

INSPER - INSTITUTO DE ENSINO E PESQUISA

HENRIQUE DAU

**Sistemas Pecuários e a Transição para Pecuária de Baixa Emissão no Brasil**

SÃO PAULO

2022

HENRIQUE DAU

**Sistemas Pecuários e a Transição para Pecuária de Baixa Emissão no Brasil**

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Ciências Econômicas, apresentado ao INSPER - Instituto de Ensino e Pesquisa de São Paulo.

Orientação: Prof. Thomas Conti

Co-orientação: Camila Dias, Leandro Gilio, Prof. Marcos S. Jank

SÃO PAULO

2022

## **AGRADECIMENTOS**

*Dedico meus agradecimentos a todos aqueles que colaboraram com este trabalho, em especial ao Prof. Thomas Conti, cuja orientação e paciência foram fundamentais neste processo. Agradeço também à Camila Dias, com quem aprendi tanto ao longo dos últimos meses, e também ao Leandro Gilio e ao Prof. Marcos Jank. Por fim, não poderia deixar de agradecer à Lígia de Castro, pelo apoio e carinho.*



## RESUMO

Por ser um protagonista nas emissões globais de metano, o setor agropecuário brasileiro vem sofrendo pressões por parte de diversos agentes (consumidores estrangeiros, países desenvolvidos, governo brasileiro, empresas e ONGs) no sentido de reduzir suas emissões de metano. Apesar das pressões, o setor vem enfrentando dificuldades para adotar as práticas de manejo do pasto consideradas mais sustentáveis. Com olhar voltado para a pecuária de corte, o objetivo deste trabalho é identificar a natureza dessas dificuldades e criar um modelo estilizado que esclareça de que forma se relacionam as variáveis e matriz de incentivos enfrentadas pelos produtores ao decidir sobre investir ou não em manejo do pasto. O propósito deste modelo é oferecer intuição de como as variáveis se relacionam com o problema, para fins didáticos. O modelo foi desenvolvido a partir de referências acadêmicas e especialistas que explicitam variáveis como custo do crédito, custos regulatórios, assimetria de informação e baixa qualificação técnica como algumas das deficiências principais que impedem o setor agropecuário a adotar amplamente as melhores práticas para redução de emissões. Além disso, concluiu-se que, ao contrário do que comumente se pensa, o principal incentivo aos investimentos não é o ganho proveniente da venda de créditos de carbono e sim o ganho de produtividade associado à intensificação das pastagens, melhorias na qualidade da alimentação do gado, melhorias genéticas, encurtamento do período de engorda, entre outros fatores.

Palavras-chaves: Intensificação de pastagens; Metano; Crédito; Pecuária.

## **ABSTRACT**

As a protagonist in global methane emissions, the Brazilian agricultural sector has been under pressure from various agents (foreign consumers, developed countries, the Brazilian government, companies and NGOs) to reduce its methane emissions. Despite the pressures, the sector has been facing difficulties in adopting pasture management practices considered more sustainable. With a focus on beef cattle, the objective of this work is to identify the nature of these difficulties and create a stylized model that clarifies how the incentives faced by producers affect their decision-making process when deciding whether or not to invest in pasture management. The purpose of this model is to provide intuition on how the variables relate to the problem, for didactic purposes. The model was developed based on academic references and specialists who explain variables such as the cost of credit, regulatory and bureaucratic costs, information asymmetry and low technical qualification as some of the main deficiencies that prevent the agricultural sector from embracing the best practices for reducing emissions. In addition, it was concluded that, contrary to what is commonly thought, the main incentive for investments is not the gain from the sale of carbon credits, but the productivity gain associated with the intensification of pastures, improvements in the quality of the cattle, genetic improvements, shortening the fattening period, among other factors.

Keywords: pasture intensification, methane, credit, livestock

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes técnicos dos sistemas de produção de gado de corte tradicional, melhorado e avançado no Acre, considerando um rebanho estabilizado em mil matrizes.....	15
Tabela 2 - Comparativo entre o fluxo de caixa anual de propriedades com sistemas de produção convencional e diversificado no sudeste do Pará.....	16
Tabela 3 - Comparativo entre custos e receitas da implantação de culturas agrícolas e pastagens em Paragominas, Pará.....	17
Tabela 4 - Estágios, indicadores e estimativa de custos de possíveis estratégias de intervenção na recuperação de pastagens degradadas no Bioma Amazônia.....	18
Tabela 5 - Estimativas de retorno financeiro para investimentos em diferentes estratégias de manutenção de pastagem na propriedade rural.....	19
Tabela 6 - Número de produtores por fonte de acesso ao crédito e faixa de renda bruta anual (2020).....	21
Tabela 7 - Número de produtores por barreiras de acesso ao crédito e faixa de renda bruta anual (2020).....	23
Tabela 8 - Crédito rural destinado à bovinocultura/oferta total a preço básico da carne bovina (%).....	24
Tabela 9 - Balanço entre as emissões e remoções antrópicas de GEEs, considerando-se apenas os principais processos produtivos em sistemas de produção de bovinos de corte com ou sem integração.....	26
Tabela 10 - Ganho anual estimado com vendas de créditos de carbono em R\$/ha para diferentes valores do crédito de carbono em torno da média de US\$ 9,00.....	26

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>MODELO</b> .....	<b>30</b>
4.1	DISCUSSÃO DO MODELO.....	34
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>40</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Em um cenário de mudanças climáticas, a sociedade civil de diversos países ao redor do mundo vem reagindo contra as atividades econômicas que geram externalidades negativas do ponto de vista ambiental. O fato de que diversas atividades econômicas – do setor energético à pecuária – se beneficiam de um custo com o qual a sociedade arca difusamente, caracteriza o que os economistas chamam de “falha de mercado”. Com o objetivo de corrigir essa falha de mercado, diversos países vêm buscando reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEEs) e pressionando outras nações a fazerem o mesmo, por meio de fóruns e tratados internacionais. Na 26ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP 26 - UNFCCC), ocorrida em novembro de 2021 em Glasgow, o Brasil se somou a mais de 100 países que se comprometeram com o esforço global para reduzir em 30% as emissões de metano até 2030 em relação aos níveis de 2020, conhecido como o Compromisso Global de Metano. O objetivo é reduzir cerca de 180 Mt de CH<sub>4</sub> por ano até 2030, o que evitará o aumento de cerca de 0,3°C no aquecimento global até 2040.

O Brasil é responsável por cerca de 3% das emissões globais de GEEs e apresenta um caso atípico: diferente do restante do mundo, onde o setor energético lidera as emissões com 76,2% do total (Climate Watch, 2016), o setor que lidera as emissões no Brasil é a pecuária, com 27% (SEEG, 2020) e desse total, cerca de 70% são atribuídos ao metano. Segundo relatório publicado pelo IPCC em 2020, a concentração de metano na atmosfera dobrou desde o surgimento da indústria e aumenta constantemente. Representando 17,6% das emissões globais, o metano é o segundo GEE com maior presença na atmosfera, atrás apenas do dióxido de carbono, que representa 74,4% das emissões (IPCC, 2014).

O aumento da concentração de metano está associado principalmente ao setor energético de combustíveis fósseis. A segunda maior fonte de emissões é a agropecuária, em função da fermentação entérica dos ruminantes e da decomposição dos resíduos animais (IPCC, 2021). Em função de ser uma potência agropecuária, o Brasil possui papel central no debate internacional sobre metano: no contexto mundial, as emissões da agricultura e mudança do uso da terra (AFOLU) são a segunda maior fonte de emissão (atrás apenas do setor energético) e representam 18,4% do total (CAIT Climate Data Explorer via Climate Watch, 2022). O agronegócio representa 27% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, dos quais 7% são atribuídos à pecuária

(Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA/ESALQ-USP, 2022). O setor é responsável por 43% das exportações nacionais (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, 2022), tendo o complexo da soja como principal pauta exportadora, seguida da pecuária, com um valor aproximado de US\$ 20 bilhões do total comercializado pelo agronegócio (MAPA Agrostat, 2022). Desse total, a carne bovina representa cerca de 46% (US\$9,2 bilhões) e a carne suína corresponde a 16,5% (US\$2,6 bilhões). Em função dos avanços tecnológicos dos últimos anos, o salto de produtividade experimentado pelo setor tornou o Brasil o maior exportador mundial de carne bovina e 4º maior de carne suína.

A diferença no perfil de emissões torna o Brasil um caso particular, dado que os demais países concentram suas discussões em políticas voltadas para emissões de outras naturezas (destacadamente combustíveis fósseis). Como consequência, o Brasil não se beneficia tanto quanto outros países das trocas de informações referentes aos avanços em políticas, tecnologias e metodologias. Isso faz com que a responsabilidade sobre tais avanços recaia majoritariamente sobre os formuladores de políticas públicas e centros de pesquisa nacionais. Um dos principais entraves nesse debate está relacionado às metodologias de cálculo das emissões na pecuária: não há um consenso sobre como mensurar. Apesar da variedade de métodos, cada um apresenta suas particularidades e vantagens. A falta de consenso metodológico restringe a participação da pecuária em iniciativas como o Mercado de Crédito de Carbono, por exemplo. Embora a capacidade de mensuração seja limitada, há bastante consenso sobre quais práticas afetam positivamente o quadro de emissões: melhoramento genético, intensificação de pastagens, alimentação adequada, suplementação alimentar, recuperação de pastagens degradadas e implementação de modelos mais eficientes de manejo do pasto (como a integração floresta-lavoura-pecuária)<sup>1</sup>. Esse conjunto de práticas tem como objetivo maximizar a produtividade por hectare e minimizar as emissões por quilos de carne produzidos.

---

<sup>1</sup> “A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é uma estratégia de produção que vem crescendo no Brasil nos últimos anos. Trata-se da utilização de diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais dentro de uma mesma área. Pode ser feita em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação, de forma que haja benefício mútuo para todas as atividades. Esta forma de sistema integrado busca otimizar o uso da terra, elevando os patamares de produtividade em uma mesma área, usando melhor os insumos, diversificando a produção e gerando mais renda e emprego. Tudo isso, de maneira ambientalmente correta, com baixa emissão de gases causadores de efeito estufa ou mesmo com mitigação desses gases”, EMBRAPA. Embrapa.br, 2022. *O que é ILPF?*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>>. Acesso em: 09/10/2022.

