
Conformidade ambiental e rastreabilidade da bovinocultura no estado de Minas Gerais, Brasil

Felipe Nunes
Débora Assis
Pedro Henrique Neves
Filipe Lisboa

Denis Lucio Cardoso
Amanda Ribeiro de Oliveira
Britaldo Soares-Filho
Raoni Rajão

INTRODUÇÃO

A rastreabilidade de produtos agropecuários tem se consolidado como uma exigência tanto regulatória quanto de mercado, tornando-se um elemento-chave no combate ao desmatamento vinculado às cadeias globais de suprimento¹. No âmbito nacional e internacional, a crescente demanda por produtos livres de desmatamento se reflete em compromissos firmados por grandes empresas (como o TAC da Carne), nas legislações vigentes da França e do Reino Unido, e nos esforços da China e dos Estados Unidos para banir importações associadas ao desmatamento. Esse movimento se fortaleceu ainda mais com a aprovação, em 2023, da Regulação Europeia de Produtos Livres de Desmatamento (EUDR) pela União Europeia².

Para acessar o mercado europeu, o EUDR exige que os operadores comprovem que produtos agropecuários, como carne bovina, cacau, café, óleo de palma, borracha, soja e madeira, não estejam ligados ao desmatamento após 2020, além de demandarem que a produção atenda às legislações “relevantes” dos países de origem³. Para tanto, o regulamento

determina que essas *commodities* sejam rastreadas desde sua origem e submetidas a uma avaliação de risco de suas cadeias regionais, contemplando a identificação de situações de risco nulo ou negligenciável. Adicionalmente, prevê-se a criação de um sistema de referência baseado em critérios quantitativos e reconhecidos internacionalmente para classificar o nível de risco de desmatamento por país ou região produtora.

O regulamento, no entanto, não impõe a obrigatoriedade da rastreabilidade individual dos produtos, permitindo que a análise de risco se baseie na agregação de lotes de produtos e de animais, modelo já adotado para *commodities* a granel como café e soja. Além disso, o EUDR não especifica de forma clara qual nível de risco pode ser considerado “negligenciável”.

A nova regulamentação, prevista para entrar em vigor em 2026, terá impactos significativos sobre as exportações de culturas agrícolas de Minas Gerais, como café, soja e florestas plantadas. Além disso, coloca o desafio de se implementar prontamente sistemas de

¹Rajão R., et al. (2020) The rotten apples of Brazil's agribusiness. *Science*, 369 (6501): 246-248.

²https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation/regulation-deforestation-free-products_en.

³Nunes F. et al (2024) Conformidade ambiental da cafeicultura, soja e florestas plantadas no estado de Minas Gerais, Brasil. *Policy Brief*.

rastreabilidade da pecuária bovina ao exigir a avaliação de todos os estabelecimentos rurais onde os animais foram criados. Em Minas Gerais, há aproximadamente 233 mil imóveis rurais produtores de bovinos registrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR), um sistema eletrônico obrigatório para propriedades rurais (Lei nº 12.651/2012). Em 2023, o estado exportou 2,5 mil toneladas de carne bovina para a União Europeia e 940 toneladas de produtos derivados (como couro), totalizando US\$ 23 milhões em receitas.

Diante desse novo contexto regulatório, torna-se essencial avaliar o risco de desmatamento ao longo de toda a cadeia de fornecimento da pecuária de corte no estado, bem como verificar a conformidade ambiental dos imóveis rurais em relação ao Código Florestal Brasileiro (CF)⁴. Essa principal legislação rege o uso e a conservação da vegetação nativa em propriedades privadas no Brasil. O Código Florestal estabelece diretrizes sobre a preservação e o uso autorizado da vegetação nativa, além de definir mecanismos para a gestão dos recursos naturais. Ele determina duas principais categorias de conservação: as Áreas de Proteção Permanente (APP), que incluem margens de rios, nascentes, encostas íngremes e topos de morro; e as Reservas Legais (RL), porções da propriedade que devem ser preservadas, variando conforme o bioma e a localização.

