



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE e GESTÃO
DE POLÍTICAS PÚBLICAS – FACE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA - ECO

Programa de Pós-graduação em Economia
Curso de Mestrado em Gestão Econômica de Inovação

**Entre o Crédito e a Conservação: o financiamento bancário da agropecuária
brasileira e as diretrizes de sustentabilidade**

Fernanda Pereira Alvares

Orientador: Prof. Jorge Madeira Nogueira

Brasília
Abril/2026

Agradecimentos

Agradeço ao professor, amigo e orientador, Dr. Jorge Madeira Nogueira, pela orientação cuidadosa, pela generosidade e pela confiança ao longo desta trajetória. Sua experiência, suas observações precisas e seu incentivo constante foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para meu amadurecimento acadêmico.

Aos professores que contribuíram para minha formação, deixo meu sincero reconhecimento pelos ensinamentos, pelas reflexões e pelo compromisso com a produção do conhecimento. Cada disciplina, debate e orientação ao longo do curso contribuiu de forma decisiva para a construção desta pesquisa.

Agradeço, também, aos membros da banca examinadora, Dra Adrielli Santos de Santana e Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceicao pela disponibilidade em avaliar este trabalho e pelas contribuições oferecidas. Suas importantes observações e sugestões enriquecem esta dissertação.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram e me fortaleceram com muito amor. Ao meu marido e filho, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo incentivo permanente ao longo dessa caminhada. Foi na confiança e no afeto de vocês que encontrei a base necessária para seguir e concluir esta etapa.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, estiveram presentes durante este percurso e contribuíram para que este trabalho se tornasse possível.

Resumo

Esta dissertação analisa em que medida os instrumentos de financiamento bancário da agropecuária brasileira são compatíveis com diretrizes de sustentabilidade, consideradas em suas dimensões normativa, operacional e empírica. O estudo parte do reconhecimento de que a agropecuária ocupa posição central na economia brasileira, mas também está associada a pressões relevantes sobre o meio ambiente, como mudança de uso da terra, desmatamento, emissões de gases de efeito estufa e degradação de recursos naturais. Nesse contexto, o financiamento bancário é tratado não apenas como suporte à produção, mas como mecanismo capaz de influenciar a direção dos investimentos, os incentivos associados ao uso da terra e a incorporação do risco socioambiental à decisão de crédito. Metodologicamente, a pesquisa combina análise bibliométrica, análise documental e exame de normativos, relatórios institucionais e literatura especializada, além de incorporar etapa empírica baseada no cruzamento entre informações do crédito rural e dados geoespaciais de alertas de desmatamento. Os resultados indicam que o sistema brasileiro apresenta aproximação com diretrizes internacionais de sustentabilidade, especialmente na incorporação do risco socioambiental à governança financeira, no uso de bases georreferenciadas, na criação de impedimentos e no fortalecimento de mecanismos de transparência. Essa aproximação, contudo, permanece parcial e desigual. A análise empírica mostra que, entre 2019 e 2025, o crédito rural manteve exposição material a áreas com alertas de desmatamento, com concentração territorial em estados do MATOPIBA e em partes da Amazônia Legal, além de forte peso de cadeias como bovinos e soja. Conclui-se que o financiamento bancário da agropecuária brasileira avançou na incorporação formal da sustentabilidade, mas ainda não alterou de modo substantivo a lógica predominante de alocação do crédito, o que indica a necessidade de instrumentos capazes de induzir padrões produtivos mais compatíveis com conservação, adaptação climática e redução de emissões.

Palavras-chave: crédito rural; financiamento bancário; sustentabilidade; agropecuária; desmatamento.

Abstract

This dissertation analyzes the extent to which bank financing instruments for Brazilian agricultural activities are compatible with sustainability guidelines, considering their normative, operational, and empirical dimensions. The study is based on the understanding that agriculture occupies a central position in the Brazilian economy, while also being associated with significant environmental pressures, such as land-use change, deforestation, greenhouse gas emissions, and the degradation of natural resources. In this context, bank financing is treated not only as support for production, but also as a mechanism capable of influencing investment decisions, land-use incentives, and the incorporation of socio-environmental risk into credit analysis. Methodologically, the research combines bibliometric analysis, documentary analysis, and the examination of regulations, institutional reports, and specialized literature, in addition to an empirical stage based on the cross-referencing of rural credit information with geospatial data on deforestation alerts. The results indicate that the Brazilian system shows signs of convergence with international sustainability guidelines, especially in the incorporation of socio-environmental risk into financial governance, the use of georeferenced databases, the creation of restrictions, and the strengthening of transparency mechanisms. This convergence, however, remains partial and uneven. The empirical analysis shows that, between 2019 and 2025, rural credit maintained material exposure to areas with deforestation alerts, with territorial concentration in MATOPIBA states and in parts of the Legal Amazon, as well as a strong presence of production chains such as cattle and soybeans. The study concludes that bank financing for Brazilian agriculture has advanced in the formal incorporation of sustainability but has not yet substantially changed the prevailing logic of credit allocation, which indicates the need for instruments capable of inducing productive patterns more consistent with conservation, climate adaptation, and emissions reduction.

Keywords: rural credit; bank financing; sustainability; agriculture; deforestation.

Sumário

INTRODUÇÃO.....	8
1. MEIO AMBIENTE E AGROPECUÁRIA: IMPACTOS, ESCALAS E RISCOS	12
1.1 A agropecuária como vetor de pressão ambiental.....	12
1.2 Emissões agropecuárias e mudanças climáticas.....	14
1.3 Desmatamento, biodiversidade e mudança de uso da terra	15
1.4 Água, solo e químicos	17
1.5 Escalas dos impactos: do local ao global	18
1.6 Cadeias produtivas, comércio e teleacoplamento.....	19
1.7 Vulnerabilidade da agropecuária às mudanças climáticas.....	21
2. FINANCIAMENTO BANCÁRIO DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA: DIMENSÕES NACIONAL E INTERNACIONAL	24
2.1 Financiamento Bancário da Agropecuária Brasileira	24
2.1.1 Crédito rural, política agrícola e desenvolvimento agropecuário	25
2.1.2 Estrutura do SNCR: finalidades, fontes e agentes	26
2.1.3 Padrões de alocação: concentração regional, setorial e por perfil de produtor ..	28
2.1.4 Agenda socioambiental no crédito rural.....	29
2.1.5 Risco ambiental, monitoramento e limites operacionais.....	31
2.2 Diretrizes Internacionais e o Papel do Setor Financeiro na Sustentabilidade	33
2.2.1 Da responsabilidade voluntária à gestão financeira do risco ambiental	34
2.2.2 Princípios do Equador e Protocolo Verde	35
2.2.3 Finanças verdes e títulos sustentáveis: potencial e limites	36
2.2.4 Taxonomias, disclosure e mensuração do alinhamento ambiental	38
2.2.5 Bancos, risco ESG e decisão de crédito	40
2.3 Financiamento no Brasil e Diretrizes Internacionais: Compatíveis ou Incompatíveis?	43
2.3.1 Práticas Brasileiras e Diretrizes Internacionais: Uma Análise Comparativa	44
2.3.2 Pontos de Convergência: Sinais de Alinhamento	46
2.3.3 Divergências e Lacunas: Os Obstáculos à Sustentabilidade	48
2.3.4 Desafios na Fiscalização e Monitoramento do Desempenho Ambiental	50
3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	53
3.1 Análise Bibliométrica	53
3.2 Análise documental	55
3.3 Estratégia empírica de análise	56
3.3.1 Indicadores de exposição	57
3.3.2 Medidas de concentração e desigualdade.....	58
3.4 Considerações Éticas e Limitações Metodológicas	62
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	64
4.1 Fontes, variáveis, limitações e cautelas de interpretação	64

4.2	A dinâmica do crédito rural e exposição a alertas (2019–2025).....	65
4.3	Análise de concentração em nível de operação	66
5	VISÃO PROSPECTIVA: INSTRUMENTOS COMPLEMENTARES NECESSÁRIOS	77
5.1	O limite do arranjo atual	77
5.2	Da lógica de filtro à lógica de indução	80
	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS	86
	APÊNDICE	91

Índice de figuras

Figura 1. Dinâmica da exposição	66
Figura 2. Participação por UF no crédito rural total, no volume de crédito rural com alertas e na área de crédito rural com alertas, 2019–2025	67
Figura 3. Exposição por volume do crédito com sobreposição a alertas de desmatamento, por UF (2019–2025).....	69
Figura 4. Exposição por área com sobreposição a alertas de desmatamento por UF (2019–2025)	70
Figura 5. Municípios com alerta de desmatamento recorrente.....	71
Figura 6. Top municípios com recorrência de alertas.....	72
Figura 7. Participação de CARs e alertas por faixa de reincidência	73
Figura 8. Crédito com sobreposição a alertas, por produtos/atividades (2019–2025)	75

INTRODUÇÃO

A relação entre agropecuária, meio ambiente e financiamento está hoje no centro do debate sobre desenvolvimento econômico, segurança alimentar e sustentabilidade. No caso brasileiro, essa questão ganha relevância porque a agropecuária reúne peso econômico, inserção internacional e pressão sobre os recursos naturais.

Trata-se de um setor decisivo para a geração de renda, para a oferta de alimentos e para o saldo externo do país, mas também associado a processos como mudança de uso da terra, desmatamento, emissões de gases de efeito estufa, degradação do solo, pressão sobre recursos hídricos e perda de biodiversidade. Por isso, sua análise não pode se limitar à produtividade, à expansão da produção ou à competitividade exportadora. É preciso considerar também os custos ambientais, os riscos regulatórios e os efeitos territoriais ligados ao padrão de crescimento do setor.

Essa discussão se torna relevante porque ao mesmo tempo que agropecuária é fonte de impactos ambientais, também sofre diretamente os efeitos da deterioração das condições ecológicas e climáticas. Secas prolongadas, eventos extremos, mudanças no regime de chuvas, aumento da temperatura e maior instabilidade dos ecossistemas afetam a produtividade, a rentabilidade e a previsibilidade da atividade. Nesse contexto, a sustentabilidade além de ser exigência normativa, reputacional ou comercial, passa a integrar as próprias condições de viabilidade econômica da produção agropecuária no médio e no longo prazo. O problema ambiental, portanto, passou a compor sua estrutura de risco.

É nesse cenário que o financiamento bancário assume papel estratégico pois, o crédito rural e os demais mecanismos de financiamento do setor influenciam a direção dos investimentos, a incorporação tecnológica, a distribuição dos recursos entre produtores, regiões e atividades, além dos incentivos econômicos associados ao uso da terra. A forma como o financiamento é concedido, condicionado e monitorado pode reforçar trajetórias baseadas em expansão territorial e pressão ambiental e, ainda, favorecer padrões mais compatíveis com conservação, adaptação climática e redução de emissões. Discutir sustentabilidade na agropecuária exige, portanto, examinar também a lógica da intermediação financeira que sustenta o setor.

As características históricas do crédito rural brasileiro adicionam maior complexidade à discussão. O sistema foi estruturado para dar sustentação econômica da atividade. Ao longo do tempo, esse arranjo passou por diversificação de fontes, ampliação de instrumentos privados e incorporação gradual de condicionantes socioambientais. Ainda assim, permaneceu orientado pelo fomento produtivo. A agenda de sustentabilidade entrou de forma mais tardia e, em grande medida, como resposta a pressões regulatórias, institucionais e mercadológicas. Houve avanços importantes, sem implicar que o sistema de financiamento tenha passado a operar de maneira coerente com objetivos de sustentabilidade.

