvolvimento Sustentável, subsecretaria SAE. 2013, 28p.</p> <p>Chazdon et al. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. Sci. Adv. 2016; 2 Mai (2016).</p>			

SETOR	AFOLU
Subsetor	Pecuária – Floresta
Unidade Principal	ha/ano

Nova Tecnologia				
Nome	Integração Pecuária Floresta			
Descrição Geral	A integração Pecuária Floresta, tem a capacidade de evitar as emissões do pasto degradado, absorver CO ₂ e e aumentar a lotação (U.A/ha), entretanto, também há um aumento na aplicação de fertilizante nitrogenado.			
Método de Projeção	Considera-se no cenário de referência um sistema de 40% pastagens e 60% florestas a cada ano. Para a reforma de pasto utilizou-se a baquearia e o componente arbóreo eucalipto em sistemas integrados. Foram considerados 2 milhões de hectares do Plano ABC em 2020, mais 3 milhões de hectares em 2030 da iNDC. Entre 2030 e 2050 a penetração da tecnologia é zero.			
Região	Brasil			
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref.	Nível mínimo	Nível Máximo
	2020	2 milhões de ha		
	2030	5 milhões de ha (+3 milhões ha)		
	2040	0		
	2050	0		
Investimento R\$2015/ha	2020: 2.012 2025: 2.012 2030: 2.012 2040: 0 2050: 0			
Elementos de custo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Investimento inicial para florestas: preparação terreno (combate formigas, alinhamento, corretivos, gradagem, distribuição de adubos), transporte e distribuição de mudas, plantio e irrigação. 2) Investimento inicial – Formação de pastagem (gradagem aradora, de nivelamento, de incorporação, semeadura e adubação). 3) Investimento inicial – Infraestrutura (construção de euca-cercas, instalação de aguadas, saleiras e postes). 4) Manutenção da qualidade do pasto (mistura de corretivos e adubos, distribuição de corretivos e adubos, roçada, etc.). 5) Insumos (Vacinas) 6) Mão de obra (1 homem/300 animais) 7) Animais (Aquisição de novilhos). 			
Interrelação com outros setores	NA			
Dificuldade de penetração <i>Avaliação: 1=</i>		Grau de Dific.	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras

<p>Baixa, 2= Média baixa, 3= Média alta, 4= Alta</p>	Técnicas:	2	As barreiras à adoção de sistemas de produção integração lavoura- pecuária são derivadas mais de influências sociais do que de limitações biofísicas, mas estas dimensões sociais poderiam ser superadas com conhecimento e experiência ao longo dos próximos anos.	
	Econômicas:	1	Mitigação do risco econômico quando utiliza-se sistemas de produção misto.	
	Financeiras:	4	Investimento inicial alto	
	Político-institucionais:			
	Outras:			
<p>Externalidades (em relação à baseline)</p>	<p>Ambientais: manutenção da biodiversidade selvagem, animais selvagens própria para cada zona, gerando espécies de corredores biológicos; diminuição da força da precipitação, gerando uma cobertura de árvores de proteção, ocasionando benefícios auxiliares, tais como: redução do escoamento da água, melhoramento da infiltração e redução das perdas por evaporação de água do solo.</p> <p>Sociais: Geração de empregos ao longo do ano.</p> <p>Econômicos: aumento da produtividade animal, pelas melhoras nas condições de bem-estar (quebra-vento, sombra, diminuição da velocidade de precipitação, aumento da produção de forragem (shelterbelts), etc; diversificação das atividades econômicas na propriedade e minimização dos riscos de frustração de renda por eventos climáticos ou por condições de mercado; menores custos de produção pela maior eficiência no uso de fertilizantes e menor demanda por agroquímicos, pela quebra no ciclo de pragas e doenças e de plantas daninhas.</p>			
<p>Referências bibliográficas:</p>	<p>Balbino, L. C., et al. (2011). Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, p. 1- 12.</p> <p>Carvalho, J. L., Raucci, G. S., Cerri, C. E., Bernoux, M., Feigl, B. J., Wruck, F. J. & Cerri, C. C. (2010). Impact of Pasture , Agriculture and Crop-livestock Systems on Soil C Stocks in Brazil. Soil&Tillage Research, p. 175-186.</p> <p>EMBRAPA (2011). Integração Lavoura Pecuária Floresta: Estruturação dos Sistemas de Integração Lavoura Pecuária. Dourados: Embrapa. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica.</p> <p>De Gouvello, C.; Britaldo, S.S.F.; Nassar, A.; Schaeffer, R.; Alves, F.J.; Alves, J.W.S. (2010). Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Washing DC. Banco Mundial. Disponível em: http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/LowCarbon_Fulldoc.pdf</p> <p>GVces (2015). Contribuições para análise da viabilidade econômica da implementação do Plano ABC e da iNDC no Brasil. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, p. 63.</p>			