Para imóveis rurais em situação irregular, o CF estabelece a necessidade de restaurar e regularizar áreas degradadas, incluindo APP e RL, bem como outras áreas desmatadas sem autorização. Propriedades com déficit nessas áreas devem apresentar planos de

recuperação ambiental ou aderir ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) para garantir a conformidade com a legislação.

A seguir, apresentamos os resultados de nossa análise sobre a conformidade ambiental das propriedades produtoras de gado bovino e o risco de associação ao desmatamento para cada estabelecimento, incluindo aqueles autorizados a exportar para a União Europeia (ERAS - Estabelecimentos Rurais Aprovados pelo SISBOV⁵). Também detalhamos os métodos aplicados na mais recente rodada de nosso modelo computacional de análise do CF, assim como a metodologia utilizada na rastreabilidade da pecuária bovina. Esse processo permite mapear fornecedores diretos e indiretos e avaliar o risco de aquisição de gado associado ao desmatamento de uma determinada propriedade. Por fim, propomos critérios objetivos para definir quando esse risco pode ser classificado como “negligenciável”, oferecendo parâmetros científicos para sustentar a comprovação de conformidade com as novas exigências do mercado global.

RESULTADOS

Nossos resultados apontam que 88% das 232,4 mil propriedades produtoras de bovinos identificadas não apresentam desmatamento significativo após 2008, marco estabelecido para a legalidade das supressões de vegetação nativa após a revisão do CF em 2012 (Tabela 1). Além disso, cerca de 41% dessas propriedades possuem excedentes de Reserva Legal (RL), ou seja, vegetação nativa

⁴Brasil. Lei Federal nº 12.727 (17 de outubro de 2012). Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm>

⁵Sistema Brasileiro de Identificação Individual de Bovinos e Búfalos.

conservada além das exigências legais (Figura 1).

Em relação ao risco de aquisição de gado associado ao desmatamento após 2020, 97% das propriedades produtoras do estado foram classificadas como de risco negligenciável (Tabela 2). Essa classificação reflete um elevado nível de segurança para compra de bovinos, indicando que a aquisição de um lote médio de 17 animais apresenta uma probabilidade muito baixa (menor que 1 animal) de conter bovinos potencialmente

associados direta ou indiretamente a áreas desmatadas.

Entre as propriedades ERAS, 94% foram classificadas como de risco negligenciável, evidenciando um alto nível de segurança para exportação de produtos categorizados como livres de desmatamento. Cerca de 6% apresentaram risco não negligenciável ou desmatamento detectado, ressaltando a necessidade de implementar medidas adicionais para mitigar os riscos de aquisição de gado associado ao desmatamento ou irregularidades (Figura 2).

Tabela 1 - Balanço do Código Florestal dos imóveis rurais produtores de bovinos identificadas unicamente pelo CAR em Minas Gerais.

Imóveis rurais produtores de bovinos	Total	%
Total de imóveis rurais	232.457	100,0%
Com excedente de Reserva Legal (RL)	96.243	41,4%
Com déficit de Reserva Legal	13.703	5,9%
Com déficit de Área de Preservação Permanente (APP)	183.770	79,1%
Com desmatamento pós-2008 (PRODES) ⁷	27.463	11,8%
Com desmatamento pós-2008 (IEF) ⁸	7.543	3,2%
Com desmatamento pós-2020 (PRODES) ⁶	4.591	2,0%
Com desmatamento pós-2020 (IEF) ⁷	2.834	1,2%

Tabela 2 – Propriedades produtoras de bovinos classificadas por risco de aquisição de gado associado ao desmatamento.