A pergunta que orienta a pesquisa é a seguinte: os instrumentos de financiamento bancário das atividades agropecuárias no Brasil são compatíveis com critérios estabelecidos por diretrizes internacionais voltadas à redução dos impactos ambientais gerados por essas atividades? Essa pergunta parte do entendimento de que o debate sobre crédito e sustentabilidade não se resolve apenas com a identificação de normas ambientais ou com o reconhecimento de compromissos institucionais.

É necessário examinar como o financiamento está organizado, quais critérios orientam a alocação dos recursos, de que forma o risco socioambiental é incorporado à análise de crédito, quais são os limites operacionais da diligência adotada pelas instituições financeiras e, sobretudo, em que medida os resultados observáveis do sistema se aproximam ou se afastam das finalidades anunciadas em termos de sustentabilidade.

No plano acadêmico, o estudo procura aproximar debates entre a economia agropecuária, das finanças sustentáveis, da regulação do crédito e da análise ambiental do uso da terra. No plano institucional, o financiamento de atividades com impactos ambientais cada vez mais monitorados amplia riscos regulatórios, reputacionais e patrimoniais para instituições financeiras e tomadores de crédito. No campo das políticas públicas, a coerência entre instrumentos de financiamento, objetivos ambientais e estratégias de desenvolvimento se tornou pilar da governança do setor agropecuário. Além disso, a forma como o crédito é concedido e distribuído afeta quem acessa recursos, em quais regiões, para quais atividades e sob quais incentivos, interferindo diretamente nos padrões de ocupação do espaço rural e na

reprodução de desigualdades produtivas e ambientais.

O objetivo geral deste trabalho é analisar em que medida os instrumentos de financiamento bancário da agropecuária brasileira são compatíveis com diretrizes de sustentabilidade, consideradas em suas dimensões normativa, operacional e empírica. De forma específica, a dissertação busca: examinar os impactos ambientais associados à agropecuária em diferentes escalas; analisar a estrutura do financiamento bancário da atividade agropecuária no Brasil e sua articulação com diretrizes internacionais de sustentabilidade; avaliar evidências empíricas sobre a relação entre crédito rural e exposição territorial a alertas de desmatamento; e discutir instrumentos complementares capazes de reforçar a coerência entre financiamento, sustentabilidade e governança do uso da terra.

Para responder a esse problema, foi adotada estratégia metodológica composta por análise bibliométrica, análise documental, exame de normativos, relatórios institucionais e literatura especializada, além de incorporar uma etapa empírica baseada no cruzamento entre informações do crédito rural e dados geoespaciais de alertas de desmatamento.

O trabalho verifica a hipótese que o sistema brasileiro apresenta sinais de aproximação com diretrizes internacionais de sustentabilidade, mas de forma parcial e desigual, tensionada por características estruturais do próprio financiamento agropecuário. Houve avanços normativos e operacionais mas persistem fatores que limitam a efetividade desse movimento, como a concentração setorial e regional do crédito, a centralidade do custeio, a coexistência entre fontes reguladas e instrumentos privados menos sensíveis a condicionantes socioambientais, as dificuldades de monitoramento contínuo e a permanência de exposição relevante do financiamento a áreas sob pressão ambiental.

Além desta introdução, o trabalho está organizado em cinco capítulos. O primeiro examina os impactos ambientais da agropecuária em escalas local, regional e global, com atenção às emissões, ao desmatamento, à degradação de recursos naturais e à vulnerabilidade do setor às mudanças climáticas. O segundo discute o financiamento bancário da agropecuária brasileira, as diretrizes internacionais de sustentabilidade e os pontos de convergência e divergência entre esses referenciais.

O terceiro apresenta os métodos e procedimentos da pesquisa. O quarto desenvolve a análise dos resultados, com destaque para a exposição do crédito rural a alertas de desmatamento entre 2019 e 2025. O quinto propõe uma visão prospectiva sobre instrumentos complementares necessários para ampliar a coerência entre financiamento, sustentabilidade e transformação produtiva na agropecuária brasileira.

1. MEIO AMBIENTE E AGROPECUÁRIA: IMPACTOS, ESCALAS E RISCOS

Desde sempre, a atividade humana possui estreita relação com o ambiente natural, moldando paisagens, ecossistemas e a própria sobrevivência das sociedades. Atualmente, A agropecuária ocupa posição central na organização econômica, social e territorial das sociedades e sua contribuição para a oferta de alimentos, fibras, energia e matérias-primas contrasta com pressões ambientais de grande alcance. A expansão de lavouras e pastagens, o uso intensivo de água, fertilizantes e defensivos, a conversão de ecossistemas naturais e as emissões de gases de efeito estufa fazem do setor um dos principais vetores de transformação dos sistemas naturais (Baylis; Heckelei; Hertel, 2021; Hertel, 2025). Essa condição exige uma análise que considere a dimensão produtiva da agropecuária e seus efeitos sobre clima, solo, água, biodiversidade e comunidades.

Este capítulo tem como objetivo oferecer base ambiental para os capítulos seguintes desse estudo. A discussão busca delimitar os principais canais pelos quais a agropecuária produz pressões socioambientais relevantes e como essas pressões se convertem em riscos econômicos, produtivos e institucionais. Esse enquadramento é importante para compreender o papel do financiamento rural, das políticas públicas e dos mecanismos de avaliação socioambiental na indução de práticas mais compatíveis com a sustentabilidade.

1.1 A agropecuária como vetor de pressão ambiental

Marcada pelo consumo de recursos e pela produção de poluentes, a atividade agropecuária é um dos setores com maior impacto sobre os sistemas naturais do planeta, delineando uma "pegada" ambiental global que desafia a sustentabilidade (Hertel, 2025). A atividade possui uma pegada ambiental significativa porque opera sobre fatores diretamente vinculados aos sistemas naturais. A produção depende de terra, água, solo, clima, nutrientes e biodiversidade. Ao transformar esses elementos em base produtiva, o setor altera paisagens, modifica ciclos ecológicos e pressiona recursos essenciais. Baylis, Heckelei e Hertel (2021) e Hertel (2025) destacam que a agropecuária ocupa parcela expressiva das terras globais, consome grande volume de água doce e constitui fonte relevante de emissões, poluentes e alteração de habitats.

A magnitude desses impactos pode ser observada em indicadores agregados. A literatura mobilizada no texto original aponta que o setor ocupa aproximadamente 40% das terras globais, consome cerca de 70% da água doce disponível e participa do desmatamento, da perda de habitat e da emissão de poluentes como nitrogênio, fósforo, material particulado, metano e óxido nitroso. Esses números mostram que a agropecuária não representa pressão ambiental localizada ou residual, tratando-se de uma atividade fundamental na relação entre economia e natureza.

A pegada ambiental da agropecuária também decorre do sistema alimentar como um todo, pois, a produção agrícola, a pecuária, o processamento, o transporte, o consumo e o descarte de alimentos integram uma cadeia com efeitos cumulativos. Cimini (2021) e Hertel (2025) apontam que o sistema alimentar responde por parcela significativa das emissões antropogênicas globais de gases de efeito estufa. A produção primária concentra parte relevante dessas emissões, especialmente quando associada à mudança de uso da terra, ao manejo do solo, à fermentação entérica, ao manejo de dejetos e ao cultivo de arroz.

Nos anos 90, a literatura sobre sustentabilidade ambiental na agricultura já apontava que parte relevante da produção agropecuária degrada capital natural por meio da perda de solo superficial, da poluição da água, da perda de nutrientes e da extinção de espécies. Goodland (1997) chamou atenção para o peso ambiental da pecuária, especialmente por sua baixa eficiência relativa na conversão de recursos alimentares em produto final. Essa contribuição reforça que a composição da dieta e a organização das cadeias alimentares também influenciam a sustentabilidade ambiental do setor.

A pressão ambiental aparece ainda no desperdício de alimentos. Lopez Barrera e Hertel (2021) indicam que parcela relevante dos alimentos produzidos é perdida ou desperdiçada, gerando uso ineficiente de terra, água, fertilizantes e energia. Essa perda aumenta a pressão por produção adicional e amplia as emissões associadas ao sistema alimentar. O desperdício possui dimensão econômica e ambiental, pois transforma recursos naturais já mobilizados em perdas ao longo da cadeia.

Estudos sobre limites planetários ajudam a situar a agropecuária em perspectiva sistêmica, onde a produção de alimentos interfere no uso da terra, nos

ciclos de nitrogênio e fósforo, na disponibilidade de água doce, na integridade da biosfera e no clima. Hertel (2025) assinala que o sistema alimentar constitui vetor importante de aproximação ou transgressão desses limites. Clapp et al. (2021) defendem que a segurança alimentar deve incorporar as dimensões de agência e sustentabilidade, além de disponibilidade, acesso, utilização e estabilidade. Essa ampliação é relevante porque desigualdades nos sistemas alimentares e suas conexões com os sistemas ecológicos tornam insuficiente uma leitura restrita à oferta física de alimentos.

1.2 Emissões agropecuárias e mudanças climáticas

Um dos eixos da discussão ambiental sobre agropecuária é constituído pelas emissões de gases de efeito estufa. A contribuição do setor ocorre por canais distintos. O primeiro está associado à mudança de uso da terra, quando florestas, savanas, turfeiras ou pastagens são convertidas em lavouras e áreas de criação. O segundo decorre das emissões diretas da produção agropecuária (Fuglie et al., 2022; Gallardo, 2024).

Sob a ótica climática, a mudança de uso da terra possui relevância porque a atividade libera carbono estocado na vegetação e no solo. A substituição de ecossistemas naturais por áreas produtivas reduz estoques de carbono, altera fluxos hidrológicos e afeta a capacidade de regulação climática das paisagens. Em regiões tropicais, essa conversão costuma ocorrer em áreas de grande biodiversidade e elevada relevância ecológica, o que amplia o custo ambiental do avanço da fronteira produtiva (Baylis; Heckeley; Hertel, 2021; Hertel, 2025; Hannah et al., 2020).

As emissões diretas da produção agropecuária têm perfil distinto das emissões industriais. Na pecuária, o metano proveniente da fermentação entérica assume papel relevante. Na agricultura, o manejo de solos e fertilizantes nitrogenados contribui para emissões de óxido nitroso. O cultivo de arroz irrigado também participa desse quadro devido às condições anaeróbias de produção. Esses processos mostram que o debate climático da agropecuária envolve manejo, tecnologia, tipo de produção, intensidade de insumos e organização territorial (Fuglie et al., 2022; Gallardo, 2024).

Wei et al. (2023) tratam a relação da agropecuária com o carbono de forma ambivalente. Plantas agrícolas absorvem dióxido de carbono por fotossíntese e

biocombustíveis podem reduzir a dependência de combustíveis fósseis em determinadas condições. A expansão de cultivos em larga escala, a produção de fertilizantes e pesticidas, o uso de máquinas e a conversão de florestas aumentam emissões e perdas ambientais. Essa ambivalência recomenda evitar leituras simplificadas sobre o setor. A avaliação depende das práticas adotadas, das cadeias produtivas, do território e dos efeitos indiretos associados.