	<p>IPCC (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use. Disponível em: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html</p> <p>La Rovere, E.L. (Coord.); Dubeux, C.B.S. (Coord.); Junior, A.O.P.; Medeiros, A.; Carloni, F.B.; Turano, P.; Aragão, R.; Solari, R.; Wills, W.; Hashimura, L.; Burgi, A.S.; Fiorini, A.C. (2011). Estudo comparativo entre três cenários de emissão de gases de efeito estufa no Brasil e uma análise de custo-benefício. Projeto BRA/00/020 – Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental-SQA</p> <p>Maia, S.M.F; Carvalho, J.L.N; Cerri, E.P.C.; Lal, R.; Bernoux, M.; Galdos, M.V.; Cerri, C.C. (2013). Contrasting approaches for estimating soil carbon changes in Amazon and Cerrado biomes. Soil and Tillage Research – Elsevier Vol. 133, Oct 2013, p 75–84</p> <p>Mouro Gomes, E., (2015). Risco econômico em sistemas de produção com integração lavoura pecuária (iLP): um estudo de caso em Tangará da Serra – MT. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica</p> <p>Neto, S.N.O.; Vale, A.B.; Nacif, A.P.; Vilar, M.B.; Assis, J.B. (2010). Sistema Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária, floresta – Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. 190p</p> <p>Observatório ABC (2015). Invertendo o sinal de carbono da agropecuária brasileira. Uma estimativa do potencial de mitigação de tecnologias do Plano ABC de 2012 a 2023</p> <p>Plano ABC (2012). Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arg_editor/download.pdf</p>
--	--

SETOR	AFOLU
Subsetor	Florestal
Unidade Principal	Hectare / ano

Nova Tecnologia				
Nome	Expansão da área de florestas plantadas de eucalipto e de pinus			
Descrição Geral	O plantio de florestas comerciais com espécies de pinus e eucalipto visa o fornecimento de matéria-prima para produção de celulose e papel, energia e madeira para diversos usos industriais (madeira serrada, painéis, compensados, etc.). A expansão das áreas de florestas plantadas tem por objetivo aumentar a oferta de biomassa de origem florestal na matriz energética e zerar o percentual de madeira oriundo de florestas naturais, usada para geração de energia.			
Método de Projeção	A projeção da expansão da área de florestas plantadas no período de 2015-2050 foi feita considerando a demanda de madeira para produção de celulose e papel (projetada pelo setor industrial) e a demanda de madeira para produção de carvão vegetal e de lenha para queima direta (projetadas pelo setor industrial, comercial, residencial e energético). Foi extraída da demanda total, a madeira oriunda do sistema consorciado integração pecuária-floresta projetado segundo metas do plano ABC. Adotou-se a premissa de que a expansão das áreas de florestas plantadas se dará em áreas de ocupadas previamente com pastagens não degradadas.			
Região	Brasil			
Nível de utilização da tecnologia (milhões de há)		Cen. Ref.	Nível mínimo	Nível Máximo
	2020	7,5 (1 milhão de ha adicionais a 2010)		
	2025	8,0 (0,5 milhões de ha adicionais a 2020)		
	2030	8,8 (0,8 milhões de ha adicionais a 2025)		
	2040	11,2 (2,4 milhões de há adicionais a 2030)		
	2050	13,5 (2,3 milhões de há adicionais a 2040)		
Investimento (R\$/hectare) Data do câmbio: R\$ de 2015	2013: 2.901,00 2020: 2.901,00 2025: 2.901,00 2030: 2.901,00 2040: 2.901,00 2050: 2.901,00			
Elementos de custo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Preparo da área (limpeza da área, controle de formigas, preparo do solo) 2) Implantação da floresta (plantio de mudas, replantio, adubação) 3) Custo de mudas e insumos 4) Custo de administração 5) Custo da terra 			
Interrelação com outros setores	Industrial e Energético			
Dificuldade de penetração Avaliação: 1= Baixa, 2= Média		Grau de Dificuldade	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas:	2	- Assistência técnica - Disponibilidade	Fomento Florestal