Classe de risco	Propriedades produtoras identificadas		Propriedades ERAS identificadas¹	
	Total	%	Total	%
Negligenciável	225.109	96,8%	119	93,7%
Não negligenciável	1.017	0,5%	1	0,8%
Desmatamento detectado	6.331	2,7%	7	5,5%

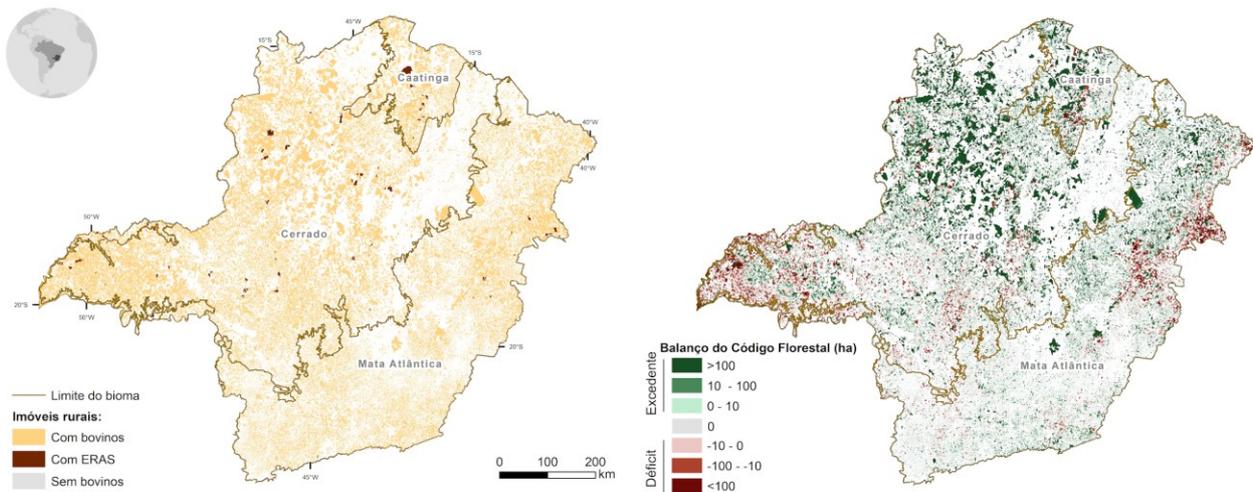


Figura 1 – a) Distribuição dos imóveis rurais produtores de bovinos, incluindo os previamente habilitados para exportação ao bloco europeu (ERAS) em Minas Gerais, b) Excedentes ambientais (valores positivos) e déficits de vegetação nativa dos imóveis rurais.

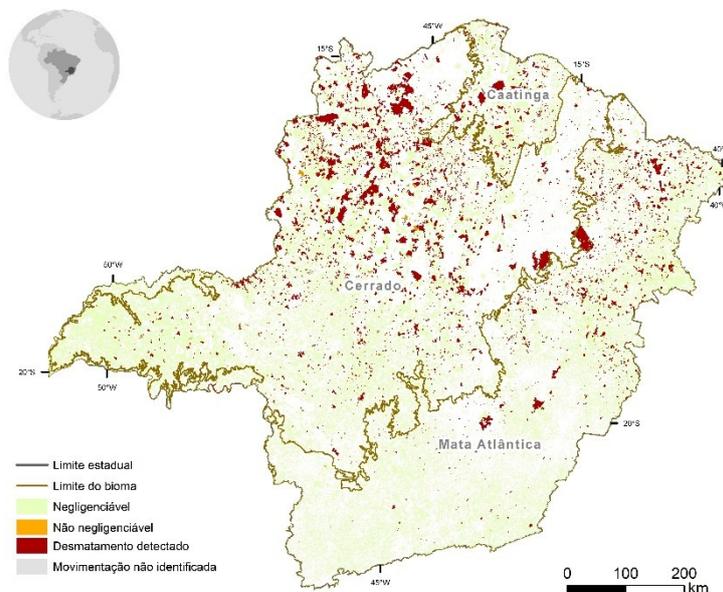


Figura 2 – Imóveis rurais produtores de bovinos por classificação de risco de associação ao desmatamento.