O caminho em direção a uma produção mais sustentável coincide com as práticas que elevam a produtividade, por isso há um duplo incentivo para realizar os investimentos necessários nesse sentido. Entretanto, os investimentos são elevados e dependem fortemente do preço do crédito. Por esse motivo, o governo federal vem oferecendo, por meio do programa ABC+, linhas de crédito subsidiado para produtores que desejam adotar práticas mais sustentáveis no pasto. Além do governo, o setor privado também vem desenvolvendo iniciativas para incentivar a produção de carne mais sustentável. Grandes frigoríficos como Minerva, Marfrig e JBS, que juntos correspondem a 1/3 do mercado nacional de carne bovina<sup>2</sup>, lançaram programas oferecendo serviços como assistência técnica e consultoria para auxiliar produtores a buscar práticas mais sustentáveis e até mesmo a se regularizar (nos muitos casos em que o produtor está em situação irregular). Além do elevado custo do crédito e da falta de qualificação técnica por parte de muitos produtores, há ainda outros fatores que elevam os custos de transição para uma pecuária mais sustentável: desafios regulatórios do mercado de carbono, o baixo preço do crédito de carbono, a insensibilidade da demanda por carne de baixa emissão, os incentivos a práticas ilegais, entre outros.

A emissão de metano na pecuária é um tema que toma diversas dimensões: os danos ambientais representam um ônus não apenas para a população mundial, mas também ao próprio setor, dado que este também é vítima das mudanças climáticas. Há também uma dimensão comercial e política, associada às pressões do consumidor internacional e dos países desenvolvidos para que o Brasil adote práticas sustentáveis na produção de alimentos. O Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo e a pecuária é um dos pilares da economia brasileira, o que coloca o país no centro das discussões sobre metano e faz dessa questão uma prioridade para o setor agropecuário nacional. Diante desse cenário, o presente trabalho terá por objetivo identificar os incentivos dos produtores de corte bovino à adoção de práticas mais sustentáveis no pasto e compreender melhor a relação entre essas variáveis por meio de modelagem econômica.

---

<sup>2</sup> Fala de Liège V. Correia, Diretora de Sustentabilidade da Friboi, no evento Fórum Futuro do Agro, em 24/10/2021

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Não há na literatura modelos estilizados que cumpram os objetivos propostos neste trabalho, de modo que o modelo desenvolvido a seguir é fruto de um conjunto de referências na literatura acadêmica, cada qual dedicada a um assunto particular. Por se tratar de um tema amplo e multidisciplinar, a revisão de literatura discutirá referências acadêmicas em diversos tópicos. Posteriormente, cada tópico (amparado por suas respectivas literaturas) dará origem a uma ou mais variáveis agregadas ao modelo. O processo de decisão dos pecuaristas quanto aos investimentos em práticas sustentáveis envolve uma série de fatores. Primeiro, há pecuaristas que sequer estão em situação ambiental regular, caso para o qual analisaremos os incentivos envolvidos na decisão de se manter ou não na irregularidade (ou até mesmo na ilegalidade). Segundo, a receita do produtor depende essencialmente da quantia de pasto disponível e da produtividade do pasto, de modo que quanto maiores os custos associados ao aumento de produtividade do pasto, maiores os incentivos ao desmatamento. Terceiro, dado o elevado nível de investimento necessário para adotar práticas mais sustentáveis, o mercado de crédito se torna elemento fundamental para analisar os custos envolvidos. Quarto, com o surgimento e avanços no mercado de crédito de carbono, a adoção de práticas sustentáveis ganha um incentivo adicional. Os quatro pilares expostos serão respectivamente discutidos em maior detalhe a seguir.

Em função da baixa produtividade, pecuaristas sem condições de investir em intensificação das pastagens podem recorrer ao desmatamento (frequentemente ilegal) para ampliar sua capacidade de criação de gado<sup>3</sup>. A literatura apresenta diversos trabalhos em economia do crime, que buscam estabelecer uma relação entre os incentivos para se cometer crimes econômicos e variáveis como a percepção do risco de punição e a severidade da punição. Por meio da prerrogativa de fiscalizar e punir, o Estado detém poder de dissuasão, o que poderá

---

<sup>3</sup> REBELLO, Fabrício Khoury; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Uso da terra na Amazônia: uma proposta para reduzir desmatamentos e queimadas. Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2005.

resultar em redução ou até interrupção de ações irregulares ou ilegais<sup>4</sup>. Ciente disso, o poder público adota a prática de fiscalizar e punir não apenas como um fim em si mesmo, mas também como uma estratégia de caráter coercitivo para desincentivar irregularidades ou ilegalidades, evitando novos danos ambientais no futuro. Essa estratégia é potencializada por um efeito multiplicador porque a ação de identificar e punir afetará a percepção de risco da fiscalização e de severidade da punição não apenas para o indivíduo que as sofreu, mas também para seus pares<sup>5</sup>. A Teoria Econômica do Crime, da qual Gary Becker foi pioneiro, estuda a matriz de incentivos envolvidos em crimes de natureza econômica, ou seja, ficam de fora crimes com motivação passional. Segundo Becker, ao ponderar sobre cometer ou não um crime, o indivíduo considera os ganhos esperados da ação criminosa e os subtrai das perdas em caso de fracasso (associadas à percepção de severidade da punição) ponderadas pela probabilidade esperada do fracasso (associada ao risco percebido de ser pego). Se o ganho esperado for maior do que o custo esperado, o indivíduo decidirá cometer o crime. Neste modelo, os ganhos e as perdas não são estritamente monetários e envolvem elementos como custos de oportunidade, ganhos e perdas do ponto de vista psicológico e até mesmo custos associados à punição moral que o criminoso pode sofrer da sociedade, caso seja pego. Algebricamente:

$$C = b - (p \cdot c)$$

Em que **b** é o benefício esperado do crime, **p** é a probabilidade de ser pego e **c** representa os custos incorridos ao ser pego. Se  $C > 0$ , o indivíduo decidirá cometer o crime<sup>6</sup>. Amparado pela Teoria Econômica do Crime, Jon Sutinen elaborou um modelo<sup>7</sup> para compreender o papel da dissuasão do poder público contra transgressões ambientais. Mais tarde, esse modelo seria aplicado com sucesso à contextos brasileiros<sup>8,9</sup>. O modelo de Sutinen leva em consideração, além

<sup>4</sup> GIBBS, J.P. Crime, punishment, and deterrence. New York: Elsevier, 1975

<sup>5</sup> SCHMITT, Jair. Crime sem castigo: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia. 2015. 188 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

<sup>6</sup> BECKER, G.S. Crime and punishment: an economic approach. The Journal of Political Economy, v. 76, n. 2, p. 166-218, 1968.

<sup>7</sup> SUTINEN, J. G. 1987. Enforcement of the MFMCA: an economist's perspective, Marine Fisheries Review, v.49, n.3, p.36-43.

<sup>8</sup> AKELLA, A. S.; ORLANDO, H.; ARAÚJO, M.; CANNON, J. B. O fortalecimento da defesa contra crimes ambientais: análise econômica do sistema de implementação legal na Mata Atlântica do Brasil. Megadiversidade, v. 2. n. 1-2, 2006.

<sup>9</sup> RAMBALDI, D.M. Aspectos econômicos e institucionais relacionados à fiscalização ambiental na Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João/Mico Leão Dourado/Ibama, RJ – Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental). Universidade Federal Fluminense. Niterói: UFF, 2007.

do efeito de dissuasão, o efeito da celeridade do processo, propondo que quanto maior o tempo entre a transgressão e a punição, menor é o valor presente do custo incorrido, o que eleva os incentivos para cometer crimes ambientais. Algebricamente:

$$V_d = P_d \cdot P_a \cdot P_p \cdot P_c \cdot S \cdot e^{t(-r)}$$

Em que  $V_d$  expressa a dissuasão em termos quantitativos,  $P_d$  é a probabilidade de a transgressão ser identificada,  $P_a$  é a probabilidade de sofrer autuação,  $P_p$  é a probabilidade de sofrer persecução,  $P_c$  é a probabilidade de condenação,  $S$  representa os custos incorridos diante da condenação,  $t$  é o tempo transcorrido até o momento da punição e  $r$  é a taxa de desconto.

A renda de um pecuarista depende diretamente da quantia de carne (ou leite) que ele produz em um determinado espaço de tempo. Essa produção pode aumentar principalmente em função de três fatores: a velocidade com a qual o animal engorda, a quantidade de animais criados e o peso que cada animal atinge até o momento do abate. Os três fatores estão associados, entre outros fatores, à qualidade do pasto. Primeiro, porque uma melhor qualidade da forragem significa maior oferta de alimentos, o que permite a criação de mais cabeças de gado por hectare (a chamada “capacidade de suporte”, medida em unidades de animal por hectare, ou “UA/ha”). Segundo, porque a qualidade da forragem também está associada à qualidade da dieta do gado, bônus nutricional que resulta em menor período de engorda e maior peso no momento do abate<sup>10</sup>. Esses fatores são os pilares que compõem a produtividade do pasto. Entretanto, a expansão da área de pastagem é outra maneira de elevar a produção, pois oferece espaço e alimentos para mais animais, o que incentiva o desmatamento (frequentemente ilegal). Em suma, há dois caminhos para aumentar a produção: a elevação da produtividade ou a expansão das pastagens. Quanto maior for o custo de investimento em produtividade comparativamente ao custo da abertura de novos pastos, maior será a propensão ao desmatamento (Rebello e Homma, 2005).

A produtividade, por sua vez, é influenciada por uma gama de variáveis: há diversos modelos de manejo da pastagem e cada um responde de maneira diferente ao clima e vegetação local. O mesmo vale para cada raça de gado, que além de interagir de maneira distinta diante de cada clima e vegetação, também reage de maneira distinta a cada modelo de manejo, além de

---

<sup>10</sup> THIAGO, LRL de S.; SILVA, JM da. *Suplementação de bovinos em pastejo*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001.

outros fatores<sup>11</sup>. Apesar da diversidade de combinações e das dificuldades associadas à obtenção de dados, há múltiplas publicações dedicadas ao assunto. Alguns trabalhos estimaram empiricamente os ganhos de produtividade e os custos envolvidos na implementação de determinados modelos de manejo, para condições específicas de vegetação, clima, dentre outros fatores.

Segundo Andrade e Valentim (2010), a implementação das melhores práticas de manejo no Acre pode reduzir o tempo médio de abate de 42 para 36 meses e triplicar a produtividade com relação ao manejo tradicional, elevando a produção média de arrobas por hectare por ano de 4,06 para 12,26<sup>12</sup>. A tabela completa com as estimativas feitas pelos autores está reproduzida abaixo.

---

<sup>11</sup> DIAS-FILHO, M. B. *Sistemas Silvopastoris na Recuperação de Pastagens Degradadas*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 258).

<sup>12</sup> SA, C. P. de ANDRADE, C. M. S. de VALENTIM, J. F. *Análise econômica para a pecuária de corte em pastagens melhoradas no Acre*. Rio Branco, Ac: Embrapa Acre, 2010.

