

COMO A PRODUÇÃO DE *COMMODITIES* AGROPECUÁRIAS CUMPRIRÁ AS METAS CLIMÁTICAS DO BRASIL NOS BIOMAS AMAZÔNIA E CERRADO?

Ciniro Costa Junior¹, Lisandro Inakake de Souza¹,
Lisa Rausch², Amintas Brandão Junior², Holly Gibbs²

¹Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (IMAFLOA), Estrada Chico Mendes, 185, Piracicaba, SP 13426-420, Brasil

²Instituto Nelson de Estudos Ambientais, Universidade de Wisconsin, Madison, WI53726

RESUMO

A Amazônia e o Cerrado são as principais regiões produtoras de commodities no Brasil, em especial pela pecuária e soja. A produção dessas commodities deverá ser ampliada no país até 2030, com possível impacto na dinâmica de uso da terra e nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), o que pode comprometer as metas brasileiras de redução de emissões (Contribuição Nacionalmente Determinada - NDC, em inglês) no Acordo de Paris. Este estudo investiga as condições para que a produção de carne bovina e soja na Amazônia e no Cerrado cumpra as metas climática e de produção até 2030, de acordo com dois cenários: 1) expansão das áreas de pastagens e de soja por meio da conversão legal de vegetação nativa, com práticas habituais de manejo (cenário business as usual - BAU); 2) intensificação da pecuária para poupar áreas de pastagens para expansão da soja, sem conversão de vegetação nativa. Os resultados mostram que o manejo das áreas atuais de soja (20,9 milhões de hectares - Mha) e pastagens (106,1 Mha) na Amazônia e no Cerrado emitiu 326,4 ± 76,6 MtCO₂e em 2015 - quase três quartos das emissões do setor agrícola brasileiro naquele ano (490,9 MtCO₂e). Aproximadamente 56% dessas emissões vieram do Cerrado e 97,4% estavam relacionadas à produção de carne bovina. A única fonte de incertezas avaliada nesse trabalho se refere aos estoques de carbono do solo. Sob o Cenário 1, áreas de pastagens e de soja terão que avançar em 11,2 e 9,5 Mha (20,7 Mha), respectivamente, sobre áreas de vegetação nativa, para que os níveis esperados de produção até 2030 sejam alcançados. As emissões de GEE provenientes do manejo agropecuário das áreas expandidas de soja (30,4 Mha) e de pastagens (117,3 Mha) nesses biomas tendem a aumentar em relação aos níveis de 2005 e se distanciar da meta da NDC para o setor agrícola (principalmente devido ao aumento do rebanho e uso de insumos na produção), mas não significativamente por causa das incertezas quanto à variação do estoque de carbono no solo. No entanto, as emissões provenientes da conversão legal de vegetação nativa para a expansão de 20,7 Mha em áreas de produção emitiriam 2,7 GtCO₂e até 2030. De acordo com a NDC brasileira essas emissões precisarão ser compensadas para que a meta do setor de Uso da Terra e Florestas possa ser cumprida. Esse nível de compensação está próximo de 125% das emissões brasileiras de GEE em 2015 (2,1 GtCO₂e), o que torna o Cenário 1 um fardo significativo de mitigação de GEE para a consecução da NDC do país. Sob o Cenário 2, um aumento da lotação animal das áreas de pastagem em 8,5% acima do nível no cenário BAU (de 1,06 a 1,15 UA ha⁻¹) é suficiente para poupar 9,5 Mha de pastagens adequadas não apenas para a expansão da soja, mas também para atender à produção esperada de carne bovina até 2030. As emissões de GEE provenientes do manejo agropecuário do Cenário 2 tendem a diminuir em relação aos níveis de 2005 e se aproximarem da meta da NDC para o setor agrícola (principalmente devido a redução da área de pastagem e aumento da eficiência do rebanho). Contudo, o Cenário 2 evita a compensação em larga escala de emissões de GEE para atender à meta climática. No entanto, a implementação do segundo cenário exige o aprimoramento de políticas que alie a intensificação de áreas de pastagem a incentivos, a fim de evitar a conversão legal e poupar terra para outros sistemas de produção. Fomentar a intensificação moderada das pastagens, ajustar linhas de crédito e mecanismos para estimular a conservação florestal e liberação de áreas já abertas para outros usos e estabelecer sistemas robustos de monitoramento são passos fundamentais para identificar modelos adequados de agricultura de baixo carbono que leve a múltiplos benefícios ambientais e produtivos para os biomas da Amazônia e Cerrado.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos 10 maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE) do mundo (WRI-CAIT, 2012). Cerca de 70% das emissões brasileiras de GEE decorrem de mudança de uso da terra e de atividades agrícolas, sendo os biomas Amazônia e Cerrado as principais fontes dessas emissões provenientes, em especial, de pastagens e da produção de soja (SEEG, 2018). Hoje, a Amazônia e o Cerrado têm perto de 20,9 milhões de hectares (Mha) de soja (3,7 e 17,2 Mha, respectivamente), 106,1 milhões de hectares de pastagens (43,0 e 63,1 Mha, respectivamente) e 110,8 milhões de unidades animal (UA) de bovinos, que são potencialmente responsáveis por mais de 60% da produção atual de soja e de carne bovina no Brasil (Brandão Junior et al., 2017; Parente et al., 2017; ABIOVE, 2016).

A produção brasileira de carne bovina e de soja deverá aumentar 25% e 65% na próxima década, respectivamente (MAPA, 2017), e as regiões do Cerrado e da Amazônia são certamente áreas-alvo para o atendimento dessas expectativas. Essas regiões possuem quase 40 milhões de hectares de vegetação nativa que poderiam ser desmatados em conformidade legal com o código florestal, dos quais 19 milhões de hectares são adequados para a produção de soja e 84% estão concentrados no Cerrado (Brandão Junior et al., 2017). Além disso, estima-se que mais de 50% da área total de pastagens cultivadas nessas regiões estejam degradadas (Costa e Rehman, 1999; Dias-Filho e Andrade, 2006) e poderiam ser usadas para aumentar a produção de carne bovina, bem como para poupar terra para a expansão agrícola (Brandão Junior et al., 2017; Strassburg et al., 2014).

No entanto, a futura produção agrícola deve manter as emissões de GEE em patamares similares aos níveis de 2005. Além disso, as emissões provenientes do desmatamento legal deverão ser compensadas para que a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) para o setor agropecuário e florestal ao Acordo de Paris (Brasil, 2015) seja cumprida. As emissões de GEE provenientes da produção agrícola estão correlacionadas e são afetadas por muitas variáveis, tais como condições edafoclimáticas da propriedade, preparação do solo, rotação de culturas, manejo de fertilizantes e resíduos, estratégias de intensificação de pastagens e fases de produção de bovino de corte (por exemplo, cria, recria, engorda) (Raucci et al., 2015, Kappes, 2013, IPCC, 2006, Cardoso et al., 2016, Figueiredo et al., 2016, Piatto et al., 2016, Maia et al., 2009, Cerri et al., 2007). Portanto, a mudança de uso da terra e as práticas agrícolas para expandir a produção de carne bovina e de soja podem afetar significativamente as emissões de GEE e influenciar o sucesso do compromisso climático do Brasil.

Em vista da importância da Amazônia e do Cerrado para as commodities agrícolas e para as emissões de GEE no Brasil, este estudo investiga as condições para que essas regiões cumpram as metas climáticas e de produção de carne bovina e de soja até 2030, de acordo com dois cenários: expandir áreas de pastagens e de soja por meio da conversão legal de vegetação nativa, com práticas habituais de manejo da produção (cenário BAU); intensificar a pecuária e poupar áreas de pastagens adequadas para acomodar a expansão da soja, sem conversão adicional de vegetação nativa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área agrícola atual e potencial na Amazônia e no Cerrado

Para determinar a área agrícola atual e potencial na Amazônia e no Cerrado, usamos os resultados de Brandão Junior et al. (2018). Este trabalho estima que atualmente há cerca de 20,9 Mha de soja (3,7 e 17,2 milhões de hectares, respectivamente, na Amazônia e no Cerrado) e 106,1 milhões de hectares de pastagens (43 e 63,1 Mha, respectivamente) nessas regiões. Da área já desmatada usada hoje para pastagem, 56 Mha são adequados para a agricultura, inclusive para a produção de soja (27% e 73% na Amazônia e no Cerrado, respectivamente) (Figura 1). Portanto, há uma área líquida adicional de 3 Mha a ser potencialmente aberta sem violar as restrições do Código Florestal (Soarez-Filho et al., 2014) na Amazônia (2 Mha adequados para pastagens e 1 Mha para soja) e quase 35 Mha no Cerrado (15,96 Mha adequados para pastagens e 18,83 Mha para a soja) (Figura 1).