baixa, 3= Média alta, 4= Alta			de material genético de qualidade	
	Econômicas:	4	- Custo do capital investido - Retorno a longo prazo	Acesso a financiamento
	Financeiras:	3	- Alto investimento inicial	
	Político-institucionais:	3	- Pendências legais (CAR)	
	Outras:			
Externalidades (em relação à baseline)	Ambientais: proteção do solo e dos recursos hídricos, conservação da biodiversidade, manutenção do estoque de biomassa das florestas nativas, sequestro de carbono.			
	Sociais: geração de emprego e renda (fomento), diminuição da pressão sobre as florestas nativas.			
	Econômicos: fornecimento de matéria-prima e geração de renda			
Referências bibliográficas:	Anuário Estatístico ABRAF 2013 ano base 2012. ABRAF – Brasília, 2013, 148p.			
	CGEE (2015). Modernização da produção de carvão vegetal no Brasil – Subsídios para revisão do Plano Siderurgia. – Brasília: Centro de Gestão e EstudosEstratégicos, 2015.			
	BRASIL.MAPA (2012). Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura. MAPA/ACS, 2012. 172 p. http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/producao			
	MOTA, F. C. M. (2013). Análise da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo de <i>Eucalyptus</i> sp. no Brasil. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. PublicaçãoPPGEFL.DM – 201/2013. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade deBrasília – UnB, Brasília/DF. 2013. 169p. Projeto IES BRASIL – Relatório do Capítulo AFOLU (2015)			

SETOR	AFOLU
Subsetor	Agricultura/Pecuária
Unidade Principal	ha/ano

Nova Tecnologia				
Nome	Recuperação de Pastagem			
Descrição Geral	A recuperação da pastagem, por meio da elevação da produtividade primária da pastagem, eleva os aportes de carbono para o solo e, em consequência, sendo uma importante forma de remoção de grandes quantidades de CO ₂ atmosférico (FAO, 2009; ALVES ET AL., 2008). Além disso, o aumento do desempenho dos animais em pastos recuperados resulta em redução das emissões por unidade de produto (LENG, 1991; HOWDEN E REYENGA, 1999).			
Método de Projeção	Adotou-se a migração de pastagens de baixa tecnologia para média tecnologia, assumindo essa migração como <i>proxí</i> para recuperação de pastagens. A migração de sistemas significa a adoção de um novo pacote tecnológico que inclui correção e fertilização do solo, maior rigor no calendário de vacinas, entre outros. Para a reforma de pasto utilizou-se a braquiária. Os custos de produção consideram apenas a produção dentro da propriedade rural (recria e engorda) até a venda do boi gordo para a indústria. Foram considerados 6,2 milhões de hectares em 2020, mais 8,8 milhões de hectares em 2030 para atingir a meta de 15 milhões de hectares de pastagens recuperadas do Plano ABC e da NDC em 2030. Entre 2030 e 2050 duplicou-se a meta de 15 milhões de hectares de pastagens recuperadas, alcançando 30 milhões de hectares da tecnologia em 2050.			
Região	Brasil			
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref.	Nível mínimo	Nível Máximo
	2020	6,2 milhões de ha		
	2030	15 milhões de ha (+8,8 milhões ha)		
	2040	22,5 milhões de ha (+7,5 milhões ha)		
	2050	30 milhões de ha (+7,5 milhões ha)		
Investimento R\$2015/ha	2020: 1.149 2025: 1.149 2030: 1.149 2040: 1.149 2050: 1.149			
Elementos de custo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Investimento inicial – Formação de pastagem (gradagem aradora, de nivelamento, de incorporação, semeadura e adubação). 2) Investimento inicial – Infraestrutura (construção de euca-cercas, instalação de aguadas, saleiras e postes). 3) Manutenção da qualidade do pasto (mistura de corretivos e adubos, distribuição de corretivos e adubos, roçada, etc.). 4) Insumos (Vacinas) 5) Mão de obra (1 homem/300 animais) 6) Animais (Aquisição de novilhos). 			
Interrelação com outros setores	NA			
Dificuldade de penetração Avaliação: 1=		Grau de Dific.	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas:	2		