<b>Tabela 1. Coeficientes técnicos dos sistemas de produção de gado de corte tradicional, melhorado e avançado no Acre, considerando um rebanho estabilizado em mil matrizes.</b>			
Taxa de natalidade	1,0	1,5	2,5
Taxa de mortalidade	70%	80%	85%
Bezerros	6%	4%	4%
Garrotes	2%	1%	1%
Novilhos	1%	0,5%	0,5%
Matrizes	1%	0,5%	0,5%
Reprodutores	0,5%	0,5%	0,5%
Descarte de vacas (rebanho estabilizado)	15%	20%	20%
<b>Idade ao abate (meses)</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>30</b>
Peso vivo ao abate (kg)	510	510	510
Peso à desmama – macho (kg)	160	180	200
Peso à desmama – fêmea (kg)	140	160	180
Área de pastagem (ha)	2.082	1.382	939
<b>Produtividade (@/ha/ano)</b>	<b>4,06</b>	<b>7,69</b>	<b>12,26</b>
Relação touro/vaca	1:25	1:25	1:50
Fonte: Andrade e Valentim (2010)			

Outro exemplo que ilustra a variabilidade da produtividade em função dos mais diversos fatores é o trabalho publicado por Townsend, Costa e Pereira (2009). Os autores discutem diversas evidências empíricas com o objetivo de comparar os resultados econômicos do manejo tradicional em contraposição a modalidades de manejo sustentável na região de Paragominas (PA). O trabalho menciona os resultados obtidos por Alves e Homma (2004) que consiste na simulação de dois sistemas em áreas de 50 ha e condições semelhantes no sudeste do Pará. O primeiro, um modelo de integração lavoura-pecuária, no qual o cultivo de arroz é seguido por milho. O segundo, um modelo tradicional de queima do pasto ou desmatamento para novas áreas de pastagem. Ao final do experimento, observaram que o modelo de integração lavoura-pecuária obteve um incremento na capacidade de suporte equivalente ao dobro daquela observada em modelos tradicionais de manejo (56 contra 100 cabeças de gado, equivalente a 1,0 contra 2,0



UA/ha)<sup>13</sup>. Os autores também demonstraram a diferença em termos financeiros de cada aspecto dos modelos de manejo comparados, ilustrando o quanto a integração lavoura-pecuária pode ser mais onerosa, ao passo que também são maiores os retornos (provenientes não apenas do ganho de produtividade da pecuária, mas também das culturas plantadas durante o processo). Os resultados financeiros podem ser vistos na tabela reproduzida abaixo.

<b>Tabela 2. Comparativo entre o fluxo de caixa anual de propriedades com sistemas de produção convencional e diversificado no sudeste do Pará.</b>		
<b>Componentes</b>	<b>Manejo tradicional</b>	<b>Integração lavoura-pecuária</b>
<b>Receitas</b>	<b>8.517,00</b>	<b>42.090,00</b>
Venda de Leite <sup>1</sup>	2.805,00	7.650,00
Venda de Animais <sup>2</sup>	5.712,00	11.340,00
Venda de Arroz <sup>3</sup>	-	9.900,00
Venda de Milho <sup>4</sup>	-	13.200,00
<b>Despesas</b>	<b>7.046,60</b>	<b>20.336,00</b>
Operacionais	5.942,00	19.232,00
Concentrados e sais minerais	1.703,00	2.865,90
Serviços de ordenha e manejo	3.120,00	3.120,00
Sanidade do rebanho	350,00	903,00
Manutenção de pastagem	280,00	280,00
Custo de produção do arroz (5 ha)	-	5.229,70
Custo de produção do milho (5 ha)	-	6.343,80
Encargos previdenciários	489,60	489,60
Despesas de investimento	1.104,00	1.104,00
Formação de pasto	592,00	592,00
Benfeitorias	512,00	512,00
<b>Saldo</b>	<b>1.470,40</b>	<b>21.753,90</b>
<b>Retorno líquido mensal</b>	<b>122,50</b>	<b>1.812,80</b>

<sup>13</sup> ALVES, R.N.B.; HOMMA, A.K.O. Pecuária versus diversificação da produção nos projetos de assentamentos no Sudeste Paraense. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 6p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 97).

<b>Retorno anual por ha (50 ha)</b>	<b>29,40</b>	<b>435,10</b>
<sup>1</sup> Venda de leite: Sistema convencional (22 vacas x 3 L/vaca/dia x 250 dias de lactação) = (16.500 L/ano x R\$ 0,17/L). Sistema diversificado (25 vacas x 6 L/vaca/dia x 300 dias de lactação) = (45.000 L/ano x R\$ 0,17/L). <sup>2</sup> Venda de animais: Sistema convencional (05 vacas x 14 @/vaca x R\$ 42,00 + 11 bezerros x R\$ 252,00). Sistema diversificado (09 vacas x 14 @/vaca x R\$ 42,00 + 24 bezerros x R\$ 252,00). <sup>3</sup> Venda do arroz: (Produtividade 1.800 kg/ha = 60 sacos/ha x 5 ha x R\$ 33,00). <sup>4</sup> Venda do milho: (Produtividade 6.600 kg/ha = 110 sacos/ha x 5 ha x R\$ 24,00).		
Fonte: Alves e Homma (2004).		

Também na região de Paragominas, Fernandes et al. (2008) realizaram uma análise econômica, estimando os impactos sobre o retorno financeiro de 5 tipos de culturas agrícolas e forrageiras no modelo de integração lavoura-pecuária. Os resultados, em R\$/ha, estão reproduzidos abaixo.

<b>Tabela 3. Comparativo entre custos e receitas da implantação de culturas agrícolas e pastagens em Paragominas, Pará.</b>						
<b>Componentes</b>	<b>Arroz</b>	<b>Milho</b>	<b>Soja</b>	<b>Milho + <i>B. ruziziensis</i></b>	<b>Milho + Mombaça</b>	<b>Recuperação direta da pastagem</b>
<b>Preparo da área</b>	865,00	90,00	120,00	90,00	90,00	865,00
<b>Insumos</b>	1.175,00	1.265,00	1.071,00	1.317,00	1.345,00	960,00
<b>Colheita</b>	90,00	135,00	110,00	135,00	135,00	-
<b>Custo Total</b>	2.130,00	1.490,00	1.301,00	1.542,00	1.570,00	1.825,00
<b>Receita da lavoura</b>	1.800,00	2.700,00	1.750,00	2.575,00	2.500,00	-
<b>Total líquido</b>	(330,00)	1.210,00	449,00	1.033	930,00	(1.825,00)
Fonte: Fernandes et al. (2008)						

Embora a implementação de técnicas eficientes de manejo possa elevar a produtividade de pastos que não são considerados degradados, o manejo eficiente é a melhor maneira de recuperar e manter pastos em estado de degradação. Quanto maior o grau de degradação, menor é a produtividade do pasto e maiores são os custos associados à recuperação. Segundo Townsend, Costa e Pereira (2009), um pasto em estágio avançado de degradação pode perder 50% da

capacidade de suporte com relação ao pasto em estágio inicial de degradação, e o custo de recuperação por hectare pode ser até 6 vezes maior, como ilustrado na tabela abaixo.

<b>Tabela 4. Estágios, indicadores e estimativa de custos de possíveis estratégias de intervenção na recuperação de pastagens degradadas no Bioma Amazônia</b>			
<b>Estágio de degradação</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Estratégia de recuperação</b>	<b>Custo (R\$/ha)</b>
<b>Inicial</b>	Plantas invasoras 0 a 20 % de cobertura de solo, gramínea ainda vigorosa, capacidade de suporte da pastagem próxima a 1,0 UA/ha	Descanso + ajuste de manejo + limpeza + adubação (P) + introdução de leguminosas	350,00 a 850,00
<b>Médio</b>	Plantas invasoras 30 % a 50 % de cobertura de solo, gramínea com vigor regular, capacidade de suporte da pastagem entre 0,5 a 0,9 UA/ha	Descanso + ajuste de manejo + limpeza + descompactação parcial do solo + calagem + adubação (N-P-K) + introdução de leguminosas + introdução de gramínea	850,00 a 1.850,00
<b>Avançado</b>	Plantas invasoras + de 60 % de cobertura de solo, gramínea com baixo vigor ou inexistente, capacidade de suporte da pastagem menor que 0,5 UA/ha	Limpeza + descompactação do solo + calagem + adubação (N-P-K) + introdução de leguminosas + introdução de gramíneas/ renovação em associação com culturas anuais + introdução de árvores ajuste de manejo	1.850,00 a 2.250,00
Fonte: Townsend, Costa e Pereira (2009)			

Tais trabalhos, dedicados a estimar o retorno financeiro dos investimentos em modelos mais eficientes de manejo, foram citados com o propósito de ilustrar a incrível diversidade de combinações de cenários e estratégias. Diante dessa imensa complexidade, Dias Filho (2017), a fim de oferecer uma abordagem simplificada, didática e intuitiva, estimou o ganho de produtividade e retorno financeiro de diferentes tipos de manejo do pasto, como podemos ver na tabela abaixo.

<b>Tabela 5. Estimativas de retorno financeiro<sup>1</sup> para investimentos em diferentes estratégias de manutenção de pastagem na propriedade rural.</b>	
<b>Para cada real investido em:</b>	<b>Espera-se, em média, um retorno de:</b>
<b>Pastagem empresarial<sup>2</sup></b>	<b>RS\$4,00</b>
<b>Recuperação/renovação indireta<sup>3</sup></b>	<b>RS\$2,80</b>
<b>Renovação<sup>4</sup></b>	<b>RS\$2,60</b>

<b>Recuperação direta<sup>5</sup></b>	<b>R\$2,50</b>
<b>Pastagem tradicional</b>	<b>R\$1,30</b>
<p><sup>1</sup>Essas projeções podem variar grandemente entre regiões, nível de degradação da pastagem e de acordo com a conjuntura econômica vigente</p> <p><sup>2</sup>Com caráter preventivo contra a degradação, praticamente elimina a necessidade de reformas ou correções no pasto. Envolve práticas rotineiras como correção do solo, controle de pragas, manutenção da fertilidade, entre outros.</p> <p><sup>3</sup>Altamente eficiente, é também o método mais caro de recuperação do solo. Consiste na integração da pecuária com a lavoura (ILP) e até floresta (ILPF). Oferece ganhos de produtividade na pecuária, além das receitas adicionais provenientes das culturas.</p> <p><sup>4</sup>Formação de uma nova pastagem. Nesse modelo, além da correção da fertilidade do solo, também é feito o replantio da forrageira com mudança ou não da espécie. Nesse caso, há necessidade de preparo do solo</p> <p><sup>5</sup>Recomposição da produtividade da pastagem e da cobertura do solo pelas forrageiras. É a forma mais simples e barata de recuperar um pasto. Geralmente, consiste em controle de pragas e ajuste da fertilidade do solo.</p>	
Fonte: Dias Filho (2017)	

Embora o retorno financeiro do manejo adequado do pasto seja bastante expressivo, como vimos nas tabelas 2, 3 e 4, os custos de investimento são bastante elevados. Isto representa uma barreira de entrada que não apenas desincentiva a adoção do manejo sustentável como também, para muitos produtores, o torna inviável. Diante desse cenário, o acesso a crédito se torna elemento central da discussão. No Brasil, as historicamente elevadas taxas de juros motivam o setor do agronegócio a pressionar (com sucesso) o governo por linhas de crédito subsidiadas. Apesar da existência dessas linhas de crédito, o volume de dinheiro público destinado ao setor vem caindo desde a década de 1980, quando o país enfrentou uma grande crise fiscal, movimento que foi acompanhado por um direcionamento maior de recursos destinados a pequenos produtores<sup>14</sup>. Mesmo assim, o mercado de crédito é permeado por distorções econômicas, cuja origem é externa à agropecuária, mas vale ser mencionada. O agronegócio brasileiro está entre os mais competitivos do mundo, o que torna a forte demanda do setor por crédito subsidiado um fato inesperado. Boa parte da discussão e dos desafios envolvidos no financiamento do agronegócio brasileiro seriam resolvidos se o Brasil tivesse patamares “civilizados” de juros. Isto provoca distorções graves, como surgimento de políticas de subsídio destinadas a um setor rico e eficiente, enquanto muitos brasileiros não possuem acesso a direitos básicos e o governo federal enfrenta dificuldades fiscais severas.