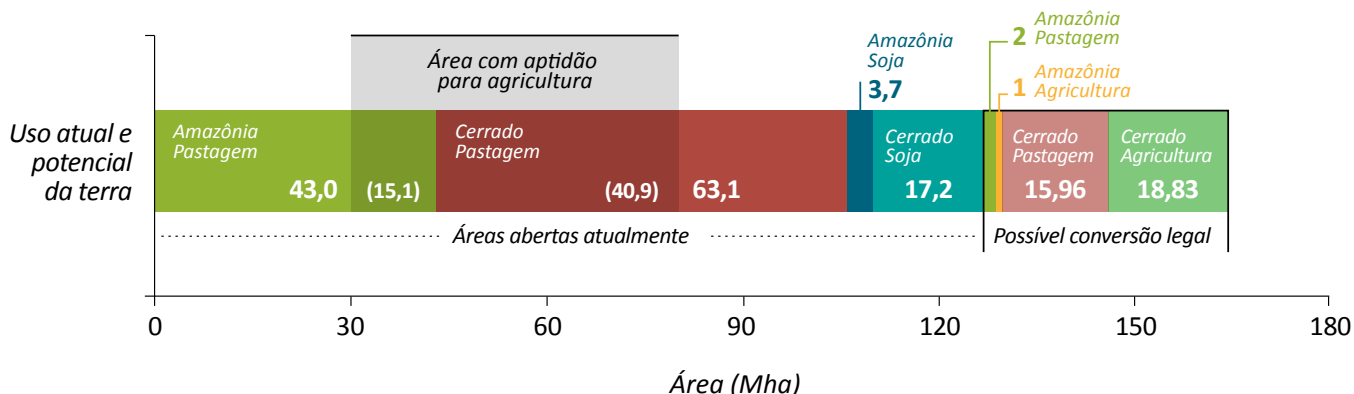


Figura 1 - Uso atual e potencial de terras para pastagens e soja em plena conformidade legal com o Código Florestal Brasileiro (conversão legal líquida) no Cerrado e na Amazônia.

Expectativas futuras de produção de carne bovina e de soja

As projeções da produção esperada de carne bovina e de soja foram obtidas com base em dados históricos (2000-2016) e dados do IBGE e do Ministério da Agricultura do Brasil (MAPA, 2017) projetados para o Brasil (2017-2027). Com base nesses dados, extrapolamos linearmente a produção de carne bovina e a área e a produção de soja para 2030. Partimos do pressuposto de que a participação da produção brasileira de carne bovina e de soja no Cerrado e na Amazônia equivale à área de soja e ao tamanho do rebanho bovino nessas regiões. A área de pastagens e o rebanho necessários para cumprir as metas de produção de carne bovina até 2030 foram estimados com base em dados históricos (2000-2016) sobre área de pastagens, rebanho bovino e produtividade da carne bovina do IBGE, USDA-FAS, Cardoso et al. (2016) e Parente et al., 2017.

Vias futuras para atender às expectativas climáticas e de produção

Cenários de uso e manejo da terra

Brandão Junior et al. estabelece 4 cenários para uso da terra na Amazônia e Cerrado e ainda desagregados por aptidão produtiva (agricultura ou pastagem). Esses cenários de uso e manejo da terra ainda podem ser trabalhados sob diferentes manejos da produção (níveis de intensificação). Portanto a combinação de usos, aptidões e manejos produtivos resultam em ao menos 16 cenários relativos à produção de soja e carne bovina nos biomas. O presente trabalho foca na avaliação de apenas dois desses possíveis cenários, os quais contemplam as duas principais agendas em discussão nas cadeias de valor analisadas.

Assim, os dois cenários de uso e manejo da terra para atender às expectativas de produção de carne bovina e de soja e os impactos de suas respectivas emissões de GEE até 2030 avaliados por este estudo são:

- 1) expandir áreas de pastagens e de soja por meio da conversão legal de vegetação nativa, com práticas habituais de manejo da produção (cenário BAU); e
- 2) intensificar a pecuária e poupar áreas de pastagens adequadas para acomodar a expansão da soja, sem conversão adicional de vegetação nativa.

Fatores de emissão de GEE e de produção agrícola

Para estimar a produção agrícola (carne bovina e soja) e as emissões de GEE nos cenários descritos acima, desenvolvemos fatores baseados em bancos de dados nacionais (IBGE), diretrizes do IPCC (IPCC, 2006) e literatura científica (Cardoso et al., 2016; Raucci et al., 2015; Maia et al., 2009). Para este trabalho, os fatores de emissão de GEE e de produção foram considerados para cinco sistemas de produção de bovino de corte de ciclo completo baseado em pastagem (de 0,5 a 2,75 UA ha⁻¹) para o Brasil (Cardoso et al., 2016), aliados aos valores da variação do estoque de carbono no solo para pastagens degradadas e melhoradas na Amazônia (Maia et al., 2009). Para a soja, consideramos fatores usando duas estratégias de produção (sistemas de cultivo convencional e plantio direto), comumente encontradas na Amazônia e no Cerrado (Raucci et al., 2015; Kappes, 2013; Costa Junior et al., 2013; IPCC, 2006; Bayer et al., 2006) (Tabela A1).

Vale ressaltar que existem muitas incertezas associadas aos fatores utilizados neste trabalho desde os dados de atividade (nível de degradação das pastagens, manejo animal, status de adoção do plantio direto na produção de soja, uso de insumos e capacidade dos solos de sequestrar carbono) aos fatores de emissão - apesar de a maioria deles ter um nível de precisão nível Tier 2 (IPCC, 2006; Tabela A.1). No entanto, este trabalho apenas avaliou o papel da incerteza relacionada a considerar e não considerar a variação do estoque de carbono do solo nas estimativas de GEE (Tabela A1).

Estoque de carbono acima do solo e emissão de GEE proveniente da conversão do solo

A quantidade de carbono armazenada em vegetação em áreas vulneráveis à conversão legal (Brandão Junior et al., 2017; Figura 1) foi calculada com base nos dados do Atlas Agropecuário (IMAFLOA, 2017; Freitas et al., 2018). As emissões de GEE resultantes da conversão dessa vegetação vulnerável em áreas de pastagens e agrícolas foram calculadas multiplicando-se a quantidade de carbono acima do solo (Tabela 1) por 3,67 (conversão de carbono em dióxido de carbono durante a combustão total de biomassa). Emissões de metano e óxido nitroso provenientes da conversão do uso da terra foram omitidas neste estudo.

BIOMA	ADEQUAÇÃO	ÁREA (MHA)	ESTOQUE TOTAL DE CARBONO ACIMA DO SOLO E EM VEGETAÇÃO VULNERÁVEL (T C)
Amazônia	Pastagens	2,0	252,4 ±57,2
	Agricultura	1,0	101,9 ±28,8
Cerrado	Pastagens	15,96	352,7 ±183,5
	Agricultura	18,83	376,6 ±224,1
Total		37,79	1.083,6 ±296,6

± representam incertezas em parâmetros usados em estimativas.

Tabela 1 - Área e estoque total de carbono acima do solo da vegetação líquida vulnerável à conversão legal no Cerrado e na Amazônia e sua adequação agrícola.

RESULTADOS

Emissões atuais de GEE provenientes da produção de carne bovina e de soja no Cerrado e na Amazônia

As emissões provenientes do manejo atual de áreas de soja (20,7 Mha) e pastagens (106,1 Mha) na Amazônia e no Cerrado foram estimadas em $326,4 \pm 76,6$ MtCO₂e em 2015. Aproximadamente 56% dessas emissões de GEE vieram do bioma Cerrado, e 97,4% estavam relacionadas com a produção de bovino de corte (Figura 2). De acordo com a nossa análise, cada hectare de pastagem e de soja nas regiões da Amazônia e do Cerrado emitiu aproximadamente 3,00 e 0,40 tCO₂e ano⁻¹ e 48,2 e 0,12 tCO₂e por tonelada de carne bovina e de soja produzida, respectivamente.

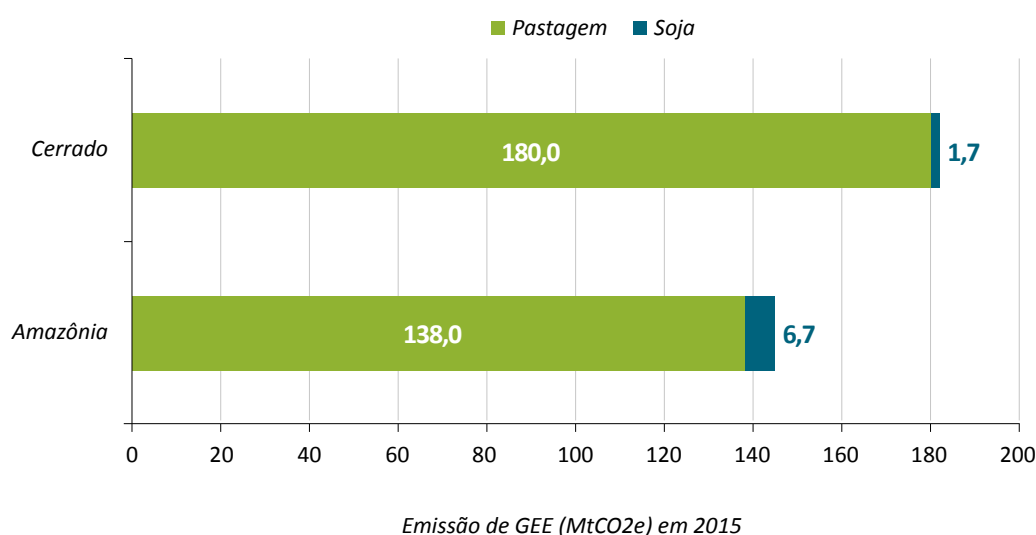


Figura 2 - Estimativa de emissões médias de gases de efeito estufa provenientes de áreas de pastagens (bovino de corte) e soja na Amazônia e no Cerrado em 2015 ($326,4$ MtCO₂e).

O nível de emissões de GEE provenientes do manejo da soja e de pastagens em 2015 ($326,4 \pm 76,6$ MtCO₂e) equivale a 67% do total de emissões do setor agrícola brasileiro naquele ano (491 MtCO₂e) (SEEG, 2018), com tendência para um aumento de 5% em relação aos níveis de 2005 ($311,8 \pm 72,9$ MtCO₂e) (Figura 3), ano de referência da NDC brasileira para o setor agrícola, com emissões do setor agrícola em 2030 não superiores às de 2005 (Brasil, 2015). Esses números destacam a importância da produção de soja e de carne bovina nessas regiões para as emissões atuais e futuras de GEE no Brasil.