A mitigação climática na agropecuária envolve aumento de eficiência, redução de perdas, conservação de vegetação nativa, recuperação de áreas degradadas, manejo adequado de fertilizantes, melhoria de pastagens, integração produtiva e inovação tecnológica. Fuglie et al. (2022) discutem a relação entre pesquisa, desenvolvimento e custos de mitigação agrícola, indicando a importância de inovação e difusão tecnológica. O desafio está em combinar ganhos produtivos com redução de impactos por unidade produzida e com controle da expansão territorial.

1.3 Desmatamento, biodiversidade e mudança de uso da terra

A mudança de uso da terra é uma das expressões mais visíveis dos impactos ambientais da agropecuária. A conversão de florestas, campos, savanas e outras formações naturais para lavouras e pastagens reduz habitats, fragmenta ecossistemas e altera a dinâmica de serviços ecossistêmicos. Baylis, Heckeley e Hertel (2021), Gallardo (2024) e Hertel (2025) associam a expansão agrícola e pecuária à perda de biodiversidade e à alteração dos sistemas terrestres.

No Brasil, a discussão assume relevância específica pela presença de biomas como Amazônia e Cerrado. A expansão da soja e da pecuária tem sido apontada como vetor de desmatamento e conversão de vegetação nativa. Lopes, Lima e Reis (2021) indicam que, no Cerrado, a expansão da soja transformou paisagens diversificadas em monoculturas homogêneas, com efeitos sobre biodiversidade, recursos hídricos e comunidades. A dimensão territorial desses processos reforça a necessidade de considerar a geografia dos impactos, e não apenas os volumes produzidos.

A perda de biodiversidade ocorre pela supressão direta de habitats, pela simplificação das paisagens produtivas, pelo uso de pesticidas e pela redução da conectividade ecológica. A homogeneização de áreas extensas em monoculturas

reduz refúgios, corredores e fontes de alimento para espécies. Esse processo compromete serviços ecossistêmicos relevantes para a própria produção agropecuária, como polinização, controle biológico, regulação hídrica e manutenção da fertilidade do solo.

A literatura também mostra que práticas consideradas ambientalmente preferíveis podem apresentar trade-offs. Meemken e Qaim (2018) observam que a agricultura orgânica tende a promover maior biodiversidade em nível de fazenda, mas sua conversão em larga escala pode exigir mais terra quando os rendimentos são menores. Esse ponto desloca a discussão da oposição simples entre sistemas produtivos e incentiva avaliação por resultado ambiental, produtividade, uso da terra e contexto territorial.

Sistemas agroflorestais aparecem na literatura como alternativa para combinar produção, conservação e diversificação. Martinelli et al. (2019) analisam sistemas agroflorestais no bioma Cerrado e destacam sua contribuição potencial para mitigação do aquecimento global, provisão de serviços ecossistêmicos e melhoria dos meios de vida de pequenos produtores. O tema é relevante porque mostra que a redução de impactos não depende apenas de restrições, mas também de arranjos produtivos capazes de integrar produção e conservação.

As fronteiras agrícolas associadas às mudanças climáticas ampliam a complexidade do tema. Hannah et al. (2020) discutem áreas que podem se tornar adequadas ao cultivo em razão de alterações climáticas, com potenciais efeitos sobre biodiversidade, recursos hídricos e carbono. O avanço produtivo para novas regiões pode produzir impactos diferentes daqueles observados em áreas agrícolas consolidadas, pois envolve ecossistemas previamente submetidos a outros usos e funções ambientais.

A proteção da vegetação nativa, o cumprimento de regras de conservação e a gestão do uso da terra são componentes centrais para reduzir impactos. Pinillos et al. (2020) analisam percepções de proprietários rurais sobre Reservas Legais na Amazônia brasileira e mostram que essas áreas possuem implicações para conservação florestal e produção agropecuária. O estudo também evidencia que as percepções dos produtores variam, o que reforça a importância de incentivos,

desenho regulatório e alternativas produtivas compatíveis com conservação.

A relação entre finanças e desmatamento amplia essa discussão. Ly (2023), por exemplo, argumenta que a globalização financeira é uma dimensão relevante da globalização associada à degradação ambiental, com destaque para o desmatamento tropical. Essa leitura aproxima a discussão ambiental do tema da dissertação, pois sugere que fluxos financeiros, disponibilidade de capital e integração de mercados podem afetar pressões sobre florestas e uso da terra.

1.4 Água, solo e químicos

A produção agropecuária utiliza grandes volumes de água, especialmente em sistemas irrigados, e introduz nutrientes e compostos químicos no ambiente. Esses efeitos se distribuem entre propriedades, bacias hidrográficas e sistemas costeiros, dependendo da intensidade de uso de fertilizantes, pesticidas, manejo do solo, drenagem, irrigação e características físicas das regiões produtoras.

A agricultura é reconhecida como grande consumidora de água doce. Sistemas irrigados aumentam a segurança produtiva em regiões sujeitas a variação climática, mas podem contribuir para esgotamento de aquíferos quando a extração supera a recarga. Hertel (2025) e Baylis, Heckelei e Hertel (2021) destacam a relação entre irrigação, consumo de água e pressão sobre recursos subterrâneos. O problema se agrava quando a retirada de água altera fluxos locais, provoca subsidência ou favorece salinização em áreas vulneráveis.

A poluição hídrica decorre do escoamento de fertilizantes, pesticidas e resíduos. Nutrientes como nitrogênio e fósforo podem atingir rios, lagos e aquíferos, reduzindo a qualidade da água e favorecendo eutrofização. Em escala regional, a soma de fontes difusas pode afetar bacias inteiras. Gallardo (2024) associa o uso de nitrogênio em solos agrícolas ao aumento de proliferações tóxicas de algas e à redução de oxigênio em ecossistemas aquáticos. Jwaideh e Dalin (2025) tratam a eutrofização como uma das vias relevantes de impacto na avaliação da sustentabilidade ambiental de culturas.

O solo concentra parte importante dos efeitos ambientais da agropecuária. A aração, a compactação, a remoção de cobertura vegetal, o uso excessivo de insumos

e a erosão reduzem matéria orgânica, biodiversidade microbiana e fertilidade. A degradação do solo compromete a produtividade futura e amplia a necessidade de correções químicas, irrigação ou abertura de novas áreas. Essa dinâmica cria retroalimentação entre perda de qualidade ambiental e expansão produtiva (Goodland, 1997; Gallardo, 2024).

A agricultura é fonte relevante de nitrogênio reativo e fósforo que entram no ambiente, com efeitos sobre água, ar, solo e ecossistemas. Jwaideh; Dalin, (2025) avaliam que fertilizantes nitrogenados sustentam aumentos de produtividade, mas seu uso inadequado gera perdas por lixiviação, volatilização e escoamento. A discussão ambiental, nesse caso, não recomenda simples redução de insumos, mas manejo eficiente, tecnologias adequadas, monitoramento e incentivos para uso compatível com produtividade e conservação.

Os pesticidas acrescentam outra camada ao problema. Gallardo (2024) destaca que compostos sintéticos podem persistir no ambiente e contaminar ar, água e solo. A agricultura orgânica restringe pesticidas sintéticos, mas Meemken e Qaim (2018) observam que algumas substâncias utilizadas nesse sistema também podem gerar impactos. O ponto relevante para a análise é que a sustentabilidade depende do conjunto de práticas, da intensidade de uso, da eficiência produtiva e da proteção de recursos naturais.

1.5 Escalas dos impactos: do local ao global

Os impactos ambientais da agropecuária se manifestam em múltiplas escalas. No nível local, aparecem na qualidade da água, na fertilidade do solo, na exposição de comunidades a pesticidas, na perda de habitats e em conflitos por terra e recursos. No nível regional, acumulam-se em bacias hidrográficas, corredores ecológicos, biomas e fronteiras agrícolas. No nível global, expressam-se em emissões de gases de efeito estufa, comércio de commodities, água virtual, vazamento de carbono e deslocamento de pressões ambientais.

A escala local é definida pela proximidade entre prática produtiva e impacto. O uso de fertilizantes e pesticidas pode contaminar riachos, nascentes e aquíferos utilizados por comunidades enquanto a remoção de vegetação afeta microclima, polinização e disponibilidade de recursos. Lopes, Lima e Reis (2021) relatam efeitos

da expansão da soja no Matopiba sobre paisagens, recursos naturais e condições de vida de comunidades locais. Esses impactos locais têm dimensão social porque afetam segurança alimentar, acesso à água, meios de subsistência e conflitos territoriais. A expansão de fronteiras de recursos também pode produzir perda de acesso a terra, água e meios de vida. Bastos et al. (2021) argumentam que demanda de mercado por commodities, interesse estatal em expansão territorial e pressões de conservação podem convergir em fronteiras nas quais populações locais perdem acesso a recursos. Essa contribuição ajuda a compreender por que impactos ambientais e sociais devem ser analisados de forma integrada em regiões de expansão agropecuária.

A escala regional permite observar efeitos acumulados. A poluição que nasce em várias propriedades pode comprometer uma bacia hidrográfica. A expansão de uma cadeia produtiva pode reorganizar o uso da terra de um bioma. A conversão de vegetação no Cerrado e na Amazônia exemplifica esse processo. A escala regional mostra que decisões individuais de produção podem gerar resultados agregados relevantes, sobretudo quando orientadas por demanda externa, infraestrutura, preço de commodities e disponibilidade de crédito (Baylis; Heckelei; Hertel, 2021; Lopes; Lima; Reis, 2021).

A escala global é marcada por efeitos que independem do local de origem ou são transmitidos por cadeias de valor. As emissões de GEE afetam o clima global. A demanda internacional por alimentos e rações pode induzir desmatamento em países exportadores. O comércio pode transferir consumo de água, carbono e biodiversidade incorporados em produtos agrícolas. Weinzettel et al. (2013) mostram que abordagens de pegada ambiental baseadas no consumo procuram vincular estilos de vida e consumo final aos impactos ambientais ao longo das cadeias de suprimento.

1.6 Cadeias produtivas, comércio e teleacoplamento

As cadeias produtivas agropecuárias apresentam impactos distintos e a intensidade ambiental depende do tipo de cultura, do sistema produtivo, da tecnologia empregada, do território e da relação com mercados. Jwaideh e Dalin (2025) propõem o PLANTdex como índice para avaliar a sustentabilidade ambiental de culturas a partir de vias como emissões de GEE, consumo de água, ocupação da terra e aplicação de

fertilizantes de nitrogênio e fósforo. Essa abordagem reforça que a análise ambiental deve considerar heterogeneidade entre culturas e contextos produtivos.

Cadeias baseadas em expansão territorial, como soja e pecuária em regiões de fronteira, tendem a apresentar riscos maiores de desmatamento, conversão de vegetação e conflitos territoriais, como descrito por Lopes, Lima e Reis (2021). Cadeias com maior intensidade tecnológica podem reduzir impactos por unidade produzida, mas dependem de difusão, assistência técnica, infraestrutura, escala econômica e incentivos. O aumento de produtividade pode aliviar pressão por novas áreas quando acompanhado de controle de expansão. Sem esse controle, ganhos de eficiência podem conviver com aumento da área total explorada.

O comércio internacional conecta consumidores, empresas, produtores e territórios por meio do teleacoplamento. Baylis, Heckelei e Hertel (2021) discutem como a demanda de um país pode produzir impactos ambientais em outro. A soja brasileira destinada à alimentação animal em mercados externos ilustra essa conexão. A demanda externa pode estimular expansão de lavouras, elevar preços de terra, deslocar atividades e aumentar pressão sobre biomas. A consequência ambiental ocorre no território produtor, embora parte do impulso econômico esteja fora dele.