Dada a deficiência do mercado de crédito brasileiro e as distorções subsequentes, as

<sup>14</sup> MASSUQUETTI, Angélica. O Padrão de Financiamento da Agricultura Brasileira no Período 1986-95. 1999.

principais fontes de financiamento do agronegócio são: as linhas de crédito vinculadas ao governo (boa parte das quais são subsidiadas), linhas de crédito de bancos privados (muito mais caras do que as subsidiadas), títulos financeiros (CPRs, CRAs, Fiagro, entre outros) e o crédito das cooperativas (que atende boa parte dos produtores nas regiões sul e sudeste, mas é pouco presente nas regiões norte e nordeste do país)<sup>15</sup>. Em 2018, o total de crédito rural contratado foi de R\$172,7 bilhões, dos quais 19% são atribuídos às cooperativas, 26% aos bancos privados e 55% aos bancos públicos<sup>16</sup>.

A consolidação da competitividade do agronegócio brasileiro se deu graças a um bem-sucedido conjunto de políticas iniciadas durante o Regime Militar (1964-1985) com a criação do PAEG (Plano de Ação Econômica do Governo, lançado em 1964), que marcou a atuação intensa do Estado no setor agropecuário. Os incentivos fiscais foram uma das principais estratégias adotadas e controladas por meio do SNCR (Sistema Nacional de Crédito Rural). O sistema contava com órgãos como o Banco Central, o Ministério da Fazenda, o Conselho Monetário, dentre outros, que deliberavam sobre o direcionamento do crédito para o segmento. Como dito anteriormente, a crise fiscal da década de 1980 resultou em uma redução no montante de recursos públicos destinados ao crédito rural (Massuquetti, 1999). Somado a isso, o surgimento do Plano Real em 1994 (que melhorou o ambiente de negócios e a confiança no país) e o fortalecimento da securitização no Brasil ao longo dos anos 2000, produziram um efeito de "crowding-in", no qual o setor privado substituiu gradualmente a oferta de crédito antes realizada pelo Estado. Mais recentemente, esse cenário vem se consolidando em torno das cooperativas de crédito e dos títulos de securitização, com destaque para o CRA (Certificado de Recebíveis Agrícolas) e o recém-aprovado FIAgro (Fundo de Investimento nas Cadeias do Agronegócio).

Entre 2014 e 2019, a participação das cooperativas na oferta de crédito rural praticamente dobrou, apresentando crescimento de, em média, 8,8% ao ano. No mesmo período, os bancos públicos e privados sofreram uma queda média anual de 3,4% e 5,3%, respectivamente<sup>17</sup>. Outra característica importante é a média dos valores contratados por fonte, que foi de R\$88 mil para as cooperativas, R\$67 mil para os bancos públicos e R\$455 mil para os

---

<sup>15</sup> PERSIKE, Marisa Petry. Competição e decisão de entrada: Cooperativas de Crédito versus Bancos Públicos e Privados. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Economia) – Insper, São Paulo, 2018.. [Orientador: Prof. Klênio de Souza Barbosa].

<sup>16</sup> Climate Policy Initiative com dados do Matriz de Dados do Crédito Rural - Banco Central do Brasil, 2019

<sup>17</sup> SERVO, Fábio. *Evolução do crédito rural nos últimos anos-safra*. 2019.. (IPEA, Carta de Conjuntura nº43).

bancos privados, denunciando uma tendência aos bancos públicos e cooperativas por parte de pequenos produtores, enquanto grandes produtores tendem ao crédito proveniente de bancos privados<sup>18</sup>. Apesar desse cenário, há claras evidências da falta de acesso ao crédito por parte dos pequenos produtores, como ilustra a **Tabela 6**.

<b>Tabela 6. Número de produtores por fonte de acesso ao crédito e faixa de renda bruta anual (2020)</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Até R\$100 mil</b>	<b>Entre R\$100 mil e R\$300 mil</b>	<b>Entre R\$300 mil e R\$410 mil</b>	<b>Acima de R\$410 mil</b>	<b>Total</b>
<b>Número Total de Produtores</b>	<b>3.020</b>	<b>884</b>	<b>173</b>	<b>259</b>	<b>4.336</b>
<b>Acessou crédito rural alguma vez</b>	<b>54,8%</b>	<b>74,8%</b>	<b>84,4%</b>	<b>80,7%</b>	<b>61,6%</b>
<b>Acessou crédito rural em 2020</b>	<b>35,3%</b>	<b>52,5%</b>	<b>56,8%</b>	<b>65,1%</b>	<b>43,1%</b>

Fonte: Resultado da Pesquisa CNA/Senar, 2020.

Ao lado das cooperativas, os títulos de securitização também vêm desempenhando importante papel no mercado de crédito ao oferecer taxas competitivas, que ampliam o acesso de pequenos produtores ao financiamento. Isto ocorre em função de cinco fatores: **(I)** A diversificação de risco entre os investidores que adquirem as cotas, evitando que um único credor assumira todo o risco de uma única operação<sup>19</sup>. **(II)** O lastreamento da operação em recebíveis reduz os riscos associados à assimetria de informações: o montante emitido é o valor presente dos fluxos de caixa futuros dos recebíveis, evitando empréstimos acima da capacidade de pagamento da empresa. **(III)** O lastreamento mitiga o risco operacional porque do ponto de vista jurídico, os ativos (recebíveis) são imediatamente cedidos em favor dos credores. Isto significa que os recebíveis serão diretamente depositados na conta da operação (ou do fundo) para serem distribuídos entre os credores<sup>20</sup>. **(IV)** A simples oferta de crédito é um elemento de competição contra métodos tradicionais de financiamento, o que reduz as taxas. **(V)** No caso brasileiro,

<sup>18</sup> ASSUNÇÃO, Juliano; COSTA, Davi Rogério de Moura; SOUZA, Priscila. Resumo para Política Pública. O Papel das Cooperativas no Crédito Rural: Crédito cooperativo cresce em meio à crise econômica e auxilia na inclusão de pequeno produtor. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2020.

<sup>19</sup> GAMBÔA, Celso Augusto. “O Impulso da Securitização no Brasil depois da Regulamentação dos Fundos de Investimento em Direitos Creditórios” – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2011).

<sup>20</sup> BURANELLO, Renato M. “Securitização do Crédito como Tecnologia para o Desenvolvimento do Agronegócio: Proteção Jurídica do Investimento Privado” - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2015).

particularmente, a partir da regulamentação dos FIDCs, as operações passaram a ser feitas via fundos de investimentos e não empresas, sofrendo uma menor incidência tributária (antes eram feitas via SPE - Sociedade de Propósito Específico – sujeitas a IR, PIS, COFINS, CSLL, entre outros. Instrumentos mais recentes como os FIIs e FIAGros, possuem também uma série de isenções tributárias ainda maiores do que os FIDCs<sup>21</sup>.

Apesar dos avanços no mercado de crédito rural, ainda há fatores que dificultam o acesso ao financiamento. Dentre os fatores, se destacam os custos cartorários elevados, o endividamento pregresso dos produtores, o limite individual de crédito e problemas com documentação da propriedade rural, conforme ilustrado na **Tabela 7**. Com relação ao crédito subsidiado destinado para programas de incentivo à intensificação de pastagens e outras práticas sustentáveis, além dos fatores expostos na tabela, atribui-se parte da dificuldade a outros dois fatores. O fato de que tais programas exigem a apresentação de diversos documentos, além da elaboração de projetos técnicos como contrapartida ao recebimento do crédito, representa uma barreira de entrada para pequenos produtores que não têm condições de atender tais demandas ou sequer terceirizá-las<sup>22</sup>. Ademais, há assimetria de informações pois muitos gerentes de banco não possuem interesse em oferecer produtos que demandam tanta complexidade adicional ao mesmo retorno financeiro de outros produtos mais simples, deixando muitos programas do governo “na parte de trás das prateleiras”<sup>23</sup>.

<b>Tabela 7. Número de produtores por barreiras de acesso ao crédito e faixa de renda bruta anual (2020)</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Até R\$100 mil</b>	<b>Entre R\$100 mil e R\$300 mil</b>	<b>Entre R\$300 mil e R\$410 mil</b>	<b>Acima de R\$410 mil</b>	<b>Total</b>
<b>Número Total de Produtores</b>	<b>3.020</b>	<b>884</b>	<b>173</b>	<b>259</b>	<b>4.336</b>
<b>Acessou crédito rural alguma vez</b>	<b>54,8%</b>	<b>74,8%</b>	<b>84,4%</b>	<b>80,7%</b>	<b>61,6%</b>
<b>Não acessou crédito rural em 2020</b>	<b>64,7%</b>	<b>47,5%</b>	<b>43,2%</b>	<b>34,9%</b>	<b>56,9%</b>

<sup>21</sup> Fiagro: como funcionam os fundos de investimento em cadeias agroindustriais? O Guia Financeiro. Visitado em 16/05/2022. Disponível em:

<<https://www.oguiafinanceiro.com.br/textos/fiagro-fundos-de-investimento-em-cadeias-agroindustriais/>>

<sup>22</sup> BLISKA, F M M e PARRE, José Luiz e GUILHOTO, Joaquim José Martins. O programa de produção de carne qualificada de bovídeos no Estado de São Paulo sob o enfoque da teoria dos jogos. Informações Econômicas, v. fe 1998, n. 2, p. 27-36, 1998 Tradução . . Acesso em: 15 dez. 2022.

<sup>23</sup> Fala de Fabiana Villa Alves, Diretora de Produção Sustentável e Irrigação (MAPA), no evento Fórum Futuro do Agro, em 24/10/2021.