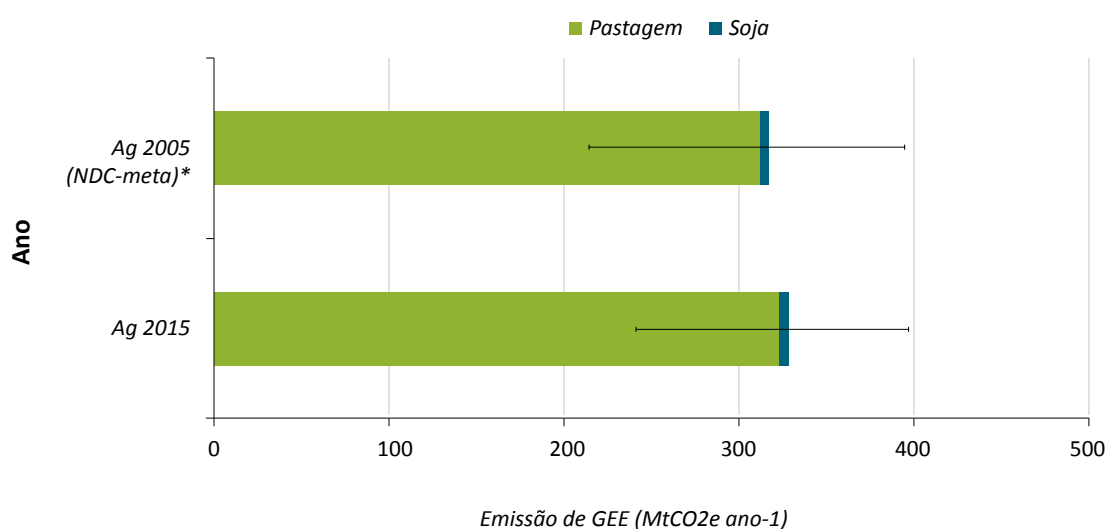


Figura 3 - Estimativa de emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes de áreas de pastagens (bovino de corte) e produção de soja em 2005 e 2015 nas regiões da Amazônia e do Cerrado. Barras representam incertezas relacionadas à variação dos estoques de carbono no solo. *Supondo que a meta da NDC brasileira para o setor agrícola (emissões em 2030 no mesmo nível de 2005) seja aplicada a cada produção agropecuária, a saber, carne bovina e soja.

Dada a complexidade na modelagem da produção de carne bovina em relação à soja, devido ao maior número de variáveis interrelacionadas (área de pastagem, rebanho bovino, produção e produtividade), vale destacar que a precisão dos fatores de emissão de GEE para pastagem (cerca de 98% das emissões totais) utilizadas neste trabalho provavelmente serão conservadoras, uma vez que a produção de carne bovina calculada subestima os valores modelados (Figura A.2). Melhorias na estimativa da produção de carne bovina oriunda das regiões Amazônica e do Cerrado, bem como modelos de produção de carne bovina que melhor representem essas regiões, também são passos importantes para reduzir as incertezas nas estimativas de GEE do presente trabalho.

Expectativas futuras de carne bovina e de soja

Com base em dados históricos e projeções do governo (IBGE; MAPA, 2017), atender à produção prevista para 2030 exigirá a expansão de 15 milhões de hectares de cultivo de soja no Brasil, dos quais 9,5 milhões devem estar nas regiões do Cerrado e da Amazônia (Figura 4; Tabela 2). A produção de soja no Brasil aumentou cerca de 200% de 2000 a 2015 e deverá crescer outros 70% de 2015 a 2030 (de 97,5 para 160,5 Mt). No entanto, um aumento na produtividade da soja não superior a 10% é esperado no mesmo período (de 3,3 para 3,4 t ha⁻¹). Portanto, a expansão da área de soja provavelmente ocorrerá para que sua produção aumente significativamente até 2030.

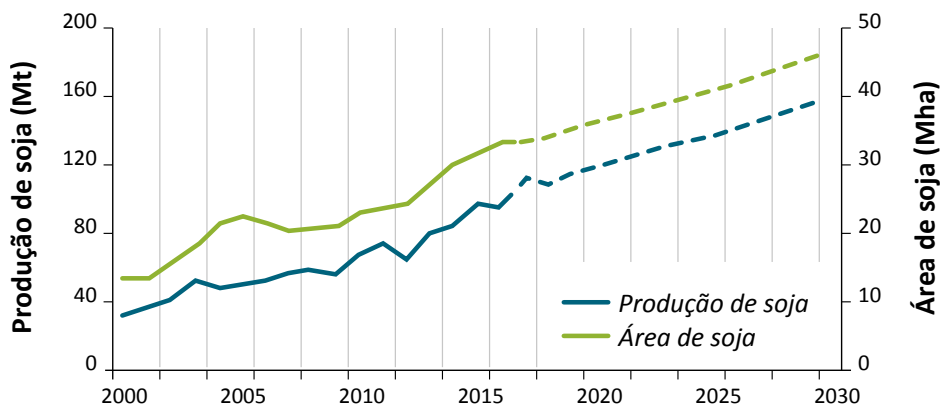


Figura 4 - Produção de soja histórica e projetada no Brasil até 2030

A produção de carne bovina deverá atingir 12,1 Mt em 2030, conforme as tendências atuais (MAPA, 2017). Historicamente, de 2000 a 2015 a área de pastagens, o rebanho bovino, a produção de carne bovina e a produtividade da carne bovina no Brasil aumentaram 16% (de 152,0 para 176,0 ha), 27% (de 124,6 para 158,5 UA), 44% (de 6,5 para 9,4 Mt) e 24% (de 43 a 54 kg de carne ha-1ano-1), respectivamente (Figura 5; Tabela 2). Esses números mostram que, embora a produtividade tenha melhorado ao longo do tempo, a produção de carne bovina no Brasil ainda é influenciada pelo aumento do rebanho bovino e da área de pastagens (Figura 5; Figura A1).

Portanto, no cenário de manejo BAU, o atendimento da expectativa de produção brasileira de carne bovina até 2030 (12,1 Mt) exigiria mais 18,4 milhões de UA e 18,7 milhões de hectares de terras de pastagens, dos quais 14,0 milhões de UA e 11,2 milhões de hectares deverão ocorrer no Cerrado e na Amazônia (Figura 5; Tabela 2).

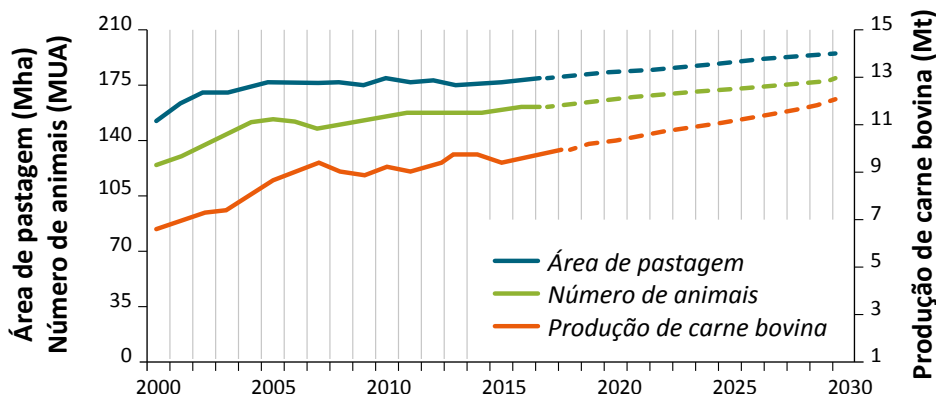


Figura 5 - Histórico e projeção de área de pastagens, rebanho bovino e produção de carne bovina no Brasil até 2030 (manejo no cenário business as usual)

No entanto, ao contrário da soja, a produção de carne bovina no curto prazo também pode aumentar sem que seja necessário expandir a área de pastagens e o rebanho animal, ou seja, melhorando sua produtividade. Com a adoção de práticas mais eficientes de manejo de pastagens e de animais, a produtividade da carne pode atingir mais de 200 kg de carne ha-1 ano-1 ou 4 vezes a produção atual de carne bovina (Figura A2; Cardoso et al., 2016). Essa última opção pode até mesmo permitir a retração da área de pastagens, poupando terra para outros usos, inclusive os 9,5 Mha necessários para a expansão da soja nas regiões do Cerrado e da Amazônia até 2030.

Para poupar 9,5 Mha para a produção de soja sem comprometer as metas de produção de carne bovina, a área de pastagens e o rebanho bovino atuais na Amazônia e no Cerrado devem aumentar de 1,04 para 1,15 UA ha-1, resultando em 96,7 Mha de pastagens com 110,8 M UA nessas regiões (Figura A2).

REGIÃO	2015 (ATUAL)			2030 (EXTENSIFICAÇÃO)		
	Brasil	Amazônia	Cerrado	Brasil**	Amazônia‡	Cerrado‡
Área de soja (Mha)	32,2	3,7 (11,5%)*	17,2 (53,4%)	46,9	5,4	25,0
Produção de soja (Mt)	97,5	10,3‡	48,5‡	160,5	17,0	79,8
Área de pastagens (Mha)	176,0	43,0 (24,5%)	63,1 (36,0%)	193,8	47,5	69,8
Rebanho bovino (MUA)	158,5	47,5 (29,9%)	63,3 (39,9%)	178,8	53,5	71,3
Lotação de gado (UAha-1)	0,90	1,10	1,00	0,92	1,13	1,02
Produção de carne bovina (Mt)	9,4	2,8‡	3,8‡	12,1	3,6	4,8

* Os números entre parênteses representam a porcentagem do valor total (Brasil); ** estimativa com base em projeção de MAPA (2017), IBGE, Parente et al. (2017); Brandão et al. (2018); ‡estimativa com base na porcentagem do valor total. ‡supostamente na mesma proporção de 2015.