METODOLOGIA

Com relação à conformidade com o CF, nosso modelo analisa automaticamente cada imóvel rural registrado no CAR para estimar as áreas destinadas à conservação ou restauração da vegetação nativa, incluindo RL e APP. O modelo identifica déficits, que correspondem às áreas que precisam ser restauradas ou

regularizadas, e excedentes, que representam vegetação preservada além do exigido pelo CF, incorporando também a análise de áreas desmatadas após 2008.

Para calcular déficits e excedentes de RL (balanço do CF), o modelo utiliza os seguintes mapas de entrada: limites estaduais e municipais, módulos fiscais, distribuição da

vegetação nativa, rede de drenagem, uso da terra, áreas protegidas, tamanho de módulos fiscais por município e limites de imóveis rurais do CAR. Inicialmente, o modelo calcula a área total de cada propriedade rural. Em seguida, gera zonas de larguras mínimas de APP ao longo dos rios, nascentes e corpos d'água de acordo com as regras do CF, tanto para fins de conservação como restauração da vegetação nativa. Para calcular o tamanho da APP ripária para restauração, aplica-se uma série de regras chamadas de "escadinha", de acordo com o tamanho da propriedade (definida em número de módulos fiscais como especificado para cada município) e largura do rio.

Em seguida, o modelo aplica as regras do CF para definir o requisito da RL. O CF considera como propriedade pequena aquelas de 1 a 4 módulos fiscais (MF), como média aquelas entre 4 e 15 MF, e grande os imóveis maiores que 15 MF. De grande expressão para Minas Gerais, a norma isenta pequenos proprietários (até 4 módulos fiscais) de restaurar o déficit de RL, o que representa mais de 93% dos imóveis no estado. Além disso, o CF estabelece percentual máximo da propriedade para restauração de RL, dependendo do total de sua APP ripária.

Para a rastreabilidade do gado bovino desenvolvemos uma metodologia baseada em dados observacionais de trânsito de animais por lote em Minas Gerais e nos avanços metodológicos de Rajão et al. (2020), para quantificar o rebanho de cada propriedade e avaliar o risco de aquisição de gado associado ao desmatamento ao longo de toda a cadeia produtiva. Essa abordagem abrange todos os fluxos de animais, incluindo movimentações entre propriedades e para estabelecimentos

de abate, além de considerar os estoques mantidos nas propriedades produtoras. São analisados tanto os fornecedores diretos, que comercializam bovinos para abate, quanto os fornecedores indiretos, responsáveis pela negociação de animais para atividades como cria, recria e engorda.

Para isso, utilizamos dados do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), que incluem informações de controle sanitário, como o cadastro de propriedades com bovídeos, Guias de Trânsito Animal (GTA) de 2021 a 2023 e os estoques de animais registrados em janeiro de 2021. Além disso, foram integrados dados ambientais provenientes do CAR, do programa estadual de monitoramento da vegetação nativa conduzido pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) e do Projeto de Monitoramento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PRODES/INPE).

A atribuição única dos códigos CAR às propriedades de origem e destino em cada movimentação de gado registrada nas guias de trânsito foi realizada com base nos seguintes critérios de correspondência: 1) cadastro de propriedades produtoras de bovinos com correspondência espacial com o CAR e mesma titularidade ou nome do imóvel rural; 2) correspondência de atributos entre CAR e GTA, com mesma titularidade e maior similaridade do nome do imóvel e município; e 3) cadastro de propriedades produtoras de bovinos com sobreposição a um código CAR único.