<b>Não conseguiu ou não tentou</b>	<b>43,2%</b>	<b>35,7%</b>	<b>38,1%</b>	<b>24,7%</b>	<b>40,6%</b>
<b>Motivos</b>	<b>% sobre “Não conseguiu ou não tentou”</b>				
<b>Burocracia</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,6%</b>
<b>Custos cartorários</b>	<b>2,6%</b>	<b>5,4%</b>	<b>12,5%</b>	<b>5,6%</b>	<b>3,6%</b>
<b>Dívidas anteriores</b>	<b>27,9%</b>	<b>19,6%</b>	<b>29,2%</b>	<b>16,7%</b>	<b>26,1%</b>
<b>Insegurança financeira</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,5%</b>
<b>Limite individual de crédito</b>	<b>11,7%</b>	<b>11,6%</b>	<b>29,2%</b>	<b>22,2%</b>	<b>12,6%</b>
<b>Problemas com documentação de propriedade</b>	<b>22,0%</b>	<b>21,4%</b>	<b>8,3%</b>	<b>27,8%</b>	<b>21,6%</b>
<b>Problemas com documentação pessoal</b>	<b>10,6%</b>	<b>9,8%</b>	<b>4,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>9,9%</b>
<b>Renda bruta anual para PRONAF</b>	<b>4,5%</b>	<b>7,1%</b>	<b>8,3%</b>	<b>22,2%</b>	<b>5,7%</b>
<b>Outro</b>	<b>19,4%</b>	<b>24,1%</b>	<b>8,3%</b>	<b>5,6%</b>	<b>19,4%</b>
Fonte: Resultado da Pesquisa CNA/Senar, 2020.					

As deficiências do setor de crédito representam um imenso obstáculo ao desenvolvimento da pecuária em termos de tecnologia, produtividade e sustentabilidade. Como visto, o alto custo dos investimentos necessários para adotar práticas mais eficientes de manejo torna o acesso ao crédito uma condição ao desenvolvimento do setor.

Em termos de produtividade, o Brasil está consideravelmente defasado em relação a outros países produtores de carne bovina. No começo dos anos 2000, a taxa média de abate da bovinocultura nacional foi de 22,8%, contra 25,8% da Argentina, 32,6% da Austrália e 38% dos EUA, no mesmo período. Impulsionados pelos avanços tecnológicos nos últimos vinte anos, embora esses índices tenham melhorado, a pecuária brasileira ainda tem perfil extensivo, com o pasto como principal fonte de alimentação do gado, submetendo a qualidade da dieta dos animais às condições e variações climáticas. Como consequência dessa inconstância alimentar, o tempo médio de abate do gado passa a ser três anos, um acréscimo de 50% com relação à média de 2 anos nos países concorrentes mais competitivos<sup>24</sup>.

A importância do crédito para o aumento da produtividade da pecuária bovina de corte foi

<sup>24</sup> MACEDO, Luís Otávio Bau. Modernização da Pecuária de Corte Bovina no Brasil e a Importância do Crédito Rural. CCTC. Informações Econômicas, SP, v.36, n.7, jul. 2006.



proposta por Macedo (2006), que utilizou dados entre 1995 e 2004 para estimar o montante, ano a ano, de crédito destinado a investimentos na pecuária de corte bovina e comparar com os índices de produtividade do setor no mesmo período. Para evitar distorções, o autor estimou também os investimentos feitos pelos produtores com recursos próprios, protegendo suas conclusões de eventual endogeneidade. Houve atenção diligente em outros aspectos no tratamento das informações: até 1998, os dados disponíveis sobre crédito destinado a investimentos não discriminavam a parcela de recursos utilizada para cada finalidade, sem distinguir, por exemplo, o valor dedicado à aquisição de animais do valor empregado em reformas das pastagens, o que foi resolvido por meio de estimativas. O trabalho explica que, entre 1995 e 2003, o total de crédito destinado a investimentos aumentou em 48,6%. Desse valor, destaca-se o crescimento dos investimentos destinados às inversões de pastagens (67%). No mesmo período, houve sistematicamente aumento da participação do crédito destinado à bovinocultura como percentual do total, como mostra a **Tabela 8**.

<b>Tabela 8. Crédito rural destinado à bovinocultura/oferta total a preço básico da carne bovina (%)</b>	
<b>1995</b>	<b>3,93</b>
<b>1996</b>	<b>2,63</b>
<b>1997</b>	<b>6,21</b>
<b>1998</b>	<b>6,05</b>
<b>1999</b>	<b>4,76</b>
<b>2000</b>	<b>5,99</b>
<b>2001</b>	<b>6,67</b>
<b>2002</b>	<b>6,80</b>
<b>2003</b>	<b>6,78</b>
Fonte: Macedo (2006)	

No mesmo período, foram observados expressivos ganhos de produtividade. Entre 1995 e 2004, a elevação do rebanho foi de 13,44% e a produção de bezerros, 26,6%, contribuindo para a expansão da produção nacional de carne bovina em 25,32% no período. Houve aumento em quase 80% no número de animais criados em modalidades de regime intensivo, como

confinamento, semi-confinamento e pastoreio de inverno. O estudo cita Rosa Tononi e Torres Júnior (2004), que apontaram uma evolução de 10% (de 50% para 60%) na taxa de natalidade das matrizes entre 1994 e 2004, acompanhado pela redução de 5 anos para 3,5 anos na idade da primeira cria. Macedo também chama atenção para o fato de que, comparativamente a outros alimentos, os preços de carne bovina foi o que teve menor aumento em termos percentuais, o que indica que os ganhos de produtividade foram parcialmente transferidos para os consumidores.

Depois de extensa análise das variáveis, o artigo conclui que o crescimento do setor no período estudado se deve principalmente aos ganhos de produtividade provenientes do processo de modernização da pecuária, que por sua vez, se deu graças aos avanços na oferta de crédito experimentados no período. Os ganhos de produtividade estão associados a um aumento na qualidade genética do gado nacional (aquisição de animais geneticamente melhorados) e melhores práticas de manejo do pasto.

Além do financiamento, outro elemento financeiro que pode gerar incentivos para a intensificação das pastagens é a possibilidade de ganhos adicionais com a venda de créditos de carbono no mercado voluntário. Há, entretanto, um grande número de incertezas acerca do tema, em função principalmente de divergências na metodologia de cálculo das emissões e até mesmo na limitação tecnológica necessária para medir, como veremos a seguir.

Segundo Oliveira et al. (2017), a pecuária de corte bovina pode ser fonte ou dreno de emissões de GEEs, a depender da qualidade do pasto. Quanto maior a degradação, menor a capacidade de fixação de carbono no solo. Por outro lado, sistemas intensivos (integrados ou não) possuem capacidade de não apenas zerar suas emissões como também excedê-las, abrindo espaço para ganhos a partir da geração de créditos de carbono.

A pecuária emite metano (gerado principalmente a partir do processo de fermentação entérica da digestão dos ruminantes), óxido nitroso (devido principalmente ao uso de fertilizantes nitrogenados)<sup>25</sup>. Em razão das diferentes propriedades naturais de cada gás, cada substância se relaciona ao aquecimento global de uma forma. Para estabelecer uma base comum, o IPCC desenvolveu o índice *Global Warming Potential* (GWP), sistema de conversões que expressa quanto aquecimento é gerado pela tonelada de um determinado gás em termos do aquecimento gerado pela tonelada do dióxido de carbono. A partir disso e de dados coletados em campo, os

---

<sup>25</sup> (OLIVEIRA, 2015)

autores produziram estimativas do saldo líquido de emissões de GEEs em termos de CO<sub>2</sub> por hectare por ano para diversos sistemas intensivos ou integrados. A **Tabela 9** apresenta o resumo dos resultados obtidos.

<b>Tabela 9. Balanço entre as emissões e remoções antrópicas de GEEs, considerando-se apenas os principais processos produtivos em sistemas de produção de bovinos de corte com ou sem integração.</b>			
<b>Sistemas de Produção</b>	<b>Carbono Sequestrado</b>	<b>Emissões Totais</b>	<b>Saldo Líquido</b>
	<b>-t CO<sub>2</sub> eq / ha . ano</b>		
<b>Pastagem Extensiva</b>	<b>6,24</b>	<b>2,95</b>	<b>3,29</b>
<b>IPF (silvipastoril)</b>	<b>30,5</b>	<b>4,42</b>	<b>26,08</b>
<b>ILP (agropastoril)</b>	<b>11,49</b>	<b>3,90</b>	<b>7,59</b>
<b>ILPF(agrossilvipastoril)</b>	<b>32,59</b>	<b>3,44</b>	<b>29,15</b>
<b>Pastagem Intensiva</b>	<b>11,49</b>	<b>5,55</b>	<b>5,94</b>
Fonte: Oliveira et al. (2017)			

Já os preços da tonelada de carbono no mercado voluntário giram em torno de US\$ 9,00 para projetos como a adoção de sistemas intensivos na pecuária, segundo Vargas, Delazeri e Ferrera (2022). Com base nessas informações, a **Tabela 10** calcula os ganhos anuais em R\$/ha para cada sistema de produção de bovinos mencionado na **Tabela 9**.

<b>Tabela 10. Ganho anual estimado com vendas de créditos de carbono em R\$/ha para diferentes valores do crédito de carbono em torno da média de US\$ 9,00</b>					
<b>Sistemas de Produção</b>	<b>5,00</b>	<b>7,00</b>	<b>9,00</b>	<b>11,00</b>	<b>13,00</b>
<b>Pastagem Extensiva</b>	<b>16,45</b>	<b>23,03</b>	<b>29,61</b>	<b>36,19</b>	<b>42,77</b>
<b>IPF (silvipastoril)</b>	<b>429,02</b>	<b>600,62</b>	<b>772,23</b>	<b>943,84</b>	<b>1.115,44</b>
<b>ILP (agropastoril)</b>	<b>3.256,23</b>	<b>4.558,72</b>	<b>5.861,22</b>	<b>7.163,71</b>	<b>8.466,20</b>
<b>ILPF(agrossilvipastoril)</b>	<b>94.919,15</b>	<b>132.886,81</b>	<b>170.854,46</b>	<b>208.822,12</b>	<b>246.789,78</b>
<b>Pastagem Intensiva</b>	<b>563.819,73</b>	<b>789.347,62</b>	<b>1.014.875,51</b>	<b>1.240.403,41</b>	<b>1.465.931,30</b>
Fonte: autoria própria					

Apesar da aparente atratividade do projeto, o próprio estudo aponta para o fato de que

além dos elevados custos de implementação, há muitas incertezas que por ora inviabilizam a geração de créditos de carbono na pecuária:

“Entretanto, as metodologias desenvolvidas e aprovadas até o momento frequentemente utilizam métricas de emissões que não são adequadas para a realidade brasileira. Em geral, essas metodologias utilizam fatores de emissões que estão calibrados para solos e sistemas de produção de outros países. Dessa forma, um dos desafios para avanço da implementação de projetos do setor agropecuário no país é a falta de metodologias adaptadas para o sistema de produção tropical. Além disso, essas metodologias são rigorosas o bastante para inviabilizar financeiramente a implementação de projetos do setor agrícola no Brasil. Projetos de monitoramento de carbono no solo, por exemplo, possuem elevados custos e, conseqüentemente, inviabilizam a entrada de pequenos e médios produtores rurais no mercado. Ademais, dependendo do tipo de prática agrícola, o tempo para o retorno financeiro do investimento feito no projeto poderá ser longo o bastante para tornar impeditiva a implementação do projeto. Ainda que a viabilidade técnica de projetos do setor agropecuário venha a ser superada, de acordo com os principais desenvolvedores de projetos no Brasil, permanece a incerteza sobre qual 14 será o comportamento da demanda em relação aos créditos gerados por esses projetos. Mesmo que a demanda tenha se orientado para as soluções baseadas na natureza nos últimos anos, o que inclui algumas atividades do setor agrícola, relatos de desenvolvedores de projetos indicam que o mercado atualmente é composto por muitos compradores conservadores. Dessa forma, é possível que parte da demanda continue a preferir créditos gerados por soluções baseadas na natureza que utilizem metodologias consolidadas, como os projetos do setor florestal.”