Tabela 2 - Variáveis estimadas da área de soja e de pastagens em 2015 e 2030 (manejo e uso da terra no cenário BAU) no Brasil, no Cerrado e na Amazônia.

Atendimento de expectativas futuras: expansão da produção de carne bovina e soja por meio da conversão legal de vegetação nativa na Amazônica e no Cerrado

No cenário de manejo BAU, a área de pastagens e soja necessária para atingir a produção esperada até 2030 (na Amazônia e no Cerrado) deve ser ampliada em 11,2 e 9,5 Mha - chegando a 117,3 e 30,4 Mha naquele ano, respectivamente. Esses aumentos parecem viáveis, considerando-se que há cerca de 19 e 20 milhões de hectares, respectivamente, de vegetação nativa adequada para essa produção, que poderiam ser legalmente desmatados na Amazônia e no Cerrado (Brandão Junior et al., 2017) (Figura 1; Tabela 1, 2).

A estimativa de emissões de GEE provenientes do manejo agropecuário da área expandida de soja (30,4 Mha) e de pastagens (117,3 Mha) até 2030 é de $367,5 \pm 86,8$ MtCO₂e (Figura 6). Quase 97% dessas emissões seriam provenientes de pastagens para produção de carne bovina (Figura 6; 7). Esse nível de emissões totais tende a ser 18% superior à meta da NDC para o Setor-Agr (311,8 \pm 72,9 MtCO₂e), mas deve ser suficiente para cumprir a meta, considerando-se incertezas nas estimativas (Figura 6; 7).

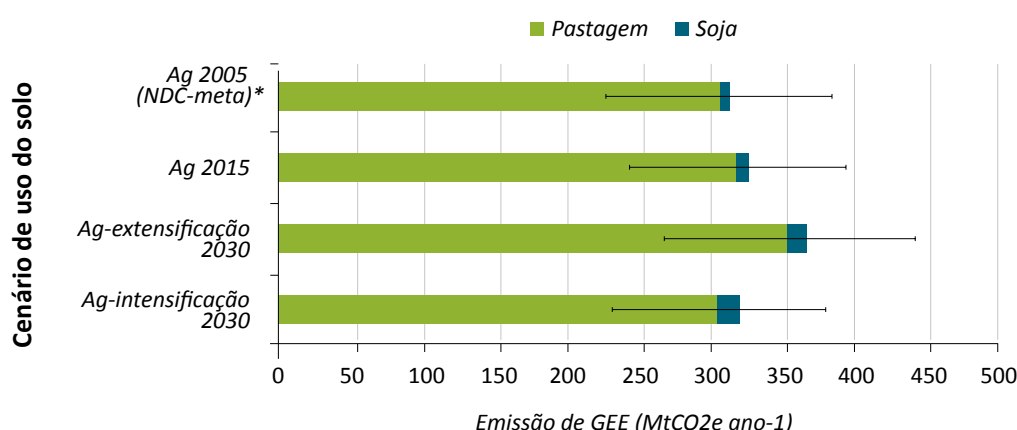


Figura 6 - Estimativas de emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes de áreas de pastagens (bovino de corte) e produção de soja em 2005, 2015, e dois cenários para a expansão da produção até 2030 na Amazônica e no Cerrado. Barras representam incertezas relacionadas à variação dos estoques de carbono no solo. *Supondo-se que a meta da NDC brasileira para o setor agrícola (emissões em 2030 no mesmo nível de 2005) seja aplicada para cada produção agropecuária, a saber, carne bovina e soja.

Nesse cenário, as emissões médias de GEE por hectare de pastagem seriam praticamente constantes (de 3,00 a 3,03 tCO₂e ha⁻¹ ano⁻¹), mas as emissões da produção de carne bovina cairiam 12% (de 48,2 para 42,3 tCO₂e ton por carne produzida) (Figura 7). Melhorias no manejo de pastagens e de animais no cenário BAU podem promover o sequestro de carbono no solo e melhorar o desempenho da produção de carne bovina, o que poderia potencialmente compensar parte das emissões provenientes do aumento do uso de insumos (Tabela A1).

As emissões de GEE provenientes das áreas de soja não seriam afetadas (de 0,40 tCO₂e ha⁻¹ ano⁻¹), e há apenas uma pequena redução de emissões por tonelada de soja (de 0,120 a 0,117 tCO₂e) (Figura 7), devido ao aumento de produtividade da soja no período (de 3,34 para 3,40 t ha⁻¹ ano⁻¹ - MAPA, 2017).

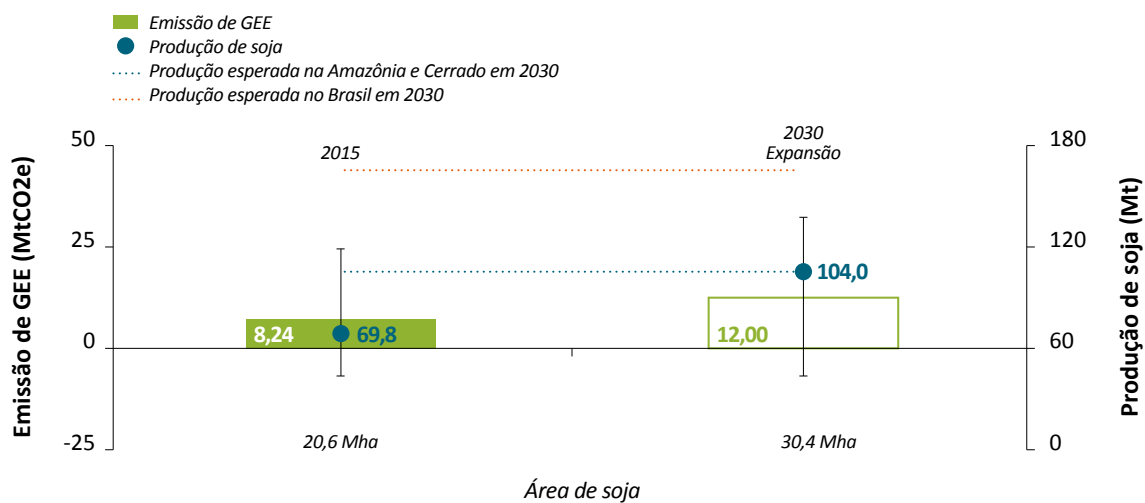
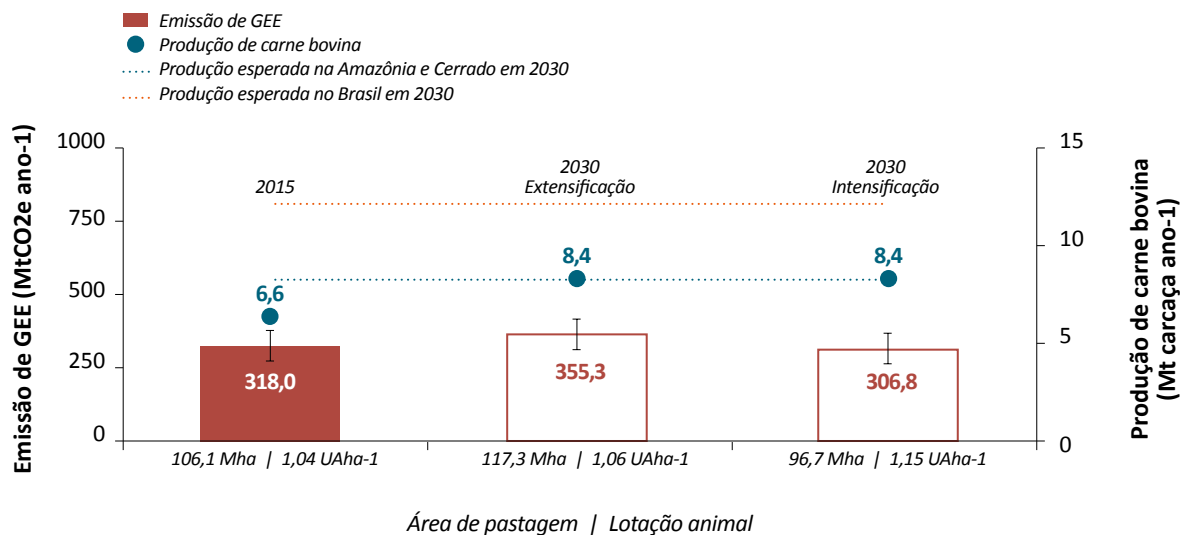


Figura 7 - Estimativas de emissões de GEE e produção provenientes de (A) pastagens para bovino de corte (em dois tamanhos de área e taxa de lotação animal) e (B) soja em 2015 e 2030 na Amazônia e no Cerrado. Barras representam incertezas relacionadas à variação dos estoques de carbono no solo.