A literatura sobre comércio agrícola também discute vazamento de carbono, paraíso da poluição e água virtual. Balogh e Jámbor (2020) tratam da relação entre comércio agrícola e impactos ambientais, incluindo deslocamentos de pressão. Quando regras ambientais reduzem emissões ou poluição em uma região, a produção pode se deslocar para locais com menor rigor regulatório ou menor custo ambiental internalizado. O resultado pode reduzir a efetividade de políticas locais quando a demanda global permanece constante.

Hertel (2025) observa que o comércio pode permitir a importação de produtos intensivos em água por regiões áridas, mas a avaliação desse mecanismo exige considerar custos locais e gestão dos recursos hídricos. Weinzettel et al. (2019) também analisam o comércio internacional de água escassa incorporada em produtos agrícolas - a chamada água virtual - e indicam que esse comércio pode reduzir ou ampliar o estresse hídrico, dependendo das regiões produtoras, da escassez local e

do padrão de consumo final.

As cadeias globais de valor também implicam melhorias ou pioras ambientais ao longo da produção. De Marchi, Di Maria e Ponte (2022) distinguem processos de upgrading e downgrading ambiental nas cadeias globais, considerando resultados biofísicos, efeitos sobre acesso a mercado e reputação. Para a agropecuária as exigências ambientais de compradores e padrões privados podem trazer resultados, mas também deslocar custos para produtores com menor poder de barganha.

Padrões de sustentabilidade e certificações também precisam ser avaliados por seus efeitos sociais. Beuchelt, Schneider e Gamba (2022) observam que padrões usados para responder a impactos ambientais e sociais da produção agrícola de exportação podem negligenciar a segurança alimentar, embora critérios baseados no direito à alimentação tenham sido desenvolvidos. Esse ponto reforça que governança ambiental em cadeias agropecuárias não deve ser separada de impactos sobre produtores, trabalhadores e comunidades.

A conexão entre mercados agrícolas, energia e carbono amplia a dimensão econômica dos impactos ambientais. Wei et al. (2023) apontam transbordamentos entre preços de petróleo, carbono e commodities agrícolas, especialmente em cenários extremos. Essa relação indica que os riscos ambientais da agropecuária podem alcançar preços, investimentos e instrumentos de gestão de risco e que impactos ambientais não ficam restritos ao campo produtivo.

1.7 Vulnerabilidade da agropecuária às mudanças climáticas

A agropecuária está exposta aos efeitos das mudanças climáticas à medida que as secas, inundações, ondas de calor, alteração nos padrões de chuva, aumento de pragas e mudanças na aptidão agrícola afetam produtividade, renda, segurança alimentar e capacidade de permanência no território. Mendelsohn e Dinar (1999) destacam que regiões tropicais podem sofrer impactos relevantes em razão de condições climáticas próximas aos limites de cultivo. Gallardo (2024) registra efeitos diretos e indiretos do clima sobre produção e sanidade das lavouras.

A vulnerabilidade varia conforme cultura, região, escala do produtor, acesso a tecnologia, infraestrutura e proteção financeira. Produtores com menor acesso a

crédito, seguro, assistência técnica e informação tendem a apresentar menor capacidade de adaptação. A mesma seca pode produzir efeitos distintos em sistemas irrigados, propriedades com manejo conservacionista, produtores com seguro agrícola e agricultores dependentes de chuva e baixo capital de giro.

A adaptação envolve escolhas produtivas e institucionais. Tecnologias resistentes ao clima, rotação de culturas, sistemas integrados, recuperação de pastagens, manejo de água, sistemas de alerta, diversificação produtiva e melhoria de infraestrutura reduzem exposição e sensibilidade. Hertel (2025) aponta o comércio como mecanismo que pode auxiliar a adaptação ao permitir redistribuição de alimentos entre regiões afetadas de maneira diferente por choques climáticos. Essa função depende de mercados funcionando, logística adequada e capacidade de compra.

Mendelsohn e Dinar (1999) mostram que modelos que incorporam adaptação dos agricultores estimam danos climáticos menores do que modelos que ignoram ajustes de produção. Moscona e Sastry (2023) discutem inovação dirigida como fator de mitigação de danos econômicos da mudança climática na agricultura. Esses estudos indicam que adaptação e inovação reduzem perdas, mas demandam investimento, conhecimento e incentivos.

Os desastres naturais atingem cadeias rurais com intensidade desigual. Breiling (2021) destaca que regiões de baixa renda e elos primários das cadeias de valor podem sofrer perdas significativas, inclusive subnotificadas. O relatório da United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)¹ sobre custos humanos dos desastres no período de 2000 a 2019 mostra a predominância de eventos meteorológicos e seus danos globais. A combinação de exposição climática, baixa capacidade financeira e dependência de recursos naturais torna a agropecuária vulnerável em termos produtivos e sociais.

Assim, setor pressiona o ambiente e, ao mesmo tempo, depende de condições ambientais estáveis para produzir. A degradação de solo, água e biodiversidade reduz resiliência. A mudança climática aumenta incerteza. A gestão ambiental deixa de ser

¹ Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres – criada em 1999 para coordenar a redução de riscos de desastres e garantir sinergias entre atividades de assistência humanitária e o desenvolvimento sustentável

tema externo à produção e passa a compor a própria viabilidade econômica da agropecuária. Essa base é relevante para discussão de como instrumentos financeiros e institucionais podem influenciar a relação entre agropecuária, sustentabilidade e risco.

2. FINANCIAMENTO BANCÁRIO DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA: DIMENSÕES NACIONAL E INTERNACIONAL

2.1 Financiamento Bancário da Agropecuária Brasileira

O financiamento bancário da agropecuária brasileira se organiza, historicamente, em torno do crédito rural. Desde a Lei nº 4.829/1965, esse crédito foi concebido como instrumento de política agrícola, voltado ao custeio, ao investimento, à comercialização, à industrialização e ao fortalecimento econômico dos produtores rurais, com atenção formal aos pequenos e médios produtores (Brasil, 1965; Sousa et al., 2020). Essa origem ajuda a compreender a lógica predominante do sistema: antes da incorporação de critérios socioambientais, o crédito rural foi desenhado para garantir liquidez, reduzir restrições financeiras e sustentar a expansão produtiva da agropecuária.

Ao longo do tempo, o crédito rural passou a cumprir funções econômicas distintas. Ele financia despesas recorrentes do ciclo produtivo, viabiliza investimentos em máquinas, infraestrutura e tecnologia, apoia a comercialização e contribui para reduzir os efeitos da sazonalidade, dos riscos climáticos e da volatilidade de preços. Nessa condição, o crédito rural conecta política agrícola, intermediação financeira, dinâmica territorial e escolhas produtivas (Leite; Castro; Tateishi, 2023; Nascimento; Carrasco-Gutierrez; Tessmann, 2023).

A literatura empírica confirma a relevância econômica do crédito rural, embora seus resultados variem conforme o método, o período e a variável analisada. Nascimento, Carrasco-Gutierrez e Tessmann (2023) identificam relação positiva de longo prazo entre crédito rural e produto agropecuário indicando que aumento de 1% no crédito rural se associa a aumento de 0,44% no PIB agropecuário no longo prazo. Borges e Parré (2022), ao examinarem o período de 1999 a 2018, também observam impacto positivo do crédito rural sobre o produto agropecuário brasileiro, mas constatarem que a ampliação real do crédito ocorreu junto com redução do número de estabelecimentos atendidos e aumento do valor dos contratos. Esses resultados sustentam a importância do crédito para o setor, mas não resolvem a questão distributiva.

Essa ressalva é necessária porque o efeito positivo do crédito sobre produto,

produtividade ou área cultivada não informa quem acessa os recursos, em quais condições e com quais efeitos territoriais. Leite, Castro e Tateishi (2023), ao analisarem crédito rural e seguro rural em São Paulo, mostram que os efeitos dessas políticas sobre produtividade e área cultivada não são homogêneos entre culturas nem entre categorias de produtores. O estudo também aponta que o acesso às políticas permanece restrito a parcela limitada dos produtores, o que recomenda análises desagregadas por cultura, região e perfil produtivo.

Essa heterogeneidade impede uma leitura linear do crédito rural, pois o financiamento pode aliviar restrições de caixa, permitir compra de insumos e favorecer adoção tecnológica, e também ampliar área cultivada sem ganho proporcional de produtividade, reforçar a seletividade bancária ou concentrar benefícios em produtores com mais garantias, documentação e capacidade de relacionamento financeiro. Neves et al. (2020) acrescentam que o acesso ao crédito, isoladamente, não garante redução da desigualdade de renda. O efeito distributivo depende de fatores como educação, assistência técnica e extensão rural, que influenciam a capacidade de transformar o recurso financeiro em renda e produtividade.

Há outro problema relacionado ao financiamento de longo prazo, projetos ligados à inovação, recuperação ambiental, adaptação climática e uso sustentável da terra envolvem incertezas maiores do que operações correntes de custeio. Paula, Raccichini e Bastos (2023) argumentam que, nesses casos, a atuação do Estado e dos bancos de desenvolvimento pode reduzir incertezas e apoiar investimentos que o setor financeiro privado tende a financiar em menor escala. Os autores observam, contudo, que mesmo bancos de desenvolvimento podem concentrar recursos em setores mais maduros e financiar menos projetos ligados à gestão de recursos florestais, recursos naturais e uso sustentável da terra. Essa observação é relevante para o crédito agropecuário, pois indica que a transição ambiental exige instrumentos financeiros compatíveis com prazo, risco e natureza dos projetos.

2.1.1 Crédito rural, política agrícola e desenvolvimento agropecuário

O crédito rural brasileiro foi institucionalizado em um contexto de modernização agrícola e de expansão da presença estatal no financiamento da produção. A Lei nº 4.829/1965 estabeleceu os objetivos do crédito rural e atribuiu ao Conselho Monetário

Nacional a disciplina normativa do sistema, cabendo ao Banco Central funções de direção, coordenação e fiscalização (Brasil, 1965). A política procurava estimular investimentos rurais, incentivar métodos de produção capazes de elevar produtividade e padrão de vida no campo e fortalecer pequenos e médios produtores (Sousa et al., 2020).

Na prática, esse desenho se inseriu em um processo mais amplo de modernização da agricultura brasileira. O crédito rural, associado a políticas públicas, pesquisa agropecuária, infraestrutura e incentivos à expansão produtiva, contribuiu para transformar o campo brasileiro. Sousa et al. (2020) mostram que, entre 1969 e 2016, o crédito financiou a expansão da atividade agrícola, mas sua distribuição territorial manteve forte concentração no Centro-Sul. Os autores também identificam aumento da participação do Centro-Oeste na década de 1980, movimento associado à exploração dos Cerrados e ao avanço da fronteira agrícola.

Amaral e Bacha (2025), ao analisarem a evolução do crédito rural entre 1969 e 2023, concluem que o sistema permaneceu concentrador, seletivo e desigualmente distribuído durante todo o período examinado. Segundo os autores, esses fenômenos ocorreram entre agricultores familiares e não familiares e também dentro dessas categorias, apesar da criação do Pronaf em 1996. A explicação passa pela relação entre estrutura agrária e crédito: como a terra funciona como garantia, produtores com maior patrimônio têm maior capacidade de demandar e obter financiamento.