Em suma, vimos que: (I) o governo pode usar da fiscalização e punição legal para dissuadir produtores inclinados a desmatar para ampliar sua área de pastagem; (II) como alternativa à expansão do pasto, os produtores podem investir em manejo para aumentar expressivamente sua produtividade mas os custos de investimento são significativamente elevados; (III) a oferta de crédito é fundamental para viabilizar esses investimentos mas as deficiências presentes no mercado de crédito acabam elevando as taxas de financiamento, além de impor outras barreiras de entrada, que atingem principalmente os pequenos produtores; (IV) apesar de haver potencial, o mercado de crédito de carbono ainda não representa atratividade suficiente para motivar os produtores a buscarem sistemas intensivos ou integrados.

### 3 METODOLOGIA

Seguindo os princípios do método KISS<sup>26</sup>, foram estabelecidas duas etapas para o desenvolvimento deste trabalho. Primeiro, foram formuladas hipóteses com relação a quais variáveis seriam importantes para explicar o processo de decisão dos produtores sobre quanto investir em sistemas de intensificação. Em seguida, selecionei literaturas relevantes para confirmar ou descartar as hipóteses estabelecidas, além de agregar outras variáveis que antes não haviam sido consideradas.

Antes de mais nada, partiu-se da premissa de que os pecuaristas são agentes racionais e maximizadores de utilidade. Como consequência, infere-se que a condição para decidir investir é que a renda esperada a partir do investimento seja maior do que a soma da renda atual e do valor do investimento. A partir disso, hipotetizou-se sobre de que eram formadas as três primeiras variáveis (renda atual, renda esperada a partir do investimento e investimento a ser realizado). Por exemplo, hipotetizou-se que a variável “renda atual” era formada pelo produto da área disponível pela produtividade do solo, subtraído dos custos, algo que dispensa qualquer literatura. Após a revisão da literatura, foram agregados ao modelo os elementos que compõem a produtividade, segundo Dias Filho (2017). O mesmo raciocínio foi aplicado sucessivamente às demais variáveis.

Das hipóteses feitas, duas foram rejeitadas após a revisão de literatura. A primeira é a de que o mercado de crédito de carbono representaria um incentivo relevante no processo de decisão dos pecuaristas, o que, como vimos, não é consistente. A segunda hipótese é a de que os processos burocráticos na aquisição de crédito representavam uma das principais barreiras ao financiamento de pequenos produtores, o que também foi descartado à luz das evidências expostas na **Tabela 7**.

---

<sup>26</sup> *Keep It Simple, Stupid* (Varian, 1994).

Em razão da ausência de modelos semelhantes ao desenvolvido neste trabalho, foram selecionadas literaturas relevantes para o problema a partir de categorias, de modo que cada categoria oferecesse repertório para a discussão de um aspecto específico do problema. As categorias escolhidas foram quatro: abordagem econômica do crime, sistemas da pecuária e produtividade, influência do mercado de crédito e mercado de carbono.

Em função da ampla variedade de literatura econômica sobre crime e do caráter atemporal, com destaque para a Teoria Econômica do Crime e variações, foram selecionados artigos tradicionais do assunto, como o de Becker (1968), entre outros cuja abordagem seria útil para o entendimento do problema debatido no trabalho (como o conceito de Dissuasão, desenvolvido por Sutinen, 1987). Além disso, foram selecionados artigos que aplicassem os conceitos desenvolvidos por Becker e Sutinen ao contexto de crimes ambientais, a fim de confirmar a hipótese de que os mesmos princípios se aplicam ao tema estudado neste trabalho.

Para a categoria “sistemas da pecuária e produtividade”, foram selecionados trabalhos dos últimos vinte anos. Este critério foi estabelecido em razão dos avanços tecnológicos e técnicos sofridos pelo setor desde o início dos anos 2000. Além da escassez de estudos e dados para períodos anteriores a 2002, as mudanças no setor foram tais que tornariam estudos mais antigos praticamente anacrônicos.

De maneira semelhante, as leituras relacionadas ao mercado de crédito tiveram como critério o limite de no máximo vinte anos desde a publicação. A razão disto é a expressiva mudança no panorama do setor desde o fortalecimento dos títulos de securitização e das cooperativas no início dos anos 2000.

Por fim, as leituras relacionadas ao mercado de carbono foram selecionadas com maior rigor temporal, idade máxima de cinco anos desde a publicação. Por ser um mercado recente e dinâmico, muito mudou desde sua criação, desde legislação até o surgimento de métodos e tecnologias que revolucionaram o setor.

#### 4 MODELO

O modelo apresentado a seguir representa a matriz de incentivos com a qual cada produtor se depara ao tomar sua decisão sobre quanto investir em práticas mais sustentáveis no pasto. Para isso, assumiremos uma série de premissas ao longo do desenvolvimento do modelo. A primeira delas é a de que cada produtor é racional, deseja maximizar seu lucro e usará todas as informações que tiver à sua disposição para isso. O modelo será apresentado em partes, tomando maior complexidade gradativamente.

Dada sua renda ( $r_i$ ), o produtor desejará realizar os investimentos para se tornar mais sustentável se a renda após investimentos esperada ( $r_i^e$ ) for suficientemente maior do que a renda atual ( $r_i$ ) e o investimento ( $I$ ) realizado. Para que o investimento faça sentido, a renda adicional deverá proporcionar fluxos de caixa futuros cujo valor presente é maior do que o investimento. Sejam  $R_i^e$  e  $R_i$  os valores presente da renda anual esperada após investimento e da renda anual atual do produtor ( $i$ ). O produtor desejará realizar o investimento se:

$$R_i^e - R_i > I$$

Essa é a **relação matriz**, em torno da qual o restante do modelo será desenvolvido.

É importante esclarecer que esse modelo busca compreender a matriz de incentivos de dois tipos de produtores: aqueles que não estão em situação irregular, mas desejam melhorar seus

índices de produtividade e sustentabilidade, e aqueles que cometem irregularidades ou até mesmo ilegalidades ambientais. Com isso em mente, a renda de um produtor ( $r_i$ ) será dada pelo produto da área de pastagem em hectares ( $A_i$ ), pela produtividade por hectare ( $\gamma_i$ ):

$$r_i = A_i \cdot \gamma_i$$

Caso o produtor esteja em situação de irregularidade, sua renda será multiplicada pelo termo  $\alpha_i^e \cdot \beta_i^e$ , em que  $\alpha_i^e$  e  $\beta_i^e$  representam respectivamente o risco de fiscalização e a severidade da punição legal percebidos pelo produtor.

A produtividade é o ganho líquido por hectare por ano, ou seja, as receitas anuais subtraídas dos custos anuais. A receita por hectare é a quantia de arrobas produzidas por hectare por ano, o que depende de três fatores: a quantia de cabeças de gado que podem ser criados por hectare, chamada capacidade de suporte ( $\tau$ ), o peso médio em arrobas do gado pronto para o abate ( $\pi$ ) e o tempo em meses que o gado leva para ganhar peso suficiente para ser abatido, período de engorda ( $\mu$ ). O hectare será mais produtivo quanto mais cabeças de gado for capaz de comportar, quanto maior o peso de cada cabeça de gado (no caso da pecuária de corte) e quanto menos tempo demorar para cada animal engordar o suficiente para ser abatido (no caso da pecuária de corte), Assad et al. (2022). Suponhamos que a distribuição das idades dos gados seja uniforme. A quantia (disponível para abate) de arrobas por hectare por ano será dada por:

$$\varepsilon = \frac{\tau \pi}{\mu} \cdot 12$$

Essa medida de eficiência da produção por hectare por ano, será denotada por ( $\varepsilon$ ). A receita por hectare por ano será o produto de  $\varepsilon$  pelo preço ( $P$ ) da arroba. Já os custos ( $C$ ) estão associados à manutenção da terra, insumos, mão de obra e outros fatores. Desse modo, a produtividade ( $\gamma_i$ ) pode ser escrita como:

$$\gamma_i = (\varepsilon_i \cdot P_i) - C_i$$

Então a renda do produtor (i) será:

$$r_i = A_i \cdot [(\varepsilon_i \cdot P_i) - C_i]$$

Já o termo I, que diz respeito ao investimento necessário para intensificar a pastagem, é composto pelos seguintes fatores:



- a) Área em hectares ( $A_i$ ): o total da área de pastagem onde será feito o investimento.
- b) Investimento por hectare: ( $K\sigma$ ): os três fatores  $\tau$ ,  $\pi$  e  $\mu$  estão intimamente relacionados à qualidade da pastagem, pois quanto maior o grau de degradação, menor a quantidade de alimentos disponível por hectare (reduzindo a capacidade de suporte) e menor será a qualidade nutricional (reduzindo o peso médio por animal e elevando o período de engorda). Embora existam muitas práticas que podem ser adotadas para obter melhorias nesses três fatores, como suplementação alimentar e melhoramento genético, as modalidades de combate à degradação e intensificação da pastagem se relacionam simultaneamente com os três fatores. Além disso, o elemento de melhoramento genético está associado à pesquisa e desenvolvimento de tecnologia, portanto, não é um fator que afeta a tomada de decisões de um produtor comum. Por esses motivos e para fins de simplificação, consideraremos que caso decida investir, o produtor escolherá algum nível de intensificação da pastagem ( $\sigma$ ). O custo associado a cada nível de intensificação será descrito pelo produto  $k \cdot \sigma$ , em que  $k$  representa o custo por hectare da modalidade mais simples e menos onerosa de manejo, e  $\sigma$  representa quantas vezes as demais modalidades custam em termos da menos onerosa.
- c) Custo do crédito ( $J$ ): assumiremos que o produtor financiará totalmente o investimento a uma taxa de juros ( $j$ ) e o custo total desse empréstimo a valor presente será dado por ( $J$ ), que é uma função do custo por hectare ( $K\sigma_i$ ), do total de hectares ( $A_i$ ) e da taxa de juros ( $j$ ), e uma variável ( $z$ ) às exigências regulatórias. É de fundamental importância associar a variável  $j$  à renda  $r_i$ , dado que no Brasil, os maiores produtores têm mais acesso às linhas de crédito e outras modalidades de financiamento do que os menores produtores, aos quais é atribuído maior risco e, portanto, estes têm menor acesso ao crédito e pagam juros mais caros.