Para estimar a quantidade de animais associados ao desmatamento em cada propriedade ao longo do tempo (2021 a 2023), geramos grafos que representam as transações de gado e os estoques de cada

propriedade a partir dos dados do monitoramento sanitário obrigatório (Figura 4). Esses grafos, atualizados mensalmente, permitem calcular o número de animais adquiridos, o número de animais vendidos e a proporção de bovinos no estoque atualizado de cada propriedade que pode ser associada a desmatamento. Essa estimativa utiliza a associação do rebanho ao desmatamento de cada fornecedor de gado, definido como a fração de animais oriundos diretamente de propriedades com desmatamento detectado após 2020 ou de propriedades que, por sua vez, adquiriram bovinos de áreas com desmatamento após essa data.

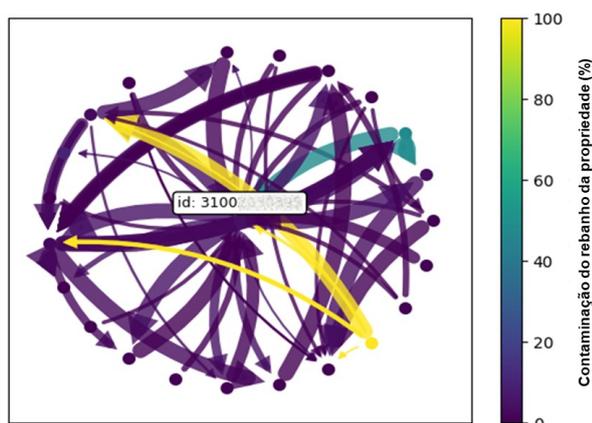


Figura 4 - Grafo exemplificando as transações entre fornecedores e compradores diretos de uma propriedade (id) durante um mês. Cada nó representa uma propriedade e cada aresta uma transação. O tamanho das setas é proporcional à quantidade de animais na transação.

O cálculo considera portanto três variáveis principais a cada mês: 1) os animais adquiridos de fornecedores de gado, cujo grau de associação do rebanho ao desmatamento influencia diretamente o grau de associação ou contaminação do rebanho da propriedade receptora, 2) o estoque de animais presente na propriedade no mês anterior (t), que é atualizado a cada iteração para refletir o grau de associação acumulado ao longo do tempo e

3) os animais movimentados para fora da propriedade que reduzem o estoque e ajustam a proporção de contaminação do rebanho restante.

Com essa integração, é possível estimar tanto a chance ou probabilidade de aquisição de bovinos associados ao desmatamento de cada fornecedor em determinado período, quanto o acúmulo de animais associados ao desmatamento ao longo da cadeia produtiva. A fórmula a seguir expressa matematicamente como esses três fatores são integrados:

$$C_0(t+1) = \frac{\left(\sum_{i=1}^{k(t)} c_i(t) \cdot A_i(t)\right) + c_0(t) \cdot \Delta S(t)}{\left(\sum_{i=1}^{k(t)} A_i(t)\right) + \Delta S(t)}$$

Sendo:

$C_0(t)$: grau de contaminação do rebanho da propriedade ao desmatamento no tempo t ;

$k(t)$: número de fornecedores da propriedade no tempo t ;

$C_i(t)$: grau de contaminação do rebanho do i -ésimo fornecedor no tempo t ;

$A_i(t)$: quantidade de animais vendidos pelo i -ésimo fornecedor no tempo t ;

$\Delta S(t)$: variação do estoque da propriedade (estoque inicial subtraídas as vendas) no tempo t .

Devido à sua natureza transitória, eventos agropecuários, como leilões e exposições, foram tratados distintamente. Nessas movimentações de gado, considera-se apenas o grau de associação do rebanho ao desmatamento do conjunto de propriedades diretamente envolvidas: separando o grau de associação da propriedade de origem, que

envia os animais, e a de destino, que os adquire.