Essa trajetória revela uma tensão presente desde a origem do sistema. A legislação atribuiu ao crédito rural funções produtivas e sociais, mas a operação bancária tende a favorecer agentes com maior escala, garantias e capacidade de cumprir exigências formais. Com isso, a política pode elevar produção e produtividade e, ao mesmo tempo, reforçar desigualdades de acesso. Essa tensão aparece em diferentes estudos: o crédito rural tem efeito econômico mensurável, mas sua capacidade de promover inclusão depende de desenho institucional, assistência técnica, perfil do produtor e distribuição regional dos recursos (Borges; Parré, 2022; Nascimento; Carrasco-Gutierrez; Tessmann, 2023; Neves et al., 2020).

2.1.2 Estrutura do SNCR: finalidades, fontes e agentes

O Sistema Nacional de Crédito Rural organiza o financiamento oficial da

agropecuária em torno de finalidades específicas. O crédito de custeio financia despesas do ciclo produtivo. O crédito de investimento apoia aquisição de bens, serviços e infraestrutura com retorno em prazo mais longo. O crédito de comercialização dá suporte à venda, armazenagem e escoamento da produção. O crédito de industrialização financia beneficiamento e transformação de produtos agropecuários. Essa distinção é importante porque cada finalidade envolve prazos, riscos, garantias e possibilidades de monitoramento diferentes (Brasil, 1965; Leite; Castro; Tateishi, 2023).

O custeio ocupa posição central porque responde à necessidade recorrente de capital de giro. Em atividades sujeitas a ciclos produtivos, choques climáticos e volatilidade de preços, o crédito permite ao produtor antecipar gastos com insumos, mão de obra, serviços e manutenção da produção. Essa função explica sua importância para a continuidade da atividade, mas também limita sua capacidade de induzir mudanças no padrão produtivo. Investimentos em recuperação de áreas, sistemas integrados, infraestrutura de baixo carbono e adaptação climática exigem prazos mais longos, avaliação técnica mais detalhada e acompanhamento mais frequente (Gianetti; Ferreira Filho, 2021; Leite; Castro; Tateishi, 2023).

As fontes de recursos diferenciam o alcance das políticas públicas. As fontes controladas, ligadas a exigibilidades, poupança rural, fundos constitucionais, BNDES e equalização de taxas, permitem maior direcionamento estatal e maior possibilidade de condicionar o crédito a objetivos públicos. As fontes livres e os mecanismos privados, como títulos do agronegócio, contratos com fornecedores, tradings, cooperativas e instrumentos de mercado, ampliam a oferta de financiamento, mas tornam mais difícil aplicar critérios equivalentes de controle socioambiental. Leite, Castro e Tateishi (2023) registram que, além do SNCR, produtores podem financiar a produção diretamente com agentes do agronegócio por instrumentos formais negociados no mercado financeiro, como CPR, CDA, WA, CDCA, LCA e CRA.

Essa diversificação mudou a fronteira entre crédito dirigido e financiamento de mercado. Parte crescente do financiamento agropecuário não passa apenas pela operação bancária tradicional regulada pelo SNCR. Isso reduz a dependência do crédito oficial em algumas cadeias, mas cria um desafio para a sustentabilidade: quando o financiamento migra para instrumentos menos visíveis ou menos sujeitos às

mesmas condicionalidades, a política ambiental aplicada ao crédito oficial pode perder alcance. (Faria et al., 2025; Mourão; Stussi; Souza, 2024).

Os agentes financeiros que operam o crédito rural incluem bancos públicos federais, bancos privados, cooperativas de crédito, bancos regionais e instituições ligadas a fundos constitucionais. Os bancos públicos desempenharam papel relevante na expansão histórica do sistema e continuam presentes em segmentos como agricultura familiar, investimento e crédito em regiões específicas. Essa presença permite articular política agrícola, subvenção e direcionamento de recursos. Ao mesmo tempo, a operação bancária preserva critérios de risco, garantias e documentação que podem restringir o acesso de produtores menos capitalizados (Amaral; Bacha, 2025; Sousa et al., 2020).

2.1.3 Padrões de alocação: concentração regional, setorial e por perfil de produtor

A distribuição do crédito rural brasileiro apresenta concentração persistente. Sousa et al. (2020) identificam que os estados do Centro-Sul captaram, anualmente desde 1969, mais de 80% dos recursos. O mesmo estudo mostra que o Centro-Oeste ampliou sua participação relativa na década de 1980, em movimento associado à exploração dos Cerrados e ao avanço da fronteira agrícola, enquanto Norte e Nordeste permaneceram como regiões de menor captação.

Essa concentração regional reflete infraestrutura financeira, densidade produtiva, disponibilidade de garantias, escala dos empreendimentos, presença de cadeias consolidadas e capacidade administrativa dos tomadores. Amaral e Bacha (2025) observam que a tecnologia moderna tende a exigir produção em escala e que médios e grandes estabelecimentos, por operarem com economias de tamanho e disporem de melhores garantias, acabam se beneficiando mais da concessão de crédito rural. Como a terra funciona como garantia, concentração fundiária e concentração do crédito se reforçam.

A concentração também aparece por perfil de produtor. A criação do Pronaf ampliou o acesso da agricultura familiar a crédito subsidiado, mas não eliminou a seletividade do sistema. Amaral e Bacha (2025) mostram que o crédito permaneceu concentrado entre agricultores não familiares e que a desigualdade se manifesta tanto

entre categorias quanto dentro delas. Essa constatação desloca a discussão: não basta verificar a existência de programas específicos; é necessário avaliar a participação efetiva desses programas no volume total, o valor médio dos contratos e as condições institucionais que permitem ao produtor acessar o financiamento.

A concentração setorial reforça o mesmo diagnóstico. O crédito rural tende a acompanhar cadeias com maior escala, maior integração comercial e maior capacidade de oferecer garantias. Estudos sobre crédito, produtividade e renda mostram que o efeito do financiamento varia conforme culturas, regiões e categorias de produtores. Leite, Castro e Tateishi (2023), por exemplo, verificam que o crédito se associou a maior produtividade e maior área cultivada em grãos, mas não apresentou o mesmo comportamento em todas as culturas analisadas. Os autores concluem que a avaliação da política precisa considerar diferenças entre culturas e perfis produtivos.

Essa leitura contribui para a agenda ambiental. Quando o crédito se concentra em regiões e cadeias ligadas à expansão agropecuária, a sustentabilidade não pode ser avaliada apenas pela existência de impedimentos ou normas formais. É preciso observar a direção dos fluxos financeiros. Se o sistema continua destinando parte relevante dos recursos a atividades, territórios e modalidades com maior pressão sobre uso da terra, os mecanismos socioambientais precisam ser avaliados pela capacidade de alterar incentivos, e não apenas pela presença no regulamento (Faria et al., 2025; Lazaretti; Sambuichi, 2025; Mourão; Stussi; Souza, 2024).

2.1.4 Agenda socioambiental no crédito rural

A incorporação da agenda socioambiental ao crédito rural ocorreu de forma gradual e posterior à consolidação do sistema como política agrícola. Um marco recorrente na literatura é a Resolução CMN nº 3.545/2008, que condicionou a concessão de crédito rural na Amazônia à comprovação de regularidade ambiental e fundiária. Essa norma colocou o crédito rural no centro de uma política de contenção do desmatamento, ao transformar a elegibilidade ambiental em condição de acesso ao financiamento (Assunção et al., 2019; Mourão; Stussi; Souza, 2024).

A partir desse movimento, o crédito rural passou a incorporar mecanismos de verificação ambiental, como consulta ao Cadastro Ambiental Rural, análise de embargos, impedimentos relacionados a áreas protegidas e integração com bases

territoriais. O CAR tem papel importante nesse processo por reunir informações ambientais das propriedades e posses rurais. Mourão, Stussi e Souza (2024) observam que o CAR é registro obrigatório e autodeclaratório, voltado à integração de informações ambientais dos imóveis rurais, mas também alertam que apenas pequena parcela dos cadastros havia concluído análise pelos órgãos competentes em novembro de 2023. Essa limitação afeta a qualidade da base e a segurança das verificações.

Essa evolução aproximou crédito rural e gestão de risco socioambiental. O financiamento passou a ser analisado não apenas pela capacidade de pagamento do produtor, mas também por sua exposição a passivos ambientais, embargos, irregularidades documentais e riscos reputacionais. O avanço é relevante, mas seu alcance depende da qualidade das informações e da forma como a instituição financeira interpreta e aplica os dados. Um alerta de desmatamento indica exposição territorial e necessidade de diligência, mas não equivale automaticamente a prova jurídica de ilegalidade. Essa distinção evita confundir indicador de risco com imputação de infração (Lazaretti; Sambuichi, 2025; Mourão; Stussi; Souza, 2024).

A incorporação ambiental ao crédito rural ocorre em três planos. O primeiro é a conformidade, voltada à regularidade documental, aos impedimentos e às vedações de financiamento. O segundo é a gestão de risco, que transforma passivos ambientais, alertas e exposição territorial em elementos da decisão financeira. O terceiro é a sustentabilidade como direcionamento do capital, quando o crédito passa a favorecer práticas que reduzam pressão sobre vegetação nativa, recuperem áreas degradadas, reduzam emissões e ampliem resiliência produtiva.

Além dos mecanismos de restrição, surgiram linhas voltadas à indução de práticas produtivas de menor impacto. O Plano ABC e o Programa ABC procuram incentivar tecnologias como recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta, plantio direto, fixação biológica de nitrogênio e outras práticas associadas à agricultura de baixa emissão de carbono. Gianetti e Ferreira Filho (2021) mostram que o Plano ABC envolveu ações de capacitação, transferência de tecnologia, regularização ambiental e fundiária, assistência técnica, pesquisa, insumos e crédito rural, com o Programa ABC funcionando como linha de crédito voltada à execução do plano.

A dificuldade está na distância entre desenho da política e execução. Gianetti e Ferreira Filho (2021) apontam que os efeitos ambientais positivos seriam maiores se a alocação dos recursos considerasse áreas prioritárias, mas identificam dificuldades do programa em alcançar justamente áreas com maior potencial de mitigação. Essa evidência sugere que uma linha de crédito verde pode ser formalmente alinhada à sustentabilidade e, ainda assim, ter efeito limitado se a distribuição dos recursos seguir regiões, tecnologias ou perfis já mais integrados ao crédito.

Nogueira e Nogueira Jr. (2014) defendem que a conservação do capital natural no setor agropecuário exige instrumentos financeiros capazes de ir além da exigência legal. A sustentabilidade precisa ser incorporada ao comportamento tático e estratégico do setor financeiro voltado à agropecuária, com instrumentos capazes de remunerar conservação, reduzir riscos e criar incentivos econômicos compatíveis com o uso sustentável da base natural.

2.1.5 Risco ambiental, monitoramento e limites operacionais

A incorporação do risco ambiental ao crédito rural depende da capacidade de transformar informação territorial em decisão financeira. Bases como Sicor, CAR, PRODES, MapBiomas, embargos e registros administrativos ampliam a visibilidade sobre a relação entre financiamento e uso da terra. Esse avanço permitiu análises mais precisas sobre operações, glebas financiadas, imóveis rurais e alertas de desmatamento. Ainda assim, a maior disponibilidade de dados não elimina problemas de validação, atualização, unidade de análise e resposta institucional (Lazaretti; Sambuichi, 2025; Mourão; Stussi; Souza, 2024).