Baixa, 2= Média baixa, 3= Média alta, 4= Alta	Econômicas:	2		
	Financeiras:	4	Investimento inicial alto se a pastagem estiver muito degradada	
	Político-institucionais:			
	Outras:			
Externalidades (em relação à baseline)	Ambientais: conservação dos recursos naturais			
	Sociais: Melhor qualidade de vida dos produtores envolvidos pelo aumento dos níveis de produção e as margens econômicas.			
	Econômicos: Aumento da rentabilidade por uma melhor taxa de produção do gado de corte.			
Referências bibliográficas:	De Gouvello, C.; Britaldo, S.S.F.; Nassar, A.; Schaeffer, R.; Alves, F.J.; Alves, J.W.S. (2010). Estudo de BaixoCarbono para o Brasil. Washing DC. Banco Mundial. Disponível em: http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/LowCarbon_Fulldoc.pdf			
	Carvalho, J. L., Raucci, G. S., Cerri, C. E., Bernoux, M., Feigl, B. J., Wruck, F. J. & Cerri, C. C. (2010). Impact of Pasture , Agriculture and Crop-livestock Systems on Soil C Stocks in Brazil. Soil&TillageResearch, p. 175-186.			
	Ferreira, L. G., Souza, S. B. & Arantes, A. E. (2014). Radiografia Das Pastagens Do Brasil. Goiânia: LAPIG.			
	GVces (2015). Contribuições para análise da viabilidade econômica da implementação do Plano ABC e da iNDC no Brasil. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas. São Paulo, p. 63.			
	IPCC (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use. Disponível em: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html			
	La Rovere, E.L. et al. (2011). Estudo comparativo entre três cenários de emissão de gases de efeito estufa no Brasil e uma análise de custo-benefício. Projeto BRA/00/020 – Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental-SQA			
	Observatório ABC (2013). Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: A evolução de um novo paradigma. Disponível em: http://gvces.com.br/arquivos/275/abc_novo_paradigma_completo.pdf			
Observatório ABC (2015). Invertendo o sinal de carbono da agropecuária brasileira. Uma estimativa do potencial de mitigação de tecnologias do Plano ABC de 2012 a 2023				
Plano ABC (2012). Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arg_editor/download.pdf				