Por outro lado, esse cenário exige a compensação das emissões de GEE provenientes de mudança de uso da terra (Figura 7). A expansão de 20,7 Mha até 2030 (11,2 Mha de pastagens e 9,5 Mha de soja) emitiria $2.670,0 \pm 1.175,1$ MtCO₂e devido a perdas de carbono acima do solo durante a conversão de vegetação nativa em áreas de pastagem e de soja. Estimamos que 63% dessas emissões seriam provenientes da região do Cerrado ($1672,5 \pm 598,2$ MtCO₂e) (Figura 8). Essa quantidade de GEE (2,7 GtCO₂e) equivale a cerca de 125% do total de emissões brasileiras de GEE em 2015 (2,1 GtCO₂e) (SEEG, 2018) ou 14% da quantidade de CO₂ que o Brasil pode emitir em um esforço mundial para manter a temperatura média global abaixo de 2°C até 2050 (Rochedo et al., 2018).

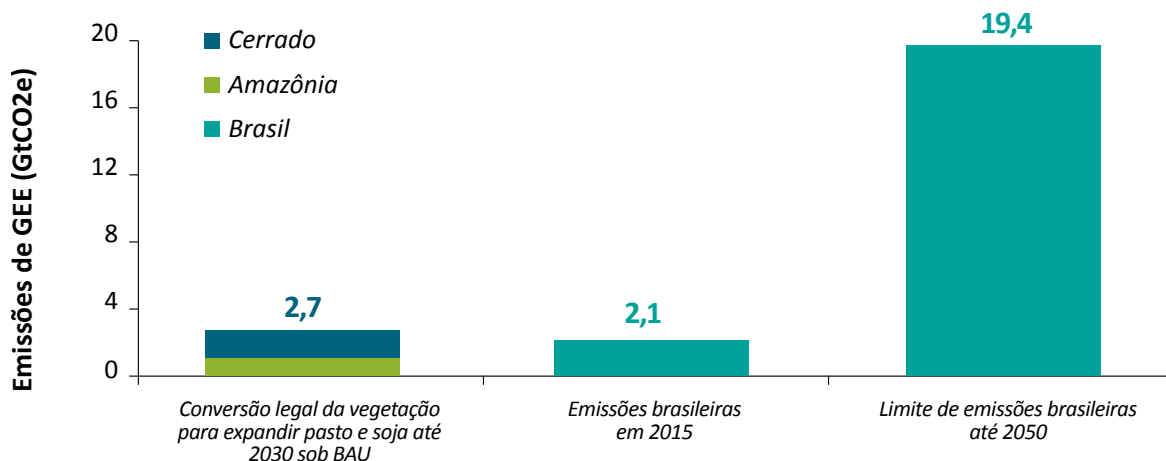


Figura 8 - Emissões de gases de efeito estufa (GEE) oriundas da conversão legal de vegetação nas regiões Amazônica e Cerrado para expansão das áreas de pastagem (11,2 Mha) e soja (9,5 Mha) para alcançar as produções previstas sob manejo Business as Usual (BAU), emissões brasileiras em 2015 (SEEG, 2018) e o orçamento brasileiro de emissões entre 2017-2050 (todos os setores) para atender o esforço mundial para manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2 ° C (Rochedo et al., 2018). Barras representam incertezas relacionadas à ao estoque de carbono acima do solo.

De acordo com a meta da NDC brasileira para o setor de Uso da Terra e Florestas, qualquer emissão proveniente da conversão legal de vegetação nativa precisará ser compensada: “fortalecer políticas e medidas com vistas a alcançar, na Amazônia brasileira, conversão ilegal zero até 2030 e compensar as emissões de gases de efeito estufa provenientes da supressão legal de vegetação até 2030” (Brasil, 2015a). Embora a declaração da NDC esteja direcionada mais à Amazônia, os resultados deste trabalho chamam a atenção para grandes volumes de emissões de GEE provenientes de Mudança de Uso da Terra que poderão vir do Cerrado para apoiar a expansão de commodities agrícolas nos próximos anos e que também precisam ser compensadas.

Assim, as emissões provenientes do manejo de áreas expandidas de produção de carne bovina e de soja no Cerrado e na Amazônia devem cumprir a meta da NDC para o setor agrícola até 2030. Mas as emissões provenientes da conversão legal de vegetação natural para expandir áreas de pastagens e de soja (2,6 GtCO2e) terão que ser compensadas, para que a meta da NDC para o setor de Uso da Terra e Florestas seja cumprida.

Atendimento de expectativas futuras: aumentar a produção de carne bovina e de soja intensificando a pecuária e poupando terras para a expansão de cultivos

Outra opção para expandir a produção de carne bovina e de soja sem aumentar as áreas de produção e, conseqüentemente, evitar a compensação em grande escala de emissões de GEE provenientes de mudança de uso da terra, é melhorar o uso de áreas agrícolas consolidadas, especialmente pastagens. As regiões da Amazônia e do Cerrado possuem 106,1 Mha de pastagens, dos quais 56,2 Mha são adequados para a agricultura, incluindo a produção de soja (Brandão Junior et al., 2017). Se essa área de 56,2 Mha for usada para o cultivo da soja, a produção atual de soja da Amazônia e do Cerrado poderá ser ampliada em 300%, ou seis vezes a produção esperada até 2030 (Figura 1; Tabela 2).

Poupar 9,5 Mha para expandir a produção de soja e cumprir a meta de produção de carne bovina (12,1 Mt), requer uma intensificação de pastagens de 1,04 para 1,15 UA ha⁻¹ na Amazônia e no Cerrado, resultando em 96,7 Mha de pastagens com 110,8 M UA sobre essas regiões. Esse nível de intensificação equivale a 8,5% acima do esperado para a taxa de lotação animal no cenário BAU até 2030 (1,06 UA ha⁻¹) (Tabela 2; Figura 7).

As emissões de GEE provenientes de pastagens intensificadas (96,7 Mha) e da área expandida de soja (30,4 Mha) na Amazônia e no Cerrado seriam de 320,0 ± 75,2 MtCO₂e (96,2% de pastagens - Figura 6; 7). Esse nível de emissão ainda não apresenta diferença significativa em comparação com a meta da NDC para o Setor-Agr (311,8 ± 72,9 MtCO₂e) e com os níveis de 2015 (326,4 ± 76,6 MtCO₂e) (Figura 7), mas tende a ser apenas 2% superior à meta e 13% inferior ao cenário de extensificação (Figura 6).

Em comparação com os níveis de 2015, a intensificação das áreas de pastagem mostrou uma tendência (não significativa) de aumento de emissões por hectare de 5% (de 3,00 para 3,17 tCO₂e ha⁻¹ ano⁻¹), principalmente devido ao maior uso de insumos do solo (Tabela A1). No entanto, as emissões resultantes da produção de carne bovina seriam reduzidas em 24%, de 48,2 para 36,5 tCO₂e ton por carne produzida. As emissões de GEE provenientes da área de soja não seriam afetadas em comparação com o cenário de extensificação (Figura 6). No entanto, o cenário de intensificação não exige a compensação de emissões de GEE provenientes de mudança de uso da terra (Figura 8; Brasil, 2015a).

A intensificação da produção atual de carne bovina nas regiões do Cerrado e da Amazônia, com base na recuperação de terras degradadas e na melhoria do manejo animal (por exemplo, técnicas de reprodução, pastagem rotativa e fornecimento de suplementos de grãos), tem o potencial de aumentar em 4 a 5 vezes a taxa de lotação animal (de 1,0 a 4,0 UA ha⁻¹) e a produção de carne bovina (de ~80 a ~400 kg de carcaça/ha⁻¹) esperadas até 2030 (Bogaerts et al., 2017; Figueiredo et al., 2016; Cardoso et al., 2016; ICV, 2016). Entretanto, nem todo manejo de pastagens é capaz de potencialmente manter os níveis atuais de emissão de GEE (Figura A2). Por exemplo, a intensificação da pecuária bovina em larga escala acima de 2,0 UA ha⁻¹ em 97,6 Mha poderia produzir carne para atender mais de 200% da produção brasileira esperada até 2030 (12,1 Mt), mas com emissões de GEE 2,5 vezes maiores do que as de hoje, comprometendo, assim, a capacidade do setor agrícola de cumprir sua meta de NDC (Brasil, 2015a) e gerando, potencialmente, um excesso de oferta de carne ao mercado (Figura A2).

RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS E OBSERVAÇÕES FINAIS

O uso de áreas já desmatadas nos biomas Amazônia e Cerrado parece ser um roteiro promissor para atender às expectativas por commodities de carne bovina e soja com conversão zero de vegetação nativa, cumprindo, ao mesmo tempo, os compromissos climáticos do Brasil. De acordo com nossa análise, manter o tamanho atual do rebanho (108 M UA) e intensificar as pastagens em 8,5% no cenário BAU (de 1,06 UA ha⁻¹ para 1,15 UA ha⁻¹) deve ser suficiente para poupar 9,5 dos 56,2 milhões de hectares da área de pastagens adequadas à soja, para atender tanto às expectativas de produção (carne bovina e soja) quanto as metas climáticas (Brasil, 2015a) (Tabela 2; Figura 6; 7).

Sem intensificar áreas de pastagens e poupar áreas para expansão da soja, a produção tanto de carne bovina quanto de soja provavelmente terá que avançar sobre 20,7 Mha de vegetação nativa, possivelmente por vias legais, a fim de atender às expectativas até 2030. No entanto, o avanço da área agrícola sobre 20 Mha de vegetação nativa pode levar a uma emissão de 2,7 ± 1,1 GtCO₂e que precisa ser compensada no âmbito do compromisso da NDC brasileira (Figura 8; Brasil, 2015a). Esse orçamento de emissões equivale a 125% do total de emissões brasileiras de GEE em 2016 (SEEG, 2018) ou 14% da quantidade de CO₂ que o Brasil pode emitir em um esforço mundial para manter a temperatura média global abaixo de 2°C até 2050 (Rochedo et al., 2018). E, conseqüentemente, pode acrescentar um ônus significativo à capacidade do país de cumprir sua NDC (Brasil, 2015a). Além disso, as emissões de GEE provenientes do manejo de pastagens e de soja tendem a se afastar da sua meta.