Por fim, a classificação do nível de risco foi baseada no tamanho médio dos lotes de animais transacionados entre 2021 e 2023 (Figura 5), calculado em 17 animais por lote. O limiar de risco negligenciável foi definido, portanto, como a chance ou probabilidade máxima admissível em que a quantidade esperada de animais contaminados em um lote seja inferior a um animal. Esse cálculo resultou em uma chance aproximada de 5,88%, expressa matematicamente como:

$$\text{limiar de risco negligenciável} = \frac{1}{17}$$

Propriedades cujo grau de associação do rebanho ao desmatamento apresentou valores médios inferiores ao limiar de 5,88% no período de 2021 a 2023 foram classificadas como de risco negligenciável. Propriedades com valores iguais ou superiores foram categorizadas como de risco não negligenciável, enquanto aquelas com desmatamento constatado dentro dos limites do imóvel rural após 2020, conforme o Programa Estadual de Monitoramento da Vegetação Nativa (IEF) ou apresentaram sobreposição com polígonos de supressão de vegetação nativa identificados pelo programa PRODES, foram classificadas como "desmatamento detectado".

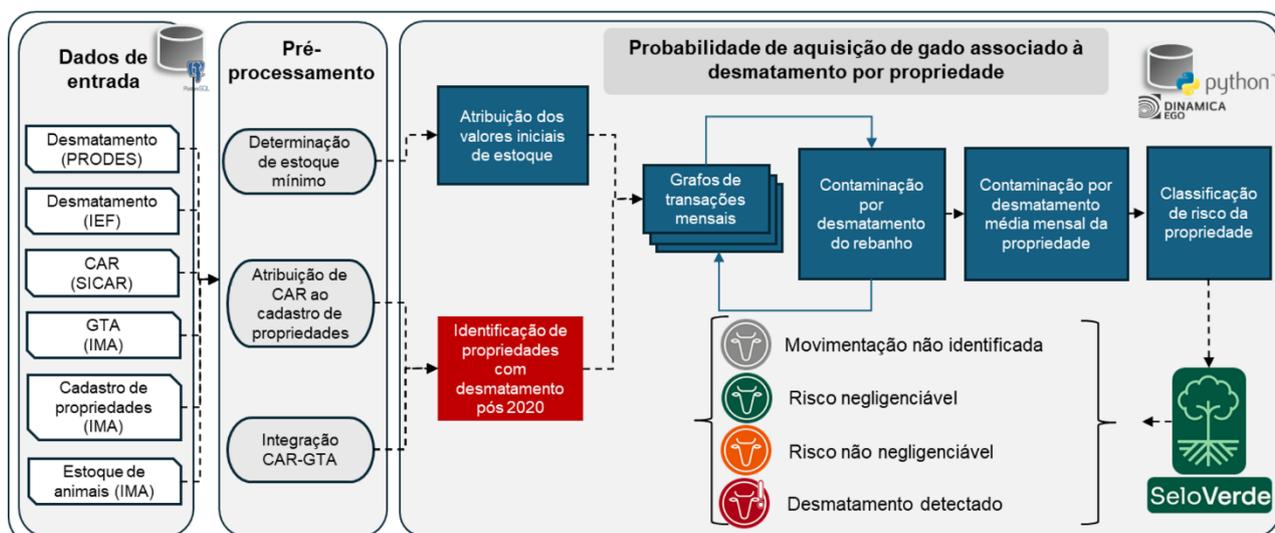


Figura 5 – Procedimentos metodológicos para rastreabilidade e avaliação de risco de aquisição de gado associado a desmatamento.

CONCLUSÕES

As estimativas do balanço do CF e risco de associação ao desmatamento na cadeia de fornecimento de gado para todos os imóveis rurais em Minas Gerais podem ser acessados na plataforma “[SeloVerde MG](#)”, que possibilita de modo transparente, o acesso público e gratuito à rastreabilidade da produção

agropecuária por propriedade rural. A plataforma suporta ainda análises voltadas a uma eventual bonificação aos produtores que conservam áreas de vegetação nativa além do exigido pela legislação nacional.