SETOR	AFOLU
Subsetor	Agricultura

Unidade Principal	Toneladas de cana/ha e Litros de E2G/ha				
Nova Tecnologia					
Nome	Uso da cana energia e etanol de segunda geração				
Descrição Geral	Dentre as opções tecnológicas do setor sucroalcooleiro adotadas no Brasil, destacam-se o desenvolvimento e adaptação da cana energia e a produção do etanol de segunda geração (E2G). A cana energia consiste em uma biomassa mais produtiva, com maior conteúdo de fibras, e complementar o uso, de forma gradativa, da cana-de-açúcar. O E2G é produzido a partir de material lignocelulósico proveniente de biomassa e, seu impacto na produção de etanol pode significar um aumento de até 50% em relação ao nível atual.				
Método de Projeção	O cenário de referência até o ano de 2020 contempla ao plantio de cana-de-açúcar para produção de açúcar e de etanol de primeira geração (E1G). A partir de 2020 considera-se a introdução gradual da cana-energia, como biomassa adicional para produção do etanol, e uma produção crescente de E2G, que atinge 20% da produção total em 2050. Tanto para as variedades de cana (cana-de-açúcar e cana energia) quanto para a produção de E1G e E2G foi considerado um aumento gradual de produtividade até 2050.				
Região	Brasil				
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref. – Cana Energia	Nível Mínimo	Nível Máximo	
	2020	1% da produção total de cana			
	2025	5%			
	2030	10%			
	2040	15%			
	2050	20%			
		Cen. Ref. Etanol 2G	Nível Mínimo	Nível Máximo	
	2020	1% de E2G			
	2025	5% de E2G			
	2030	10% de E2G			
	2040	15% de E2G			
	2050	20% de E2G			
	Investimento (R\$ /hectare) e (R\$/litro) Data do câmbio: R\$ de 2015	Ano	Custo da Produção da Cana Energia		
		2020	6.401,31 (R\$ /hectare)		
2025		6.401,31			
2030		6.401,31			
2040		6.401,31			
2050		6.401,31			
	O custo da nova tecnologia (produção de cana energia) é 32% superior em relação à tecnologia atual (cana-de-açúcar), que é de R\$ 4.863,74 /hectare.				

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Custo da Produção de Etanol 2G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2020</td> <td>1,50 (R\$/Litro)</td> </tr> <tr> <td>2025</td> <td>0,72</td> </tr> <tr> <td>2030</td> <td>0,53</td> </tr> <tr> <td>2040</td> <td>0,53</td> </tr> <tr> <td>2050</td> <td>0,53</td> </tr> </tbody> </table> <p>O custo da nova tecnologia (E2G) em 2020 é 30% superior à tecnologia atual (E1G) que é de 1,15 R\$/L. Em 2025 e 2030 este custo é respectivamente, 14% e 29% inferior à tecnologia atual (0,82 R\$/L em 2025 e 0,75 R\$/L em 2030) Fonte (BNDES, 2015)</p>				Ano	Custo da Produção de Etanol 2G	2020	1,50 (R\$/Litro)	2025	0,72	2030	0,53	2040	0,53	2050	0,53
Ano	Custo da Produção de Etanol 2G															
2020	1,50 (R\$/Litro)															
2025	0,72															
2030	0,53															
2040	0,53															
2050	0,53															
Elementos de custo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Custo de produção da biomassa (operações agrícolas mecanizadas/manuais, insumos, administração, custo da terra) 2) Custo do investimento/adaptação de unidades industriais 3) Custo operacional 															
Interrelação com outros setores	Setores industrial e energético															
Dificuldade de penetração <i>Avaliação: 1= Baixa, 2= Média baixa, 3= Média alta, 4= Alta</i>		Grau de Dificuldade	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras												
	Técnicas:	4	-Difusão da tecnologia agrícola e industrial - Assistência tecnológica -Acessibilidade ao material genético	Criação de políticas de incentivo ao consumo de E2G												
	Econômicas:	4	- Custo do capital investido													
	Financeiras:	4	-Investimento inicial alto (material genético, adaptação/construção das unidades industriais)	Incentivos fiscais, subsídios, mandatos de mistura obrigatória à gasolina.												
	Político-institucionais:	3	-Falta de políticas de suporte ao desenvolvimento e adoção das novas tecnologias	-Criação de marcos regulatórios para a bioenergia; - Incentivo à transferência tecnológica												