Os estudos recentes sobre crédito e desmatamento mostram a relevância desse ponto. Mourão, Stussi e Souza (2024) identificam que propriedades com desmatamento receberam, em média, R\$ 14 bilhões por ano em crédito rural subsidiado, o equivalente a 15% dos recursos destinados ao crédito rural subsidiado no período analisado. O mesmo estudo informa que essas propriedades representavam 7% do total de propriedades que acessaram esses recursos. A conclusão é que uma fração relativamente pequena das propriedades que recebem crédito subsidiado concentra parte expressiva do desmatamento identificado.

Lazaretti e Sambuichi (2025), com base no Monitor do Crédito Rural do MapBiomias, examinam operações entre 2019 e 2024 e indicam que, embora o volume total de crédito rural tenha crescido, a participação de financiamentos em áreas com alertas de desmatamento apresentou tendência de redução, com quedas mais expressivas a partir de 2021, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste. Os autores interpretam esse movimento como sinal de que ações para desvincular crédito e desmatamento começam a produzir resultados, ainda que recomendem sua expansão e aperfeiçoamento.

A literatura também mostra que os efeitos do crédito sobre desmatamento variam conforme finalidade, fonte e bioma. Faria et al. (2025) indicam que o crédito destinado a investimento aparece negativamente correlacionado ao desmatamento no agregado nacional, enquanto crédito subsidiado e crédito não controlado tendem a afetar positivamente o desmatamento em alguns recortes, com destaque para Cerrado e Pantanal. Essa diferenciação impede tratar crédito rural como bloco homogêneo. O efeito ambiental depende da finalidade, da fonte de recursos, do grau de controle e do território financiado.

O monitoramento também enfrenta o problema da unidade de análise. A gleba financiada pode não refletir todo o risco existente no imóvel rural. O CAR cobre a totalidade da propriedade cadastrada, enquanto o projeto financiado pode se limitar a uma parte da área. Se o controle se restringir ao polígono declarado para o empreendimento, passivos ou alertas em outras áreas do imóvel podem ficar fora da avaliação direta. Esse ponto aparece nos estudos CAR a CAR e reforça a necessidade de calibrar o controle conforme imóvel, empreendimento, fonte de recurso e materialidade do risco (Mourão; Stussi; Souza, 2024).

Há ainda uma limitação ligada à cobertura dos fluxos financeiros, dado que, o crédito oficial é mais visível, mais regulado e mais sujeito à integração com bases administrativas. Já os instrumentos privados, de cadeia ou de mercado podem financiar a atividade agropecuária com menor grau de transparência pública. Esse deslocamento não elimina o risco ambiental; pode apenas transferi-lo para canais menos acompanhados. Por isso, a gestão do risco socioambiental no financiamento agropecuário precisa ser pensada como problema de sistema, e não apenas como cumprimento formal de exigências no crédito rural oficial (Faria et al., 2025; Leite;

Castro; Tateishi, 2023; Mourão; Stussi; Souza, 2024).

O caso brasileiro mostra que a sustentabilidade foi incorporada a um sistema já orientado por objetivos produtivos, por forte presença de subsídios e por padrões concentrados de alocação. A dúvida, portanto, é se essas normas aproximam o sistema brasileiro de uma lógica financeira capaz de classificar riscos, divulgar exposições, monitorar resultados e reorientar capital para atividades compatíveis com conservação e transição climática.

2.2 Diretrizes Internacionais e o Papel do Setor Financeiro na Sustentabilidade

A discussão internacional sobre finanças sustentáveis parte do reconhecimento de que riscos ambientais, sociais e climáticos podem afetar ativos, carteiras, reputação e capacidade de pagamento. Esse debate ganhou força com a agenda climática global, com a expansão de políticas de transparência e com a tentativa de criar critérios comuns para identificar atividades compatíveis com objetivos ambientais. Para este estudo, essas diretrizes são relevantes como parâmetros de comparação. Elas ajudam a avaliar se o crédito rural brasileiro incorporou sustentabilidade apenas como exigência de conformidade ou se passou a alterar a forma como recursos são classificados, monitorados e direcionados.

A literatura sobre *green finance* associa esse movimento à necessidade de aumentar fluxos públicos e privados para atividades compatíveis com objetivos ambientais e sociais. Lee (2020) observa que as finanças verdes procuram elevar o volume de recursos destinados a prioridades de desenvolvimento sustentável e que taxonomias podem reduzir a distância entre práticas de mercado e reorientação de capital. Anas et al. (2023) tratam as finanças verdes como parte do movimento de economias emergentes em direção a padrões de desenvolvimento ambientalmente menos danosos. Esse ponto é útil para a dissertação porque desloca a análise do discurso institucional para a decisão financeira.

No crédito rural brasileiro, a sustentabilidade foi incorporada a um sistema criado para financiar produção, custeio, investimento e comercialização. No debate internacional, a agenda financeira sustentável se organiza por outra via: risco, transparência, classificação, mensuração e reorientação de capital.

2.2.1 Da responsabilidade voluntária à gestão financeira do risco ambiental

A incorporação da sustentabilidade pelo setor financeiro começou, em grande medida, por compromissos voluntários, códigos de conduta e iniciativas de mercado. Essa fase foi importante para colocar a variável ambiental na linguagem das instituições financeiras. Seu limite estava na baixa comparabilidade entre compromissos, na ausência de critérios comuns e na dificuldade de transformar princípios gerais em decisões verificáveis de crédito e investimento. Aos poucos, a agenda passou a incluir disclosure, taxonomias, métricas de carteira e análise de risco ambiental.

Steuer e Tröger (2022) ajudam a compreender essa passagem quando os autores propõem diferenciar as medidas de transparência conforme o tipo de informação divulgada, como dado bruto ou rótulo, e o nível da cadeia de investimento ao qual a informação se refere, como atividade, emissor ou portfólio. Essa distinção é relevante porque não existe uma noção única de informação verde, pois, um dado sobre emissões, uma classificação taxonômica, um selo de produto financeiro e uma métrica de carteira cumprem funções diferentes. A eficácia da transparência depende de saber o que está sendo divulgado e em qual nível da decisão financeira essa informação será usada.

A mesma literatura questiona em quais condições a transparência pode deslocar capital de atividades intensivas em carbono para atividades consideradas verdes. Steuer e Tröger (2022) reconhecem que preferências financeiras e não financeiras podem aumentar a demanda por ativos verdes, mas também identificam dificuldades para que esse movimento produza uma transição compatível com emissões líquidas zero. O argumento é importante porque impede tratar disclosure como solução suficiente. A informação melhora a visibilidade do risco, mas sua efetividade depende da reação de investidores, bancos, reguladores e emissores.

Lee (2020), ao discutir o caso chinês, reforça que finanças verdes dependem de sinalização política, prazos de financiamento compatíveis com projetos de longo prazo, capacitação institucional e definição comum de ativos verdes. Esses quatro pontos ajudam a interpretar o caso brasileiro. No crédito rural, a dificuldade não está apenas em ter uma norma ambiental, mas em alinhar prazo, critérios, capacidade

técnica, dados territoriais e incentivos financeiros. Sem essa combinação, a sustentabilidade tende a funcionar como controle de entrada, e não como orientação da carteira.

A passagem da responsabilidade voluntária à gestão financeira do risco ambiental, portanto, não elimina o papel da política pública. Ao contrário, mostra que mercados precisam de critérios, dados e incentivos para reconhecer riscos ambientais e precificá-los. Essa leitura será usada na comparação com o crédito rural brasileiro: a pergunta não é se existem compromissos socioambientais, mas se eles afetam concessão, preço, prazo, garantias, transparência e acompanhamento das operações.

2.2.2 Princípios do Equador e Protocolo Verde

Os Princípios do Equador e o Protocolo Verde representam uma etapa anterior às taxonomias e às métricas de portfólio. Ambos se concentram na incorporação da variável socioambiental à análise de financiamento. Nogueira e Nogueira Jr. (2014) descrevem os Princípios do Equador como guia comum para padronizar procedimentos socioambientais na concessão de crédito, especialmente em grandes projetos. O mecanismo exige estudos de impacto e outras análises conforme a categoria do projeto, o que ampliou a capacidade dos bancos de gerenciar riscos socioambientais em operações com potencial de degradação.

O escopo dos Princípios do Equador também se ampliou ao longo do tempo. Nogueira e Nogueira Jr. (2014) registram que sua aplicação, originalmente voltada a projetos de custo igual ou superior a US\$ 50 milhões, passou a alcançar projetos acima de US\$ 10 milhões e também modalidades como consultoria financeira relacionada a projetos. Esse movimento mostra uma mudança de escala: a análise socioambiental deixa de ser exceção ligada a grandes obras e passa a compor práticas mais frequentes de gestão de risco em instituições financeiras.

No Brasil, o Protocolo Verde foi um marco relevante de incorporação da variável ambiental por bancos públicos. Nogueira e Nogueira Jr. (2014) apontam que o acordo envolveu instituições como BNDES, Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Banco da Amazônia e Banco do Nordeste, além de órgãos públicos ligados a meio ambiente, fazenda, agricultura, ciência e tecnologia. Seu objetivo era incentivar a

consideração da variável ambiental na concessão de financiamento público. Esse ponto conecta a experiência brasileira ao debate internacional, pois mostra que a preocupação ambiental entrou no setor financeiro inicialmente por compromisso institucional e por gestão de risco.

Esses instrumentos ajudaram a transformar riscos socioambientais em objeto de análise bancária. A instituição passa a avaliar se o projeto tem impacto ambiental, se há documentos suficientes, se existem condicionantes e se a operação expõe o financiador a risco legal ou reputacional – o chamado Due Diligence. Nogueira e Nogueira Jr. (2014), argumentam sobre o processo ao tratar os Princípios do Equador e o Protocolo Verde como iniciativas voltadas à padronização de procedimentos socioambientais e ao gerenciamento de riscos em financiamentos. A limitação também é clara. Due diligence tende a operar sobre projetos e operações específicas. Ela melhora a qualidade da decisão, mas não garante, sozinha, que a carteira seja reorganizada em favor de atividades de menor impacto (Nogueira; Nogueira Jr., 2014; Steuer; Tröger, 2022).

No crédito rural brasileiro, parte da agenda socioambiental também avançou pela lógica de exigência documental, impedimento e verificação, em linha com a trajetória descrita por Nogueira e Nogueira Jr. (2014) para o setor financeiro brasileiro. Esse avanço é relevante mas não equivale a orientar positivamente o capital para recuperação de áreas degradadas, intensificação poupadora de terra, adaptação climática ou redução de emissões. Princípios e protocolos reduzem exposição ao risco; a transição exige que a informação ambiental influencie a direção dos recursos, seja incorporada aos processos internos de decisão de crédito e se converta em critérios de acompanhamento da carteira (Steuer; Tröger, 2022; Saviano et al., 2024).

2.2.3 Finanças verdes e títulos sustentáveis: potencial e limites

As finanças verdes ampliaram os instrumentos disponíveis para financiar projetos ambientais. Títulos verdes, títulos temáticos, linhas sustentáveis e produtos financeiros vinculados a indicadores de desempenho passaram a ser usados por governos, empresas e instituições financeiras. Lee (2020) associa essa agenda ao aumento de fluxos financeiros para prioridades de desenvolvimento sustentável. Anas et al. (2023) tratam as finanças verdes como um canal pelo qual globalização

financeira e políticas ambientais podem se aproximar em economias emergentes.