Os resultados do diagnóstico automatizado são apresentados de maneira individualizada para cada imóvel rural, podendo ser

confrontados com imagens de satélite de alta resolução, livremente disponíveis na plataforma. SeloVerde-MG opera em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)⁶ e resguarda dados confidenciais de transações comerciais. Para acessar o diagnóstico de cada imóvel rural, basta informar o código CAR da propriedade de interesse. Isso permite que as consultas por fornecedores de gado (diretos e indiretos) possam ser utilizadas tanto para informar o cumprimento da legislação nacional, bem como subsidiar procedimentos de averiguação a serem conduzidos por exportadores e importadores, a fim de atestar se o produto é livre de desmatamento – incluindo a chamada “devida diligência” prevista tanto no EUDR quanto na legislação do Reino Unido (UK Environment Act, Schedule 17). Entre outros requisitos, essa diligência exige que operadores colem informações (incluindo coordenadas geográficas das propriedades de origem) e façam uma avaliação de risco de associação ao desmatamento, o que pode ser obtido facilmente através da plataforma pública [SeloVerde MG](#).

Adicionalmente, a construção de uma base de dados públicos padronizada integrando CAR, GTA e cadastro de propriedades com bovinos, possibilitou um incremento de 22% na identificação geoespacial de propriedades com trânsito animal no período analisado, o que demonstra a necessidade e o potencial da incorporação de critérios ambientais em sistemas de rastreabilidade. Essa medida visa não apenas atender às regulamentações internacionais, mas aprimorar o rastreamento para fins sanitários e ambientais em

cumprimento à legislação brasileira, além de possibilitar ampliação das exportações para mercados mais exigentes. Os resultados sugerem ainda que Minas Gerais pode atender exigências quanto à coleta de dados oficiais e classificação de risco de desmatamento em cadeias produtivas complexas, ao integrar sistemas vigentes para rastreabilidade animal e monitoramento do desmatamento, abrangendo todos os fornecedores diretos e indiretos.

Com relação ao EUDR, ainda há questões relevantes a serem esclarecidas, que impactam diretamente o estado de Minas Gerais. Um exemplo é a possibilidade de a classificação de risco permitir um detalhamento por regiões ou produtos específicos. No caso da bovinocultura, propomos aqui uma classificação fundamentada na realidade das transações e movimentações de animais em todo o estado. Dessa forma, produtos de origens com risco de desmatamento não negligenciável deverão ser fiscalizados com maior rigor e os processos de verificação e inspeção irão envolver um número maior de etapas.

O nosso estudo demonstra que o estado de Minas Gerais dispõe de dados oficiais e sistemas públicos para atender às novas regulamentações de produtos livres de desmatamento, assegurando a transparência e a rastreabilidade das cadeias, sem impor custos adicionais aos proprietários rurais, especialmente aos pequenos, ou aumentar a burocracia nos processos de fiscalização sanitária e ambiental.

Em síntese, os resultados aqui apresentados, juntamente com a transparência

⁶Brasil. Lei Federal nº 13.709 (14 de agosto de 2018). Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>

proporcionada pela plataforma [SeloVerde MG](#), revelam que a grande maioria das propriedades produtoras de bovinos em Minas Gerais pode ser classificada como de risco negligenciável, o que traz implicações importantes para a implementação de normas de produtos livres de desmatamento. Ademais, ao introduzir uma classificação de risco por propriedade que abrange todos os fornecedores diretos e indiretos de um

território, este estudo fornece subsídios valiosos para avançar no monitoramento da conformidade legal dos produtores, desenvolvimento de sistemas públicos de rastreabilidade e a definição de critérios objetivos de avaliação de riscos, elementos fundamentais para as medidas que precisam ser implementadas pelo Brasil e seus parceiros comerciais nos próximos meses.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa AL-INVEST Verde da União Europeia, ao programa UK Pact do governo do Reino Unido e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/AWS 032/2019 e 301422/2019-2) pelo apoio e à Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA-MG), ao Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) e ao Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG) pelo fornecimento de dados.