Externalidades (em relação à baseline)	<p>Ambientais: redução de impactos ambientais relacionados a mudanças climáticas, ao uso da terra e à substituição de recursos fósseis.</p> <p>Sociais: geração de emprego, independência energética, aumento do bem-estar social.</p> <p>Econômicos: redução dos custos, maior rendimento de etanol e maior produção de cana por área de plantio.</p>
Referências bibliográficas:	<p>BNDES – De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar – uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. BNDES Setorial 41 (2015);</p> <p>CGEE – Second Generation Sugarcane Bioenergy & Biochemicals: Brazilian contribution to Global Public-Private-Carbon Technologies. ClimateChange. Positive Agenda. Brasília: Center for Strategic Studies and Management, 2015, 83p.</p> <p>EPE. NOTA TÉCNICA DEA 13/15. Demanda de Energia 2050 (Jan. 2016)</p> <p>https://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetica-201015/</p>

SETOR	AFOLU
Subsetor	Pecuária
Unidade Principal	m³ de dejetos/ano

Nova Tecnologia				
Nome	Tratamento de Dejetos Suínos			
Descrição Geral	O tratamento correto de efluentes decorrentes de animais estabulados contribui para redução de metano e também possibilita o aumento da renda dos agricultores. As duas principais vias são a compostagem ou energia produzida a partir do biogás. A atividade da medida proposta é o direcionamento dos dejetos das granjas para o sistema de biodigestor. Dentro do biodigestor o biogás é formado pela fermentação do material orgânico. O biogás gerado é direcionado ao sistema de queimador fechado onde é queimado. Este sistema sofisticado evita a emissão dos gases de efeito estufa para a atmosfera, o que é comum nos procedimentos usuais dos atuais sistemas de dejetos da suinocultura.			
Método de Projeção	Número de propriedades com tratamento de dejetos suínos: 2.200 em 2020, 2.509 e 2030, 2.885 em 2040 e 3.626 em 2050. Propriedade típica: 800 cabeças, 2.000 m ³ de dejetos.			
Região	Brasil			
Nível de utilização da tecnologia		Cen. Ref.	Nível mínimo	Nível Máximo
	2020	4,4 milhões de m ³ de dejetos		
	2030	5 milhões de m ³ de dejetos (+0,6 milhões m ³)		
	2040	5,76 milhões de m ³ de dejetos (+0,76)		

		milhões m ³)		
	2050	6,52milhões de m ³ de dejetos (+0,76 milhões m ³).		
Investiment o R\$2015/ha	2020: 1.206 2025: 1.206 2030: 1.206 2040: 1.206 2050: 1.206			
Elementos de custo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Investimento inicial por propriedade: equipamento (Biodigestor – cobertura, PVC, medidor- queimador, gerador de energia). 2) Custo de manutenção 3) Economia na eletricidade por propriedade/ano 			
Interrelação com outros setores	Setor geração elétrica			
Dificuldad e de penetraçã o <i>Avaliação: 1= Baixa, 2= Média baixa, 3= Média alta, 4= Alta</i>		Grau de Dific.	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas:	4		
	Econômicas:	3	Os custos para implementação do sistema do biodigestor e do sistema de queimador fechado são elevados em relação aos custos da prática comum de lagoa aberta impermeabilizada.	
	Financeiras:			
	Político-institucionais:			
	Outras:			
Externalida des (em relação à baseline)	<p>Ambientais e sociais: Diminuição das cargas orgânicas do efluente, diminuindo doenças, odores, vetores de doenças, bactérias, entre outros, levando a uma melhoria na qualidade ambiental e na qualidade de vida local.</p> <p>Econômicos: Maior margem econômica pela diminuição dos custos de energia nos sistemas de produção.</p>			
Referênci as bibliográfic	IPCC (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4 – Agriculture, Forestry and Other			

as:	<p>Land Use. Disponível em: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html</p> <p>UNFCCC (2010). United Nations Framework Convention on Climate Change. Methane capture and combustion from Animal Waste Management System (AWMS) of the 3S Program farms of the Instituto Sadia de Sustentabilidade. Disponível em: http://cdm.unfccc.int/ProgrammeOfActivities/poa_db/L8VJWHUO4F6CRPTNI2BAZ13QD95YGE/viewCPAs</p>
-----	---

8. Avaliação Geral do Setor

Este relatório procurou apresentar as projeções em termos de produção, produtividade e área plantada do setor de AFOLU e estimar as emissões de GEE, considerando as medidas de mitigação contempladas em políticas governamentais, em especial do Plano ABC e da INDC. O cenário projetado neste estudo é denominado de “Cenário do Plano Governamental”. O estudo apresenta resultados a cada 5 anos para o período compreendido entre 2005 e 2050, sendo que as projeções foram feitas a partir de 2015.