Dessa forma, podemos expressar o investimento ( $I$ ) da seguinte forma:

$$I_i = A_i \cdot (K\sigma_i) + J_i(A_i, K\sigma_i, j(r_i), z)$$

Por fim, o termo  $R_i^e$ , que descreve o valor presente da renda que o produtor espera obter após o investimento ( $r_i^e$ ), é composta pelos seguintes fatores:

- a) Elevação do preço da arroba de  $P$  para  $P'$ : quanto maior a qualidade ambiental do produto, maior o poder de barganha do produtor ao negociar a arroba. Além disso, produtores em situação irregular são obrigados a negociar um valor menor por sua arroba, pois possuem menor demanda por sua produção, uma vez que grandes frigoríficos como JBS, Marfrig, Minerva e BRF se recusam a comprar de fornecedores em situação irregular. Quanto maior o grau de intensificação escolhido ( $\sigma$ ), maior será o  $P'$ .
- b) Elevação da eficiência de produção por hectare por ano de  $\varepsilon$  para  $\varepsilon'$ : ao elevar a capacidade de suporte do solo e a qualidade nutricional da alimentação dos animais, as variáveis  $\tau$  e  $\pi$  aumentam, enquanto  $\mu$  é reduzido, aumentando a eficiência da produção. Quanto maior o grau de intensificação escolhido ( $\sigma$ ), maior será o ganho de eficiência.
- c) Elevação dos custos anuais de  $C$  para  $C'$ : os custos associados à manutenção das novas práticas de manejo também aumentam. Esse incremento está relacionado a custos financeiros, como análise do solo, manutenção de fertilidade, controle de pragas, entre outros, mas também está associado a custos indiretos, como a qualificação técnica necessária para praticar o manejo escolhido. Quanto maior o grau de intensificação escolhido ( $\sigma$ ), maior será o custo exigido do produtor em termos de qualificação técnica.
- d) Assimetria de informação ( $\theta$ ): há muita desinformação com relação às questões ambientais e às melhores práticas de manejo. A falta de informação faz com que muitos produtores subestimem os ganhos esperados com investimentos em manejo sustentável. É razoável assumir que os maiores produtores têm acesso a mais informação, dada sua relevância, enquanto produtores menores estão mais distantes dos avanços científicos e fóruns de discussão sobre agropecuária sustentável. Por isso,  $\theta$  assumirá valores entre 0 e 1, se aproximando de 0 quanto menor for a renda  $r_i$ , e mais próximo de 1 quanto maior for a renda  $r_i$ .

Podemos escrever a renda esperada após investimento  $r_i^e$  como:

$$r_i^e = \{A_i \cdot [(\varepsilon_i' \cdot P_i') - C_i']\} \cdot \theta(r_i)$$

Podemos reescrever a **relação matriz**, substituindo  $R_i$ ,  $R_i^e$  e  $I_i$ :

$$\frac{\{A_i \cdot [(\varepsilon_i' \cdot P_i') - C_i']\} \cdot \theta(r_i)}{d_i} - \frac{A_i \cdot [(\varepsilon_i' \cdot P_i') - C_i']}{d_i} > A_i \cdot (K\sigma_i) + J_i(A_i, K\sigma_i, j(r_i), z)$$

em que  $d_i$  representa a taxa de desconto de cada produtor que traz os fluxos de caixa a valor presente.

#### 4.1 DISCUSSÃO DO MODELO

Neste trecho, veremos como as variáveis apresentadas se relacionam com as questões observadas no atual contexto das emissões de metano na pecuária brasileira. Além disso, discutiremos outras publicações científicas que oferecem considerações importantes a serem feitas.

Variáveis  $\alpha$  e  $\beta$ : inspiradas no famoso modelo de Becker (1974), *Crime and Punishment: An Economic Approach*, no qual Becker descreve as matrizes de incentivos que levam pessoas a cometerem crimes econômicos. Caso clássico de estudo da econometria, as variáveis que descrevem a percepção do risco de ser pego e a percepção de severidade da punição foram exaustivamente testadas graças à ampla oferta de dados disponíveis sobre o tema. As variáveis  $\alpha$  e  $\beta$ , entretanto, não possuem o mesmo privilégio. Por outro lado, o surpreendente aumento em 73% no índice de desmatamento observado entre 2019 e 2022, pode ser um indicativo de que as percepções do risco de fiscalização e severidade de punição tenham caído no início do governo Bolsonaro, que sinalizou desaprovação das pautas ambientais em diversas ocasiões. Ao intervir

nos órgãos de fiscalização ou na severidade da punição legal para o descumprimento da lei, o governo afeta essas variáveis diretamente.

Variáveis  $\tau$ ,  $\pi$  e  $\mu$ : a produtividade por hectare está diretamente ligada à degradação de pastagens, definida por Macedo & Zimmer (1993) como “um processo evolutivo da perda do vigor, de produtividade, da capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e a qualidade exigida pelos animais, bem como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais em razão de manejos inadequados”. Em 2020, cerca de 40% das pastagens brasileiras apresentava um nível intermediário de degradação e 16,0% apresentavam degradação severa (Lapig, 2022). A principal causa da degradação é o manejo inadequado e quanto maior o grau de degradação, maiores os custos de recuperação do solo (mais insumos, necessidade de replantio, entre outros). A qualidade da pastagem não apenas permite a criação de um número maior de animais por hectare (por oferecer alimentação suficiente) mas também favorece a produtividade por cabeça, em função dos ganhos de qualidade nutricional, que se traduzem em ganho de peso. Além disso, quanto maior a presença de matéria orgânica no pasto, maior a capacidade de retenção de carbono naquele solo. A variável  $\tau$ , que descreve a capacidade de suporte do solo, é fundamental para que a capacidade de produção de carne aumente sem que seja necessário elevar a área de pastagens, prevenindo o desmatamento. Já as variáveis  $\pi$  e  $\mu$ , que descrevem respectivamente o peso médio do boi gordo e o período médio de engorda, estão relacionadas à qualidade da pastagem, cujo valor nutricional é fundamental para que o gado atinja um peso maior em menos tempo. Como resultado, para uma mesma arroba produzida, o animal terá vivido um período menor e, portanto, terá emitido menos metano resultante da fermentação entérica no processo digestivo. A melhoria dessas variáveis faz com que a razão de arrobas produzidas por tonelada de metano emitido seja cada vez maior.

Variáveis  $\gamma$ ,  $k$ ,  $\sigma$  e  $C'$ : Moacyr B. Dias-Filho (2017) apresenta estimativas para o retorno financeiro ( $\gamma$ ) em função do nível de investimento ( $\sigma$ ). Em razão da alta variabilidade de custos dos investimentos em cada modalidade (em função da região, contexto econômico, entre outros fatores), o autor expressa os investimentos em cada tipo de manejo em termos da modalidade menos onerosa, Recuperação Direta, cujo custo foi representado no modelo por  $k$ . Além disso, o autor estima que após o investimento ( $I$ ), o custo anual ( $C'$ ) será 60% maior do que o custo anual original ( $C$ ). As modalidades de manejo e suas particularidades são:

- a) Recuperação Direta: o nível mais simples e menos oneroso, é caracterizado pelo controle de plantas daninhas e ajuste de fertilidade do solo por meio de adubação, com base em resultado de análise de solo. Talvez seja necessário realizar o replantio das forrageiras (vegetação que cobre e protege ativos bioquímicos do solo), mas não é necessário preparar o solo. Outro fator que faz da recuperação direta menos onerosa é o fato de que nem sempre exige interrupção da pastagem (retirar os animais do pasto), e mesmo quando exige, o período é relativamente curto (em torno de 30 dias). Por ser a modalidade menos onerosa, seu custo  $k$  é usado como base para expressar o valor do investimento nas outras modalidades. O retorno estimado dessa modalidade é de R\$2,50 por real investido por ano nos primeiros anos, mas se mantidas as boas práticas de manejo, poderá chegar, no longo prazo, a R\$4,00 por real investido por ano.
- b) Renovação: nível intermediário de sofisticação técnica e custo, é essencialmente a formação de uma nova pastagem. Além da correção da fertilidade do solo, também é realizado o replantio da forrageira com mudança ou não da espécie, mas nesse caso, o preparo do solo é necessário. O uso da área deve ser interrompido por cerca de 90 dias, para que se forme a nova pastagem. O custo estimado da Renovação ( $\sigma$ ) é em média três vezes maior do que o custo da Recuperação Direta. O retorno estimado ( $\gamma$ ) dessa modalidade é de R\$ 2,60 por real investido por ano nos primeiros anos, mas se mantidas as boas práticas de manejo, poderá chegar, no longo prazo, a de R\$ 4,00 por real investido por ano.
- c) Recuperação Indireta: maior nível de sofisticação técnica e custo, trata-se da integração com lavoura ou floresta. Nessa modalidade, a formação da pastagem é integrada com o plantio de lavoura (ILP), lavoura mais floresta (ILPF) ou apenas floresta (sistema silvipastoril). Além de recuperar a fertilidade do solo, permite retorno do investimento no curto prazo e diversificação da renda, pois agrega outras atividades na mesma área. Uma das razões pelas quais é a modalidade mais onerosa é o fato de que exige cuidados adicionais como mecanização total da área, preparo do solo e correção da acidez. O custo estimado ( $\sigma$ ) da Recuperação Indireta é em média cinco vezes maior do que o custo da Renovação. O retorno estimado ( $\gamma$ ) dessa modalidade é de R\$ 2,80 por real investido por ano nos primeiros anos, mas se mantidas as boas práticas de manejo, poderá chegar, no longo prazo, a de R\$ 4,00 por real investido por ano.