Batrancea et al. (2020), ao analisarem o esverdeamento do sistema financeiro nos Estados Unidos, Canadá e Brasil, mostram que a incorporação de instrumentos verdes passou a fazer parte das estratégias financeiras em diferentes países. A contribuição desses instrumentos está em ampliar a base de recursos e criar produtos reconhecíveis pelo mercado. Para emissores, títulos verdes podem sinalizar compromisso ambiental e atrair investidores. Para investidores, podem oferecer ativos vinculados a objetivos ambientais. Para reguladores, podem ampliar a visibilidade sobre recursos destinados a projetos declarados como sustentáveis.

O potencial desses instrumentos, entretanto, depende da qualidade dos critérios. A ampliação dos fluxos financeiros para projetos sustentáveis exige definição comum de ativos verdes, informações comparáveis e capacidade institucional para avaliar riscos ambientais (Lee, 2020). No caso dos títulos verdes, a contribuição financeira depende de regras claras sobre uso dos recursos, elegibilidade dos projetos, processo de avaliação, gestão dos valores captados e reporte periódico. Quando esses elementos são frágeis, o instrumento pode ampliar liquidez e reputação sem produzir resultado ambiental proporcional. Para o setor agropecuário essa cautela é necessária porque a sustentabilidade de uma operação depende de território, cadeia produtiva, uso da terra, monitoramento e capacidade de verificação (Batrancea et al., 2020; Lee, 2020).

Parreira e Perin (2025) oferecem um contraponto importante ao analisar os títulos verdes no mercado brasileiro. As autoras situam esses instrumentos em um processo mais amplo de assetização, no qual a sustentabilidade também passa a funcionar como fronteira de investimento. Nessa leitura, a agenda verde pode atrair fundos e reorganizar ativos, mas não necessariamente modificar a base ecológica da produção. O título pode carregar linguagem sustentável e permanecer ligado a cadeias, estruturas de recebíveis e estratégias financeiras que não alteram, de forma suficiente, práticas produtivas ou padrões territoriais.

Essa crítica indica que sua contribuição depende da ligação entre instrumento financeiro e resultado ambiental. Anas et al. (2023) associam as finanças verdes à possibilidade de orientar recursos para padrões de desenvolvimento menos intensivos

em degradação ambiental, enquanto Parreira e Perin (2025) mostram que, na agropecuária brasileira, os títulos verdes também podem se inserir em processos de assetização e reorganização financeira. Para o crédito rural brasileiro, criar linha verde ou título sustentável é insuficiente se os recursos não forem vinculados a critérios verificáveis, se a unidade territorial não for bem definida e se o monitoramento não acompanhar a vigência da operação. O valor das finanças verdes está menos no rótulo e mais na capacidade de associar funding, elegibilidade, acompanhamento e consequência econômica (Anas et al., 2023; Parreira; Perin, 2025).

2.2.4 Taxonomias, disclosure e mensuração do alinhamento ambiental

Taxonomias e regimes de disclosure procuram resolver um problema recorrente das finanças sustentáveis: a indefinição sobre o que pode ser considerado verde ou sustentável. Sem critérios comuns, produtos financeiros podem ser comparados de forma precária, emissores podem usar rótulos pouco verificáveis e investidores podem ter dificuldade para distinguir compromisso ambiental de greenwashing. Steuer e Tröger (2022) mostram que a transparência verde envolve diferentes tipos de informação e diferentes níveis da cadeia financeira.

Neste trabalho, o termo disclosure é usado no sentido de divulgação formal de informações relevantes ao mercado, aos reguladores e aos demais usuários da informação financeira. No campo das finanças sustentáveis, essa divulgação envolve dados, métricas, classificações ou relatórios sobre riscos ambientais, exposição climática, alinhamento de atividades econômicas a critérios de sustentabilidade e impactos potenciais das operações financiadas. Steuer e Tröger (2022) destacam que a informação verde pode aparecer em diferentes níveis da cadeia financeira, como atividade, emissor ou portfólio, e também em formatos distintos, como dados brutos ou rótulos de classificação. Por isso, o disclosure não deve ser entendido apenas como publicação de relatórios, mas como mecanismo de redução de assimetria informacional e de apoio à decisão financeira (Steuer; Tröger, 2022).

A Taxonomia da União Europeia tornou-se referência porque procura estabelecer critérios técnicos para classificar atividades econômicas ambientalmente sustentáveis. Lee (2020) observa que a taxonomia europeia buscou criar uma lista harmonizada de atividades verdes e aproximar a prática de mercado da reorientação

de fluxos de capital. A lógica é criar uma linguagem comum entre empresas, instituições financeiras, investidores e reguladores. Com isso, a sustentabilidade passa a depender menos de autodeclaração e mais de critérios comparáveis.

A classificação taxonômica envolve três elementos que interessam à análise do crédito rural. Primeiro, a atividade precisa contribuir para um objetivo ambiental. Segundo, não deve prejudicar de forma relevante outros objetivos ambientais. Terceiro, deve respeitar salvaguardas mínimas. Essa lógica é útil para pensar o financiamento agropecuário porque impede que uma prática seja considerada sustentável apenas por apresentar um benefício isolado. Uma operação de crédito voltada à produtividade, por exemplo, pode ser ambientalmente desejável se reduzir pressão por novas áreas, mas pode ser problemática se estiver associada a conversão de vegetação nativa ou a riscos territoriais não monitorados.

Fuest e Meier (2022) apresentam uma crítica necessária. Os autores argumentam que a taxonomia da União Europeia busca direcionar capital para atividades sustentáveis, mas pode gerar efeitos econômicos problemáticos, como perdas de eficiência e deslocamento de produção intensiva em carbono para outras jurisdições. Também sustentam que instrumentos ambientais mais diretos podem ser preferíveis, especialmente quando há metas climáticas que poderiam ser perseguidas por regulação, tributação ou mercados de emissões. A crítica mostra que taxonomias são úteis para classificação e transparência, mas não substituem política ambiental.

Brühl (2023) aprofunda essa discussão ao tratar do Green Asset Ratio. O indicador mede a proporção das exposições bancárias alinhadas à taxonomia em relação ao total de ativos considerados. A importância do GAR está em deslocar a análise para a carteira da instituição financeira, permitindo observar o perfil de sustentabilidade por tipo de contraparte, objetivo ambiental e tipo de ativo. Para a dissertação, esse ponto é relevante porque o crédito rural brasileiro também precisa ser avaliado no nível do portfólio, e não apenas por casos isolados de conformidade.

O próprio GAR mostra os limites da mensuração. Brühl (2023) registra que sua capacidade informacional depende das regras de cálculo, do escopo dos ativos incluídos e da disponibilidade de informações geradas por empresas financeiras e não financeiras. Isso significa que métricas de alinhamento ambiental não são neutras.

Elas dependem de dados, critérios e cobertura. No financiamento agropecuário, o mesmo desafio aparece na relação entre CAR, glebas financiadas, imóveis rurais, alertas de desmatamento, embargos e fontes privadas de *funding*.

O disclosure, por sua vez, só produz efeito quando a informação divulgada é utilizável. Steuer e Tröger (2022) mostram que a transparência pode ajudar a realocar capital, mas também apontam desafios que limitam sua capacidade de conduzir a economia a emissões líquidas zero. Para o crédito rural publicar relatórios ou consultar bases não basta, pois a informação precisa influenciar decisão, monitoramento, preço, prazo, garantia e continuidade da operação e, sem essa passagem, a transparência fica separada da alocação.

2.2.5 Bancos, risco ESG e decisão de crédito

No setor bancário, a sustentabilidade ganha efeito quando entra no processo de crédito. Isso ocorre quando risco ambiental, exposição climática, qualidade da informação e desempenho ESG influenciam concessão, preço, prazo, garantias, limites e acompanhamento. Nesse estudo, ESG corresponde ao conjunto de fatores ambientais, sociais e de governança considerados na análise de riscos e oportunidades das instituições financeira. No setor bancário, esses fatores passam a ter relevância quando deixam de ser apenas compromissos institucionais e entram na avaliação de crédito, no monitoramento da carteira e na definição de limites, garantias e condições financeiras (Saviano et al., 2024).

Saviano et al. (2024) mostram que a integração de fatores ESG aos departamentos de crédito depende de dados, competências e fluxos de trabalho. A justificativa para isso é que a sustentabilidade precisa ser incorporada à rotina da análise financeira. Se permanecer apenas em relatório institucional ou política declaratória, seu efeito sobre a carteira tende a ser limitado.

A abordagem de Saviano et al. (2024) é útil porque desloca a atenção para a capacidade interna dos bancos. A instituição precisa coletar dados, transformá-los em conhecimento, distribuir esse conhecimento entre áreas de negócio e risco e incorporá-lo aos processos decisórios. Essa leitura ajuda a entender por que a agenda ESG pode avançar formalmente e, ainda assim, encontrar dificuldades operacionais. O problema não está apenas na existência de diretrizes, mas na forma como analistas,

sistemas, políticas internas e áreas comerciais usam essas diretrizes em operações concretas.

A literatura recente sobre riscos ESG no crédito bancário também aponta que dados confiáveis e regras claras são necessários para equilibrar sustentabilidade e resiliência financeira. Poreta et al. (2025) indicam que frameworks ESG, regulação e informações confiáveis são relevantes para a relação entre risco bancário e sustentabilidade. Para a dissertação, esse ponto dialoga com o crédito rural: alertas ambientais, cadastros rurais, embargos, bases georreferenciadas e indicadores produtivos precisam ser convertidos em critérios de decisão. Se o dado ambiental não altera a análise de risco, sua utilidade prática fica reduzida.

A decisão bancária também envolve conflitos. Critérios ESG podem reduzir risco reputacional, risco legal e risco de crédito em determinadas operações. Ao mesmo tempo, podem elevar custos de conformidade, exigir dados que nem todos os tomadores conseguem produzir e reforçar seletividade se não houver assistência técnica e padronização. Dessa forma, pequenos e médios produtores podem ter menor capacidade de atender exigências documentais e ambientais, mesmo quando poderiam participar de trajetórias produtivas mais sustentáveis.

A experiência internacional sugere que a gestão ESG precisa sair da lógica de exclusão simples. Bloquear operações irregulares não é suficiente. Bancos precisam diferenciar positivamente operações com menor risco ambiental e maior contribuição para transição, traduzindo essa diferença em condições financeiras.

A trajetória das diretrizes de sustentabilidade aplicáveis ao crédito mostra que a incorporação da dimensão socioambiental e climática ao sistema financeiro ocorreu por camadas. A agenda foi estruturada por compromissos voluntários, princípios de mercado e referências de conduta. Em seguida, ganhou forma por meio de padrões de divulgação, taxonomias e métricas de risco. Mais recentemente, passou a integrar normas prudenciais, políticas institucionais e regras operacionais de concessão de crédito. Essa evolução deslocou a sustentabilidade do campo declaratório para o campo da decisão financeira, da governança de riscos e do monitoramento das operações.

No plano internacional, esse movimento pode ser observado em iniciativas

como os Princípios para o Investimento Responsável, os Green Bond Principles, as recomendações da TCFD, o NGFS, os Principles for Responsible Banking, a Taxonomia da União Europeia, os princípios do Comitê de Basileia para riscos financeiros relacionados ao clima e as normas IFRS S1 e IFRS S2. Esses marcos influenciam o ambiente financeiro ao estabelecer expectativas sobre governança, transparência, classificação de atividades, gestão de riscos e divulgação de informações úteis a investidores e credores.