Portanto, alinhar as expectativas de produção da agricultura brasileira e o planejamento do uso da terra com o compromisso climático é fundamental para evitar obstáculos de políticas. Juntas, as regiões da Amazônia e do Cerrado têm perto de 1.100 Mt C (3.976,8 ± 1.888,5 MtCO₂e) armazenados em vegetação vulnerável ao desmatamento ilegal (Tabela 1). Essa quantidade de carbono estocado poderia, por exemplo, ser usada para criar programas e incentivos junto a cadeias de fornecimento e produtores globais para promover melhorias nas práticas de manejo agrícola, tais como intensificar pastagens e poupar terras para outros usos.

A intensificação de pastagens é uma das questões mais importantes na agenda climática e de uso da terra no Brasil. Juntos, os compromissos da NAMA e da NDC do Brasil, por meio do Plano ABC, visam restaurar 30 Mha de pastagens degradadas de 2010 a 2030, a fim de melhorar a produção de carne bovina, permitir a expansão de cultivos e reduzir as emissões de GEE, principalmente por meio do sequestro de carbono no solo (Brasil, 2015b).

Esses compromissos parecem ser oportunos e coerentes, uma vez que os sistemas de pastagens nas regiões da Amazônia e do Cerrado são caracterizados por uma baixa taxa de lotação animal (~ 1 UA por hectare) e um alto nível de degradação (Fearnside e Barbosa, 1998; Costa e Rehman, 1999; Valentim e Andrade, 2009; Bustamante et al., 2012). Estima-se que mais de 50% da área total de pastagens cultivadas no bioma Cerrado (Costa e Rehman, 1999) e mais de 60% no bioma Amazônia (Dias-Filho e Andrade, 2006) estejam degradadas e usem menos de 30% da sua capacidade de produção (Strassburg et al., 2014).

Embora a produtividade de carne bovina tenha aumentado 66% no mesmo período (2000-2015), ela poderia ser pelo menos duas vezes maior se técnicas de manejo animal e de pastagens amplamente conhecidas fossem implantadas em todo o país (IBGE; USDA-FAS; Parente et al., 2017; Cardoso et al., 2016; Barbosa et al., 2015). Esse resultado sugere que a área de pastagens e o rebanho animal estão de alguma forma superdimensionados para a produção de carne bovina e provavelmente poderiam ser reduzidos sem comprometer as expectativas de produção (Figura 6).

De 2000 a 2015, a produtividade da soja aumentou 26% (de 2,4 para 3,0 t ha⁻¹), mas deverá aumentar menos de 10% de 2015 a 2030 (de 3,34 para 3,40 t ha⁻¹) (MAPA, 2017; IBGE). Sem investimentos em novas tecnologias, parece que pouco pode ser feito no curto prazo para aumentar significativamente a produtividade da soja no Brasil em comparação com o aumento proporcional na produtividade da carne bovina. Assim, poupar terras de pastagens para expandir outros sistemas de cultivo parece razoável para apoiar a expansão da produção tanto de carne bovina quanto de soja.

Desde 2010 o Programa ABC (linha de crédito para atingir as metas do Plano ABC) já desembolsou mais de ~ 3 bilhões de dólares (22 bilhões de reais) para práticas de agricultura de baixo carbono (Observatório do ABC, 2017; Imaflores, 2018). A maior parte desses recursos foi investida na recuperação de pastagens, mas a ausência de mecanismos para acompanhar a eficiência desse recurso no solo é uma barreira para entender o efeito de mitigação e as compensações de GEE, tais como intensificação e poupança de terra, quando a demanda por área e pressão de expansão sofrem retração via acomodação da produção em pastagens mais eficientes. Assim, o estabelecimento de tal mecanismo pode ser uma prioridade para que o Programa ABC financie efetivamente práticas de agricultura de baixo carbono sem promover o vazamento de emissões (como as provenientes de mudanças no uso do solo) e, em última análise, incentive um melhor uso dos recursos públicos. Além disso, o Programa ABC parece ser uma boa linha de crédito para testar mecanismos inovadores de pagamento pelo uso de melhores práticas de manejo, poupança de terra e conservação de florestas em áreas privadas.

Finalmente, reduzir incertezas em informações espaciais regionais sobre níveis de degradação de pastagens, capacidade de armazenamento de carbono do solo e adequação para a intensificação da produção de carne bovina, bem como adotar sistemas de cultivo nos biomas Cerrado e Amazônia são passos fundamentais para melhor validar e entender as compensações entre balanço de emissões de GEE, intensificação da produção de bovino de corte e poupança de terra e, finalmente, para identificar modelos de agricultura de baixo carbono apropriados para a obtenção de múltiplos benefícios ambientais e produtivos nessas regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE. 2016. Referência área de soja na Amazônia Relatório de Monitoramento Agrosatélite- Moratória da Soja. [http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/17062016-122943-moratoria2016_\(1\).pdf](http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/17062016-122943-moratoria2016_(1).pdf)

Azevedo, T.R., Costa Junior, C. Brandão Junior, A. et al. SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. *Nature Scientific*, 5 - 180045 <https://www.nature.com/articles/sdata201845>

Barbosa, F.A. et al. 2015. Cenários para a pecuária de corte amazônica. 1.ed. - Belo Horizonte: Ed. IGC/UFMG, 2015. 146 p. <http://csr.ufmg.br/pecuaria/pdf/contexto.pdf>

Bogaerts, M. et al. 2017. Climate change mitigation through intensified pasture management: estimating greenhouse gas emissions on cattle farms in the Brazilian Amazon. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1539-1550.

Brandão Junior, Amintas. 2017. Land Pools Under Different Policy Scenarios for Soy and Cattle in the Amazon and Cerrado biomes. Report for the Collaboration for Forests and Agriculture (CFA).

Brazilian Annual Land Use and Land Cover Mapping Project. MapBiomas <http://mapbiomas.org/>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sistema de Recuperação de Dados - SIDRA <http://www.sidra.ibge.gov.br>.

Cardoso, A.S. et al. 2016. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*, 143, 86–96.

Cerri, C. E. P. et al. 2007. Tropical agriculture and global warming: Impacts and mitigation options. *Scientia Agricola*, 64, 83-99.

Costa, F.P. et al. 1999. Exploring the link between farmers' objectives and the phenomenon of pasture degradation in the beef production systems of Central Brazil. *Agricultural Systems*, 61, 135–146.

Costa Junior, C. et al. 2013. Assessing soil carbon storage rates under no-tillage: Comparing the synchronic and diachronic approaches. *Soil Tillage Research*, 134, 207-212.

Dias-Filho et al. 2006. Pastagens no trópico úmido. Documentos 241. Embrapa Amazônia Oriental.

Figueiredo, E.B. et al. 2016. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1-12.

Fearnside, P.M., Barbosa, R.I., 1998. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 108, 147–166.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1998). FAOSTAT statistics database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

Freitas, F. et al. 2018. Who owns the Brazilian carbon? *Global Change Biology*, 24, 2129-2142.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brazilian Institute of Geography and Statistics). Produção Agrícola Municipal (Municipal Agricultural Production in Brazil). Available at: <http://www.sidra.ibge>. IMAFLORA. Atlas Agropecuário. <http://www.imaflora.org/atlasagropecuario/>

IMAFLORA. SEEG - EMISSÕES DO SETOR DE AGROPECUÁRIA <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/06/relatorios-SEEG-2018-agro-final-v1.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl>.

Kappes, C. Sistemas de cultivo de milho safrinha no mato grosso. XII Seminário Nacional Milho Safrinha. EMBRAPA 2013. <http://www.cpao.embrapa.br/cds/milhosufrinha2013/palestras/5CLAUDINEIKAPPES.pdf>

LAPIG. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. <https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/pesquisa/programas-tematicos>

Maia, S.M.F. et al. 2009. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. *Geoderma*, 149, 84–91.

MAPA (2012). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa emissão de carbono). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília, MAPA/ACS, 2012. 172 p.

MAPA (2017). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio : Brasil 2016/2017 a 2026/2027 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília : Mapa/ ACS, 2013. 96 p.

Marcuzzo, Sílvia Franz. Programa Novo Campo: Estratégia de pecuária sustentável na Amazônia. / Sílvia Franz Marcuzzo e Andréa de Lima. Alta Floresta-MT: ICV, 2015. http://www.fundovale.org/wp-content/uploads/2016/04/ICV_Estrategia_pecuaria_sustentavel_amazonia.pdf

Merry, F. and Soares-Filho, B. 2017. Will intensification of beef production deliver conservation outcomes in the Brazilian Amazon? *Elementa*, 5: 24.

Moreira, V.R. et al. 2016. Assessment of the Economic Structure of Brazilian Agribusiness. The Science World Journal. <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2016/7517806/>

Observatório do Plano ABC, 2017c. Sistema de monitoramento. <http://observatorioabc.com.br/sistema-abc/>.

Parente, L., Ferreira, L., Faria, A., Nogueira, S., Araújo, F., Teixeira, L., Hagen, S. 2017. Monitoring the Brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the landsat 8 spectral and temporal domains. International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation, 62, 135–143.