Variáveis  $j$  e  $z$ : o custo do crédito ( $j$ ) é uma conhecida deficiência do setor agropecuário brasileiro. As elevadas taxas de juros características do Brasil, somadas ao alto volume de investimento requerido para intensificar pastagens, faz com que o setor necessite de linhas de crédito subsidiado. Trata-se de um contrassenso pois o setor agropecuário brasileiro é eficiente e não deveria ser alvo de subsídios. Entretanto, a elevada taxa de juros do país obriga o governo a destinar recursos para um setor que, do contrário, provavelmente não precisaria de auxílio fiscal. Além disso, essas políticas vêm enfrentando problemas: linhas de crédito subsidiado voltadas para investimentos em sustentabilidade, como as oferecidas pelo programa ABC+, exigem uma série de projetos e documentações. Embora sejam contrapartidas razoáveis e necessárias, essas exigências representam um custo indireto ( $z$ ) para muitos produtores pequenos, que muitas vezes não têm sequer conhecimento<sup>27</sup> sobre essas linhas e não são capazes de se mobilizar para cumprir as exigências necessárias. Por outro lado, a assimetria de informação e os custos associados à documentação necessária, são muito menores para grandes produtores, para os quais o acesso a consultorias e outros serviços é pouco oneroso (relativamente aos pequenos produtores). Os altos níveis de juros brasileiros e as barreiras de entrada ao crédito subsidiado reforçam o fato de que os maiores produtores têm acesso a crédito mais barato do que os menores produtores, inviabilizando os investimentos em modalidades mais sustentáveis e eficientes de manejo para os pecuaristas que mais se beneficiariam disso. Outro fator que afeta a variável ( $z$ ) são as iniciativas lançadas pelos grandes frigoríficos no sentido de oferecer auxílio técnico para pequenos produtores superarem barreiras regulatórias, como os Escritórios Verdes, da JBS. Outro exemplo é o programa Marfrig Verde Mais, que auxiliou a regularização de mais de 2.400 propriedades somente em 2021<sup>28</sup>.

---

<sup>27</sup> Fala de Fabiana Villa Alves, Diretora de Produção Sustentável e Irrigação (MAPA), no evento Fórum Futuro do Agro, em 24/10/2021.

<sup>28</sup> Fala de Leonel Almeida, Gerente de Sustentabilidade da Marfrig no evento Fórum Futuro do Agro, em 24/10/2021.

## **5 CONCLUSÃO**

Por ser um dos principais emissores globais de metano, o setor agropecuário brasileiro vem sofrendo pressões por parte de diversos atores (consumidores estrangeiros, países desenvolvidos, governo brasileiro, empresas e ONGs) para reduzir suas emissões de metano. O principal incentivo à adoção das práticas mais sustentáveis na pecuária é o ganho de produtividade associado às mesmas. Apesar disso, o Brasil enfrenta desafios que impedem a ampla adoção dessas práticas pela maior parte dos produtores rurais, particularmente os menores. São esses desafios:

- a) A tipicamente elevada taxa de juros da economia brasileira, inviabilizando os investimentos (especialmente para pequenos produtores).
- b) Os custos regulatórios associados tanto à regulação da situação ambiental como ao acesso às linhas de crédito subsidiadas oferecidas pelo governo.
- c) A percepção de baixo risco de fiscalização e de baixa severidade da punição em função de ilegalidades ambientais.
- d) A assimetria de informação relacionada aos programas de auxílio e incentivos do governo.
- e) A assimetria de informação relacionada ao conhecimento sobre as vantagens e oportunidades associadas às boas práticas de manejo sustentável.
- f) A baixa qualificação técnica dos pequenos produtores rurais, comprometendo a capacidade de execução das práticas mais sofisticadas e eficientes de manejo sustentável.

Como proposta de continuação deste trabalho, diante dos desafios identificados, o setor agropecuário brasileiro se beneficiaria ao explorar as seguintes soluções:

Para evitar a continuidade do direcionamento de recursos (crédito subsidiado) para um setor eficiente, a solução de longo prazo é “trazer” a taxa de juros brasileira para níveis “civilizados” como a dos países desenvolvidos, o que exigiria reformas fiscais e responsabilidade fiscal de longo prazo, segurança jurídica, além de outras reformas que fogem ao escopo deste trabalho. Como alternativa de curto prazo, soluções regulatórias bem-sucedidas, como o Fiangro, representam uma maneira elegante de permitir aos pequenos produtores acesso ao financiamento por meio do mercado de capitais.

É também importante elevar drasticamente a fiscalização e punição dos crimes ambientais, incentivando os produtores a buscarem aumentar sua produtividade em vez do desmatamento como caminho para incrementar a renda. Além disso, deve-se ampliar os programas de qualificação técnica dos produtores, por meio de políticas de assistência técnica e elevar investimentos em pesquisa relacionada ao desenvolvimento de tecnologias, metodologias e políticas públicas voltadas para a mitigação de emissões.



Uma proposta alternativa de continuação deste trabalho seria coletar os dados necessários para estimar os parâmetros dos coeficientes do modelo, por meio de instrumentos econométricos, e buscar aperfeiçoar o modelo com base em evidências empíricas.

## **6 REFERÊNCIAS**

ABMAEL S. Cardoso, Alexandre Berndt, April Leytem, Bruno J.R. Alves, Isabel das N.O. de Carvalho, Luis Henrique de Barros Soares, Segundo Urquiaga, Robert M. Boddey. *Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use*, Agricultural Systems, Volume 143, 2016.

ALVES, R.N.B.; HOMMA, A.K.O. Pecuária versus diversificação da produção nos projetos de assentamentos no Sudeste Paraense. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 6p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 97).

ASSUNÇÃO, Juliano; COSTA, Davi Rogério de Moura; SOUZA, Priscila. Resumo para Política Pública. O Papel das Cooperativas no Crédito Rural: Crédito cooperativo cresce em meio à crise econômica e auxilia na inclusão de pequeno produtor. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2020.

AKELLA, A. S.; ORLANDO, H.; ARAÚJO, M.; CANNON, J. B. O fortalecimento da defesa contra crimes ambientais: análise econômica do sistema de implementação legal na Mata Atlântica do Brasil. *Megadiversidade*, v. 2. n. 1-2, 2006.

BACH, Vanessa & Minkov, Nikolay & Finkbeiner, Matthias. (2018). *Assessing the Ability of the Cradle to Cradle Certified™ Products Program to Reliably Determine the Environmental Performance of Products. Sustainability*. 10. 10.3390/su10051562.

BECKER, G.S. Crime and punishment: an economic approach. *The Journal of Political Economy*, v. 76, n. 2, p. 166-218, 1968.

BELLARBY, J., Tirado, R., Leip, A., Weiss, F., Lesschen, J.P. and Smith, P. (2013). *Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe. Glob Change Biol*, 19: 3-18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02786.x>

BLISKA, F M M e PARRE, José Luiz e GUILHOTO, Joaquim José Martins. O programa de produção de carne qualificada de bovídeos no Estado de São Paulo sob o enfoque da teoria dos jogos. *Informações Econômicas*, v. fe 1998, n. 2, p. 27-36, 1998 Tradução . . Acesso em: 15 dez. 2022.

BURANELLO, Renato M. “Securitização do Crédito como Tecnologia para o Desenvolvimento do Agronegócio: Proteção Jurídica do Investimento Privado” - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2015).

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas Silvopastoris na Recuperação de Pastagens Degradadas. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 258).

DIAS-FILHO, M. B. *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. 4. ed. reimp. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 215 p.

DIAS-FILHO, M. B. *Formação e manejo de pastagens*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 9 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 235).

GAMBÔA, Celso Augusto. “O Impulso da Securitização no Brasil depois da Regulamentação dos Fundos de Investimento em Direitos Creditórios” – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2011).

GIBBS, J.P. Crime, punishment, and deterrence. New York: Elsevier, 1975

HANNAH Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (2020). *CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gas Emissions*. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: ['https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions'](https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions)

MACEDO, Luís Otávio Bau. Modernização da Pecuária de Corte Bovina no Brasil e a Importância do Crédito Rural. CCTC. Informações Econômicas, SP, v.36, n.7, jul. 2006.

MASSUQUETTI, Angélica. O Padrão de Financiamento da Agricultura Brasileira no Período 1986-95. 1999.

MITLOEHNER, Frank M. Maurice E. Pitesky, Kimberly R. Stackhouse. *Chapter 1 – Clearing the Air: Livestock's Contribution to Climate Change*, Editor(s): Donald L. Sparks, Advances in Agronomy, Academic Press, Volume 103, 2009.

OLIVEIRA, P. P. A. Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 08, n. especial do IV SMUD (2015), p. 623–634, 2015.

OLIVEIRA, Patrícia Perondi Anção et al. Balanço e emissões de gases de efeito estufa em sistemas integrados. In: JAMHOUR, Jorge; ASSMANN, Tangriani Simioni (Org.). *Palestras: intensificação com sustentabilidade. Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária 1; Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil*, 4. 2017. Cascavel. Pato Branco: UTFPR Câmpus Pato Branco, 2017. p. 23–32. ISBN 978-85-99584-10-1.

Disponível em:

<<http://www.utfpr.edu.br/patobranco/estrutura-universitaria/diretorias/dirgrad/departamentos/dagro/publicacoes/cbsipaeilpsb>>. Acesso em: 09/10/2022.

PERSIKE, Marisa Petry. *Competição e decisão de entrada: Cooperativas de Crédito versus Bancos Públicos e Privados. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Economia) – Insper, São Paulo, 2018.*

PINTO, T. P., DE LIMA, C. Z., ESTEVAM, C. G., PAVÃO, E.M., ASSAD, E. D. (2022). *Panorama das emissões de metano e implicações do uso de diferentes métricas*. Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia, Fundação Getúlio Vargas - FGV-EESP, São Paulo, SP, Brasil.

PROLO, Caroline. *Balanço de 2021 e o que esperar dos mercados de carbono em 2022*. Valor Econômico, 2022. Disponível em: <<https://valorinveste.globo.com/blogs/caroline-prolo/coluna/balanco-de-2021-e-o-que-esperar-dos-mercados-de-carbono-em-2022.ghml>>. Acesso em: 09/04/2022

RAMBALDI, D.M. Aspectos econômicos e institucionais relacionados à fiscalização

ambiental na Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João/Mico Leão Dourado/Ibama, RJ – Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental). Universidade Federal Fluminense. Niterói: UFF, 2007.

REBELLO, Fabrício Khoury; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Uso da terra na Amazônia: uma proposta para reduzir desmatamentos e queimadas. Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2005.

SA, C. P. de ANDRADE, C. M. S. de VALENTIM, J. F. Análise econômica para a pecuária de corte em pastagens melhoradas no Acre. Rio Branco, Ac: Embrapa Acre, 2010.

SCHMITT, Jair. Crime sem castigo: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia. 2015. 188 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SERVO, Fábio. Evolução do crédito rural nos últimos anos-safra. 2019.. (IPEA, Carta de Conjuntura nº43).

SMITH, L.G., Kirk, G.J.D., Jones, P.J. et al. *The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods*. Nat Commun 10, 4641 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12622-7>

SOTTA, E. D.; SAMPAIO, F. G.; COSTA, M. de S. N. (org.). *Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira*. Brasília, DF: MAPA: SENAR, 2020.

SUTINEN, J. G. 1987. Enforcement of the MFMCA: an economist's perspective, Marine Fisheries Review, v.49, n.3, p.36-43.

THIAGO, LRL de S.; SILVA, JM da. Suplementação de bovinos em pastejo. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001.

VARIAN, Hal R. How to Build an Economic Model in Your Spare Time. 1994. UC Berkeley Press.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; SOUSA, D. M. G. de. *Benefícios da integração entre lavoura e pecuária*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 21 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42).