Os resultados revelaram uma tendência de maior acréscimo em termos de produção agropecuária do que de área plantada. O que mostra um exemplo típico de crescimento com base no aumento da produtividade.

Para o período de 2015 - 2030 verificou-se que a produção de grãos poderá crescer, em média, 52% enquanto a área deverá expandir 24%. Já para o período de 2030 -2050 a tendência de crescimento da produção de grãos é também de 52% e a expansão de área de apenas 9%. Essa projeção vai de encontro ao aumento de produtividade potencial elevada, especialmente para as culturas de soja e milho.

No caso da cana-de-açúcar o período de 2015-2030 revelou aumento de produção de 57%, entretanto, uma retração de 9% em termos de área plantada. E, para 2030-2050 a produção aumentou 83% enquanto a expansão de área foi de 40%. Esta tendência da produção e área plantada para a cultura da cana pode ser atribuída ao aumento de produtividade da cana-de-açúcar que chega à 106,5 t/ha em 2050 e, principalmente, à inclusão da cana energia, a partir de 2020.

As florestas plantadas de eucalipto e pinus para fins comerciais apresentaram um aumento de produção de cerca de 36% no período de 2015-2030 de 43% no período de 2030-2050, enquanto que o aumento de área foi de, 50% e 40% para os respectivos períodos. Ressalta-se que esse incremento envolve também a produção madeireira oriunda dos sistemas de integração pecuária-florestas.

A produção pecuária de gado bovino de corte e de leite apresentou tendência de crescimento de 4% no período de 2015-2030 e de 10% entre 2030-2050. Por outro lado, a área destinada à pastagem reduziu neste mesmo período, apresentando redução de 58% entre 2015-2050, o que se justifica pela intensificação da recuperação das áreas de pastagens degradadas e conseqüentemente do aumento da capacidade suporte das áreas (aumento das taxas de lotação).

Em termos de emissões de GEE, as estimativas indicaram quedas nas emissões no período de 2015-2020 e posterior crescimento até 2050, atingindo 589 milhões tCO₂e. Esse comportamento pode ser atribuído tanto à redução da produção devido à influência da crise econômica (queda do PIB) quanto à adoção de medidas de mitigação, particularmente, aquelas relacionadas ao Plano ABC e à INDC. Após 2020, observa-se que, mesmo havendo a adoção de medidas de mitigação as emissões relacionadas à fermentação entérica e ao manejo de solos, por exemplo, voltam a crescer.

As emissões relacionadas ao uso da terra, mudança do uso da terra e florestas, incluindo calagem apresentaram queda no período de 2015-2020 mantendo esse comportamento até 2050. Os principais fatores que contribuíram para a redução dessas emissões líquidas foram a premissa de redução das taxas de desmatamento adotada, e o aumento da biomassa por meio de implantação de sistemas florestais tais como a restauração de mata nativa, expansão de florestas plantadas e a recuperação de pastagens.

Considerando o balanço das emissões do setor de AFOLU e as alternativas tecnológicas de redução de emissão contempladas neste estudo, verificou-se que no ano 2050 haverá uma emissão líquida de 502 milhões de tCO₂e, 50% a menos do que as emissões estimadas para o ano de 2015.

Embora as estimativas das emissões do setor de AFOLU sejam significativas, deve-se reconhecer o esforço recente de mitigação e as perspectivas futuras, oriundas dos programas contemplados pelo setor. Outro ponto que merece ser considerado é a capacidade da agricultura de expandir sua produção em escala maior que o aumento das emissões, em razão de ganhos de produtividade, comprovando que possível conciliar as variáveis econômicas e ambientais.