Piatto, M; Costa Junior, C. Good Livestock Production Practices Reduce GHG emissions and Increase Meat Production In The Amazon. Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora). Clima, 2016. http://www.imaflora.org/download.php?d=downloads/biblioteca/5a955714ad998_IMF-good-agricultural-livestock-practices-WB.pdf

Raucci, G.S. et al. 2015. Greenhouse gas assessment of Brazilian soybean production: a case study of Mato Grosso State Journal of Cleaner Production, 96, 418-425.

Rochedo, P. R. R., Soares-Filho, B., Schaeffer, R., Viola, E., Szklo, A., Lucena, A. F., Koberle, A., Davis, J.L., Rajão, R., Rathmann, R. 2018. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. Nature Climate Change. <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0213-y#article-info>

Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG). <http://seeg.observatoriodoclima.eco.br/> (2017)

Soarez-Filho, B., Rajão, R., Macedo, M., Carneiro, A., Costa, W., Coe, M., Rodrigues, H., Alencar, A. 2014. Cracking Brazil's forest code. Science, 344, 363-364.

Strassburg, B.N. et al. 2014. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil Global Environmental Change, 28, 84–97.

The Brazilian Government. Brazilian's Intended Nationally Determined Contribution (INDC) <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Brazil/1/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf> (2015)

The Brazilian Government. Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC). Fundamentos para a Elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC. <http://www.mma.gov.br/quem-%C3%A9-quem/item/10710-fundamentos-para-a-elabora%C3%A7%C3%A3o-da-pretendida-contribui%C3%A7%C3%A3o-nacionalmente-determinada-indc-do-brasil-no-contexto-do-acordo-de-paris> (2015)

Valentim, J.F., Andrade, C.M.S., 2009. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na Amazônia brasileira. Ciência & Desenvolvimento, 4, 7–27.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agriculture Service. <https://www.fas.usda.gov/regions/brazil>

ANEXO

Tabela A1 - Fatores de emissão de gases de efeito estufa (GEE) para sistemas de produção de soja e carne bovina.

Sistema de Produção	Condição	Cenário de manejo	Emissões de GEE tCO ₂ e ha ⁻¹ ano ⁻¹	Fator de emissões de GEE tCO ₂ e ha ⁻¹ ano ⁻¹
Soja	Cultivo solteiro	Cultivo solteiro convencional de soja (aragem do solo); consumo de diesel de 36 l ha ⁻¹ ano; aplicação de cal com média de 489 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ e adubo nitrogenado (ureia) a uma taxa de 8 kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹ (Raucci et al., 2015). Produção de soja: 3,4 t ha ⁻¹ ; Considerou-se a variação do estoque de carbono no solo de 0 (sem variação) a -0,40 tCha ⁻¹ ano ⁻¹ (perda de solo C) (Corbeels et al., 2006; Costa Júnior et al., 2013).	0,4 – 1,8	1,1 ±0,7
	Cultivo consorciado	Cultivo consorciado de soja e milho com plantio direto; consumo de diesel de 72 l ha ⁻¹ ano; aplicação de cal com média de 489 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ e fertilizante nitrogenado (ureia) a uma taxa de 68 kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹ (8 kg para soja e 60 kg para milho) (Raucci et al., 2015; Kappes, 2013). Produção de soja: 3,4 t ha ⁻¹ ; Considerou-se a variação do estoque de carbono no solo de 0 e +0,50 t C ha ⁻¹ ano ⁻¹ (sequestro de solo C) (Corbeels et al., 2006; Cerri et al., 2007; Bayer et al., 2006).	-1,2 – 0,6	-0,3 ±0,9
Pastagens Bovino de Corte	Extensiva	Taxa de lotação animal: 0,5 UA/ha; Pastagem: Brachiaria sp.; Manejo de pastagens: sem reforma de pastagem / sem adição de cal ou adubo; Raça de bovino: indefinida - cruzamentos de Bos Indicus e algum sangue de Bos Taurus; Efeito da raça: primeiro parto tardio; alta mortalidade. Animal abatido entre 3 e 4 anos / carne de baixa qualidade; Dieta nas fases de parto, recria e abate: somente forragem; Manejo animal: mínimo, animal aleatório; reprodução e apenas vacinas obrigatórias; Uso baixo de máquinas e eletricidade; Produção de carne: 31,2 kg de carcaça por ha; Emissões de GEE de 2,0 tCO ₂ e ha ⁻¹ ano ⁻¹ (com base no IPCC, 2013; detalhes em Cardoso et al., 2016). Considerou-se a variação do estoque de carbono no solo de 0 (sem variação) a -0,28 tCha ⁻¹ ano ⁻¹ (perda de solo C) (Maia et al.,	2,0 – 3,1	2,5 ±0,5

Pastagens Bovino de Corte	Intensificação 1	Taxa de lotação animal: 1,0 UA/ha; Pastagem: B. brizantha; Manejo de pastagens: pastagens reformadas a cada 10 anos. Cal (10 Mg / ha) a cada 10 anos; Raça de bovino: cruzamento de Nelore com Gir, Guzerá, Holstein, Curraleiro e outros Bos Taurus; Efeito da raça: características Nelore padrão. Primeiro parto aos 3 anos; Dieta nas fases de parto, recria e abate: forragem com eventuais suplementos minerais; Manejo animal: Básico, com reprodução aleatória de animais, somente vacinas obrigatórias; Uso médio de uso de máquinas e eletricidade; Produção de carne: 74,7 kg de carcaça por ha; Emissões de GEE de 3,4 tCO ₂ e ha ⁻¹ ano ⁻¹ (com base no IPCC, 2013; detalhes em Cardoso et al., 2016). Considerou-se a variação do estoque de carbono no solo entre -0.28 (perda de solo C) e +0.61 tCha ⁻¹ ano ⁻¹ (sequestro de solo C) (Maia et al., 2009).	2,2 – 3,4	2,8 ±0,6
	Intensificação 2	Taxa de lotação animal: 1,7 UA/ha; Pastagem: Leguminosa mista; Manejo da pastagem: pastagem reformada a cada 5 anos / cal (10 Mg) a cada 5 anos / fertilizada com NPK; Raça de bovino: Nelore ou cruzamentos Nelore / predominantemente sangue de Nelore; Efeito da raça: primeiro parto aos 2 anos, mais bezerros por vaca, menor mortalidade, animal abatido precocemente e maior rendimento de carcaça; Dieta na fase de parto: forragem com suplementos minerais; Dieta na fase de recria: forragem com suplementos minerais; Dieta na fase de abate: forragem com suplementos minerais e energéticos; Manejo animal: estação reprodutiva, desmame controlado, controle de endoparasitas e ectoparasitas. Uso médio de máquinas e eletricidade; Emissões de GEE de 4,5 tCO ₂ e ha ⁻¹ ano ⁻¹ (com base no IPCC, 2013; detalhes em Cardoso et al., 2016). Produção de carne: 140,2 kg de carcaça por ha (Cardoso et al., 2016). Considerou-se a variação do estoque de carbono no solo de 0 (sem variação) a +0,61 tCha ⁻¹ ano ⁻¹ (sequestro de solo C) (Maia et al., 2009).	2,3 – 4,5	3,4 ±1,1

Pastagens Bovino de Corte	Intensificação 3	Taxa de lotação animal: 2,5 UA/ha; Pastagem: Capim-guiné; Manejo da pastagem: pastagem reformada a cada 5 anos / cal (10 Mg) a cada 5 anos / fertilizada com NPK; Raça de bovino: Nelore ou cruzamentos de Nelore - cruzamentos de Melhores Nelores; Efeito da raça: primeiro parto aos 2 anos, mais bezerros por vaca, menor mortalidade, animal abatido precocemente e maior rendimento de carcaça; Dieta na fase de parto: forragem com suplementos minerais; Dieta na fase de recria: pastagem rotativa / forragem com suplementos minerais; Dieta na fase de abate: pastagem rotativa. Forragem com suplementos minerais, proteicos e energéticos; Manejo animal: estação reprodutiva, desmame controlado, controle de endoparasitas e ectoparasitas. Uso intensivo de máquinas e eletricidade; Emissões de GEE de 6,9 tCO ₂ e ha ⁻¹ ano ⁻¹ (com base no IPCC, 2013; detalhes em Cardoso et al., 2016). Produção de carne: 201,7 kg de carcaça por hectare (Cardoso et al., 2016). Considerou-se variação do estoque de carbono no solo de 0 (sem variação) a +0,61 tCha ⁻¹ ano ⁻¹ (sequestro de solo C) (Maia et al., 2009).).	4,6 – 6,9	5,8 ±1,1
	Intensificação 4	Taxa de lotação animal: 2,75 UA/ha; Pastagem: Capim-guiné; Manejo da pastagem: pastagem reformada a cada 5 anos / cal (10 Mg) a cada 5 anos / fertilizada com NPK; Raça de bovino: Nelore ou cruzamentos de Nelore ou Nelore - cruzamentos de Melhores Nelores; Efeito da raça: primeiro parto aos 2 anos, mais bezerros por vaca, menor mortalidade, animal abatido precocemente e maior rendimento de carcaça; Dieta na fase de parto: forragem com suplementos minerais; Dieta na fase de recria: pastagem rotativa / forragem com suplementos minerais; Dieta na fase de abate: confinamento com ração mista total; Manejo animal: estação reprodutiva, desmame controlado, controle de endoparasitas e ectoparasitas. Uso intensivo de máquinas e eletricidade; Emissões de GEE de 6,8 tCO ₂ e ha ⁻¹ ano ⁻¹ (com base no IPCC, 2013; detalhes em Cardoso et al., 2016). Produção de carne bovina: 221,4 kg de carcaça por hectare (Cardoso et al., 2016). Considerou-se a variação do estoque de carbono no solo de 0 (sem variação) a +0,61 tCha ⁻¹ ano ⁻¹ (sequestro de solo C) (Maia et al., 2009).).	4,6 – 6,8	5,7 ±1,1

Figura A1 - Correlação entre bovino de corte, rebanho bovino e área de pastagens no Brasil com base em dados de 2000-2016.

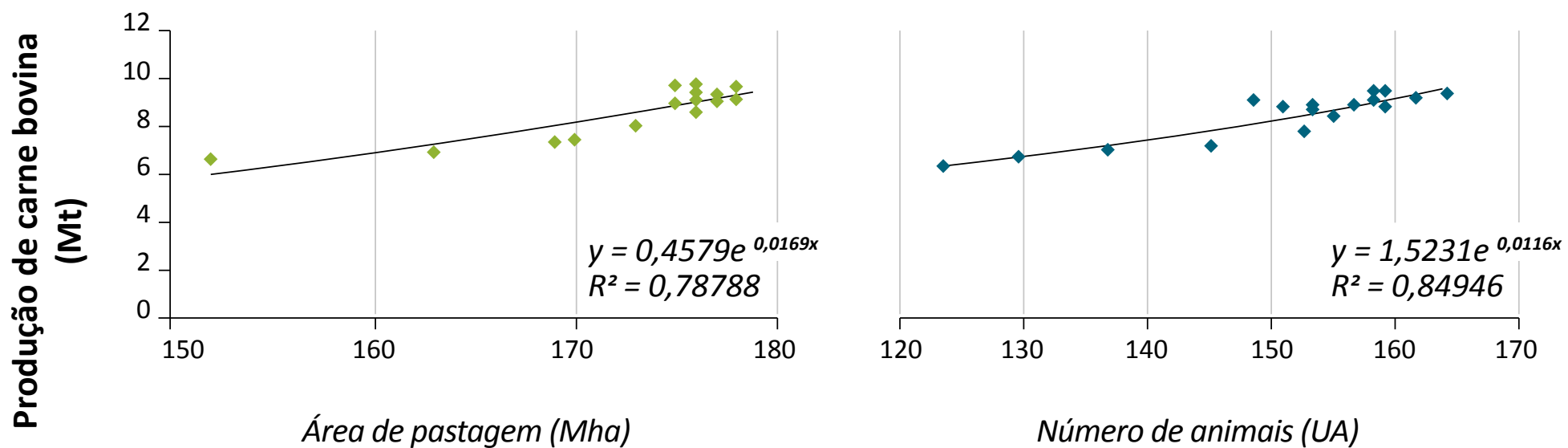
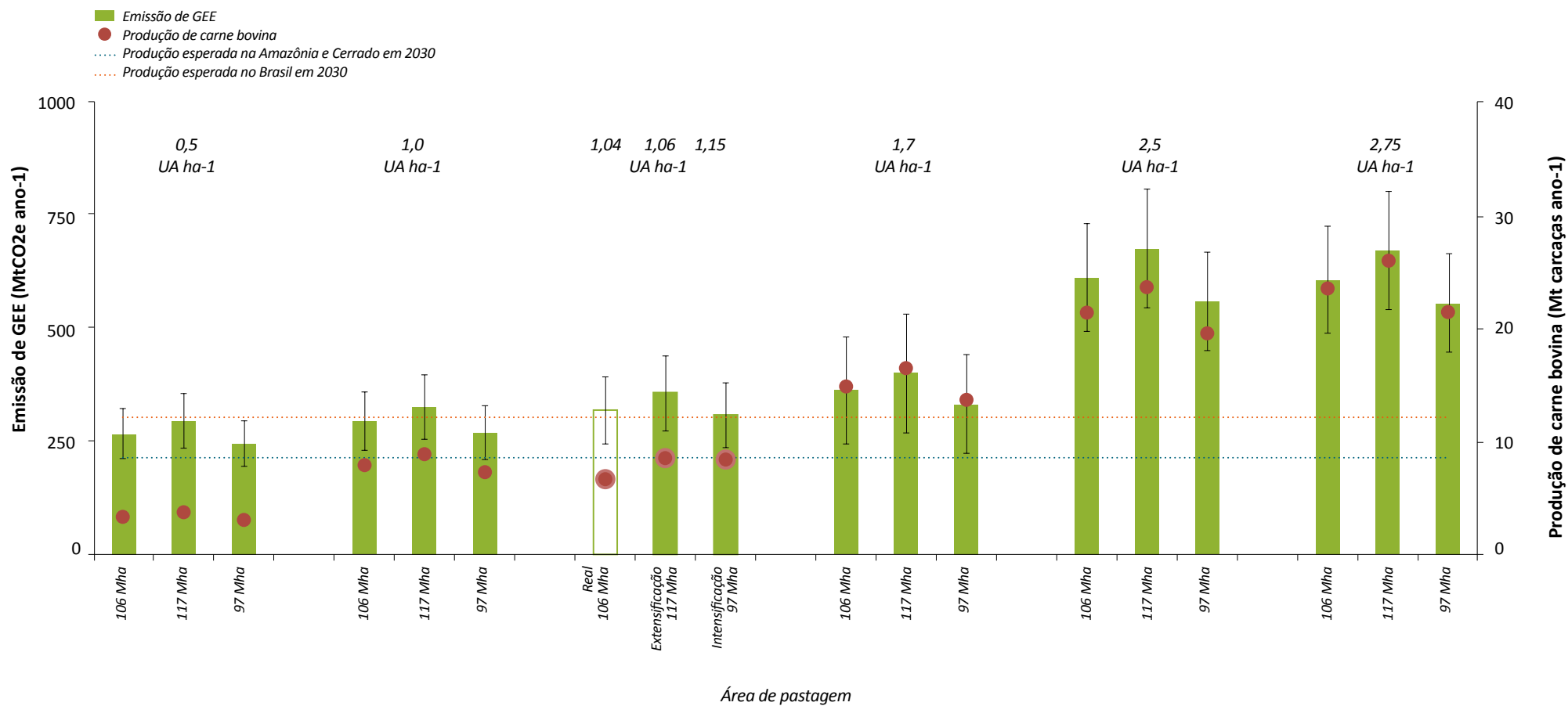


Figura A2 - Validação da produção de bovinos de corte. Note-se que ainda há diferenças entre a produção de carne bovina calculada neste trabalho (Atual - 106 Mha / 1,04 UA ha-1) e os valores fornecidos por Cardoso et al. (2016) (ver 106 Mha / 1 UA ha-1). Essas diferenças deverão ser abordadas em trabalhos futuros para reduzir as incertezas nas estimativas.



EXPEDIENTE

Realização:

Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola
IMAFLORA

Edição:

Thiago Olbrich

SUSTENTABILIDADE EM DEBATE

Sobre a série:

A série SUSTENTABILIDADE EM DEBATE é uma iniciativa do Imaflora que busca sistematizar e gerar conhecimento sobre sustentabilidade, inovação, conservação e desenvolvimento para os setores de florestas e agricultura. Engloba trabalhos de sistematização de experiências, análise de resultados de projetos, novos métodos e propostas de políticas.

Temas e áreas de interesse: gestão florestal e agrícola, conservação de recursos naturais, produção florestal e agrícola, cadeias produtivas, políticas públicas para a gestão e conservação, instrumentos de mercado, áreas protegidas, trabalho e renda, direitos ligados ao uso da terra.

Conselho Editorial: Luis Fernando Guedes Pinto (Imaflora) e Gerd Sparovek (Esalq-USP)

Ficha catalográfica:

COMO A PRODUÇÃO DE COMMODITIES AGROPECUÁRIAS CUMPRIRÁ AS METAS CLIMÁTICAS DO BRASIL NOS BIOMAS AMAZÔNIA E CERRADO? | Ciniro Costa Junior, Lisandro Inakake de Souza, Lisa Rausch, Amintas Brandão Junior, Holly Gibbs. | Sustentabilidade em Debate, Número 7 - Piracicaba, SP: Imaflora, 2018. 24p.

ISBN: 978-85-5333-019-5

1. Uso da terra
2. Emissão de gases de efeito estufa
3. NDC Brasileira
4. Intensificação agropecuária
5. Código Florestal
6. Conversão zero

Este trabalho faz parte de uma colaboração entre a National Wildlife Federation, The Nature Conservancy, o World Wildlife Fund e a Gordon and Betty Moore Foundation. Para mais informações, consulte www.moore.org.

Apoio financeiro:



The Nature Conservancy 



GORDON AND BETTY
MOORE
FOUNDATION

Realização:


INSTITUTO DE MANEJO E CERTIFICAÇÃO FLORESTAL E AGRÍCOLA



Sobre o Imaflora:

O Imaflora (Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola) é uma organização brasileira, sem fins lucrativos, criada em 1995 para promover conservação e uso sustentável dos recursos naturais e para gerar benefícios sociais nos setores florestal e agropecuário.



Copyright© 2018 Imaflora®

Para democratizar a difusão dos conteúdos publicados no Imaflora, as publicações estão sob a licença da Creative Commons (www.creativecommons.org.br) que permite o seu livre uso e compartilhamento.

 [instagram.com/imaflorabrasil](https://www.instagram.com/imaflorabrasil)


 imaflora.blogspot.com.br


 [facebook.com/imaflora](https://www.facebook.com/imaflora)

 twitter.com/imaflora

 [linkedin.com/in/imaflora](https://www.linkedin.com/in/imaflora)

 [youtube.com/imaflora](https://www.youtube.com/imaflora)

 +55 19 3429 0800

 imaflora@imaflora.org

 www.imaflora.org