No Brasil, a incorporação dessa agenda seguiu dois caminhos. O primeiro institucional e prudencial, com a criação de normas voltadas à política socioambiental das instituições financeiras, à Política de Responsabilidade Social, Ambiental e Climática, ao gerenciamento do risco social, ambiental e climático e à divulgação do Relatório GRSAC. O segundo caminho foi operacional, e se deu com a introdução de condicionantes e impedimentos no Manual de Crédito Rural.

A Resolução CMN nº 3.545/2008 aproximou o crédito rural da política de contenção do desmatamento ao transformar elementos de regularidade ambiental em condição de acesso ao financiamento. Posteriormente, a Resolução BCB nº 140/2021 criou a Seção 9 do Manual de Crédito Rural, onde temas associados à sustentabilidade passaram a integrar as condições básicas de concessão do crédito rural.

As atualizações posteriores da Seção 9 reforçaram a passagem da diretriz geral para a regra operacional. A Resolução CMN nº 5.193/2024 alterou normas da Seção 9 do MCR, revogou a Resolução CMN nº 5.081/2023 e definiu que a identificação do imóvel rural, para fins da Seção 9, seria realizada com base nas informações do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. Em 2025, a Resolução CMN nº 5.268 alterou novamente a Seção 9 e explicitou a verificação de supressão de vegetação nativa após 31 de julho de 2019 por meio de informações disponibilizadas a partir da base PRODES/INPE, com início em 1º de abril de 2026 para imóveis com área superior a quatro módulos fiscais e em 4 de janeiro de 2027 para imóveis com área de até quatro módulos fiscais. A mesma norma também previu tratamento contratual para a possibilidade de desclassificação da operação em caso de descumprimento das obrigações durante a vigência do financiamento.

Com a evolução, o crédito rural passou a ser atingido por normas e diretrizes de naturezas distintas. Algumas delas atuam sobre a forma como as instituições financeiras estruturam políticas, controles e relatórios. Outras incidem sobre a concessão do crédito rural, por meio de exigências, impedimentos e condicionantes. Essa diferença orienta a análise desenvolvida na próxima seção. A compatibilidade entre o financiamento agropecuário brasileiro e as diretrizes internacionais de sustentabilidade deve ser examinada não apenas pela presença de normas, mas pela capacidade dessas normas de influenciar a diligência, a transparência, a rastreabilidade, a gestão de riscos e a distribuição efetiva dos recursos financeiros.

2.3 Financiamento no Brasil e Diretrizes Internacionais: Compatíveis ou Incompatíveis?

A partir dessa distinção, a comparação entre o financiamento agropecuário brasileiro e as diretrizes internacionais de sustentabilidade pode ser organizada em: a lógica predominante de alocação do capital; o modo como o risco socioambiental é incorporado à decisão financeira; a infraestrutura informacional que sustenta classificação, monitoramento e transparência e, por fim, a capacidade de transformar exigências normativas em consequências ao longo da vigência das operações. A análise é relevante porque enquanto o financiamento agropecuário brasileiro se consolidou como política agrícola e de fomento produtivo, o referencial internacional de finanças sustentáveis se estruturou em torno da gestão de risco, do disclosure, das taxonomias e da reorientação dos fluxos de capital. (Amaral; Bacha, 2025; Sousa et al., 2020; Lee, 2020; Steuer; Tröger, 2022).

No Brasil, o crédito rural foi concebido como instrumento de política pública destinado a garantir liquidez, investimento, comercialização e sustentação econômica da produção agropecuária, com forte presença estatal, equalização de taxas e direcionamento normativo por meio do Sistema Nacional de Crédito Rural. Estudos da trajetória do SNCR mostram que esse arranjo sempre esteve vinculado a escolhas de política agrícola, distribuição regional do crédito e resposta a restrições de caixa e risco da atividade rural (Brasil, 1965; Rocha; Ozaki, 2020; Sousa et al., 2020).

Já no plano internacional, os instrumentos e marcos mais recentes, como os Princípios do Equador, as taxonomias ambientais, as métricas de portfólio e as

obrigações de disclosure, ganham força em um contexto no qual o setor financeiro passa a reconhecer fatores ambientais, sociais e climáticos como riscos financeiros e reputacionais, além de elementos decisivos para o direcionamento de capital em uma economia de baixo carbono (Task Force on Climate-Related Financial Disclosures, 2017; The Equator Principles Association, 2020; Steuer; Tröger, 2022; Brühl, 2023).

Assim, a questão é saber em que medida o Brasil incorporou o conteúdo de sustentabilidade ao crédito e, ainda, se a incorporação aproxima o sistema brasileiro da racionalidade que organiza as diretrizes internacionais.

2.3.1 Práticas Brasileiras e Diretrizes Internacionais: Uma Análise Comparativa

A transição para uma economia global sustentável depende fundamentalmente da reorientação dos fluxos de capital (Anas et al., 2023). Diretrizes internacionais, como os Princípios para o Investimento Responsável (PRI), os Princípios do Equador e os frameworks estabelecidos por iniciativas como a Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima (TCFD), criaram um arcabouço para que instituições financeiras integrem fatores ambientais, sociais e de governança (ESG) em suas análises de risco e decisões de investimento.

Riscos ambientais como a degradação de ecossistemas e os impactos das mudanças climáticas, representam riscos financeiros sistêmicos que não podem ser ignorados (Anas et al., 2023; Barker; Pisac, 2021). Essas diretrizes incentivam a transparência, a gestão de risco socioambiental e o direcionamento de capital para projetos que gerem cobenefícios ambientais e sociais, conhecidos como "finanças verdes" (Batrancea et al., 2020).

A emissão de títulos de dívida específicos, como os títulos verdes, surge como um instrumento de mercado crucial para canalizar recursos para atividades como energias renováveis, eficiência energética e agricultura sustentável (Parreira; Perin, 2025). O Brasil posiciona-se como o maior mercado de títulos verdes da América Latina, com emissões que, em 2019, alcançaram US\$ 5,13 bilhões, sendo uma parte destinada a projetos de agricultura e florestas (Batrancea et al., 2020). Em contraste com essa abordagem internacional, amplamente voluntária e baseada em risco, o sistema de financiamento agropecuário brasileiro é historicamente estruturado para prover recursos com taxas de juros subsidiadas para custeio, investimento e

comercialização da produção, visando fortalecer o setor e os produtores rurais (Amaral; Bacha, 2025; Borges; Parré, 2022).

O Tesouro Nacional arca com a equalização entre as taxas de juros fixadas pelo governo e as taxas de mercado desejadas pelas instituições financeiras, denotando a dependência de subsídios governamentais para o setor (Paula; Oreiro; Basilio, 2013; Faria et al., 2024). Essa estrutura confere um papel central aos bancos públicos federais, como o Banco do Brasil, a Caixa Econômica Federal (CEF) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que funcionam como os principais operadores dessas políticas (Paula; Oreiro; Basilio, 2013; Parreira; Perin, 2025). O Banco do Brasil, em particular, detém uma participação histórica superior a 50% na concessão de crédito rural no país (Paula; Oreiro; Basilio, 2013).

A comparação entre os dois modelos revela uma distinção fundamental em seus propósitos centrais. Enquanto as diretrizes internacionais focam na precificação do risco ESG e no alinhamento do capital com metas de sustentabilidade, o SNCR brasileiro tem como objetivo primário o fomento da produção agropecuária através de subsídios, com a sustentabilidade sendo uma preocupação secundária e mais recente. Essa diferença de prioridades manifesta-se na alocação de recursos. O crédito rural no Brasil é historicamente concentrado, seletivo e desigualmente distribuído, favorecendo produtores maiores, culturas voltadas à exportação como soja e milho, e a pecuária bovina, atividades frequentemente associadas a um maior impacto ambiental (Amaral; Bacha, 2025; Gianetti; Ferreira Filho, 2021).

A maior parte dos recursos destina-se ao custeio da produção (capital de giro), em detrimento do investimento em tecnologias e práticas mais sustentáveis (Borges; Parré, 2022). Embora existam programas específicos como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), sua participação no volume total de crédito é limitada, e mesmo esses programas enfrentam desafios de concentração de recursos (Gianetti; Ferreira Filho, 2021; Neves et al., 2020). Como exemplo, o Pronaf alocou apenas 13,9% do total de crédito rural em 2017, apesar sua importância para a agricultura familiar (Amaral; Bacha, 2025).

Nogueira e Nogueira Jr. (2014) argumentam que essa estrutura reflete uma

visão de desenvolvimento que historicamente tratou o capital natural como um recurso a ser explorado para maximizar a produção, em vez de um ativo a ser conservado e gerenciado de forma sustentável. A política de crédito rural funcionou como uma ferramenta para baratear o custo do capital e dos insumos, incentivando a expansão da fronteira agrícola e a intensificação do uso de recursos sem uma devida contrapartida de conservação ambiental. Portanto, a estrutura brasileira, fortemente intervencionista e subsidiada, destoa da lógica internacional baseada em mercado e gestão de risco.

Enquanto o mundo financeiro avança para incorporar a sustentabilidade como um base da alocação de capital, o modelo brasileiro preserva uma lógica de fomento produtivo, embora tenha incorporado condicionantes socioambientais e instrumentos voltados à sustentabilidade.

2.3.2 Pontos de Convergência: Sinais de Alinhamento

Apesar de diferenças estruturais, não se pode afirmar que o financiamento agropecuário brasileiro esteja isolado das tendências internacionais de sustentabilidade. Existem pontos de convergência notáveis, que sinalizam um movimento em direção a um maior alinhamento com as diretrizes globais.

O principal ponto de convergência é a crescente condicionalidade ambiental para o acesso ao crédito. A Resolução 3.545 do Banco Central do Brasil, de 2008, foi um marco regulatório ao condicionar a concessão de crédito rural na Amazônia à comprovação de regularidade ambiental e fundiária (Assunção et al., 2019). Essa medida, embora focada em um bioma específico, representou a primeira vez que uma política de crédito em larga escala no Brasil incorporou explicitamente critérios ambientais como pré-requisito, refletindo o princípio internacional de que o financiamento não deve viabilizar atividades ilegais ou ambientalmente danosas.

Estudos indicam que a política teve um impacto substancial na redução do desmatamento, principalmente em municípios com forte atividade pecuária, ao restringir o acesso ao crédito para produtores em situação irregular (Assunção et al., 2019). A exigência do Cadastro Ambiental Rural (CAR), um registro eletrônico obrigatório para todos os imóveis rurais, reforçou essa tendência, tornando-se um instrumento central para a verificação de conformidade ambiental por parte das

instituições financeiras (Souza et al., 2024). Essa vinculação entre crédito e conformidade legal, embora essencialmente focada em coibir a ilegalidade em vez de promover a sustentabilidade, representa convergência com as práticas de *due diligence* socioambiental preconizadas por diretrizes como os Princípios do Equador.

Outro ponto de alinhamento é a criação de linhas de financiamento especificamente desenhadas para promover práticas sustentáveis, refletindo o crescimento global do financiamento climático e do green finance (Batrancea et al., 2020). O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), lançado em 2010, é o exemplo mais proeminente (Gianetti; Ferreira Filho, 2021).

Por meio de seu braço financeiro Programa ABC, o Plano ABC oferece crédito com juros subsidiados para a adoção de tecnologias como a recuperação de pastagens degradadas (RPD), sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), sistema de plantio direto (SPD) e tratamento de dejetos animais (Gianetti; Ferreira Filho, 2021; Carauta et al., 2018). A existência de uma política pública de crédito climático para a agricultura é, em si, uma convergência significativa.

Simulações bioeconômicas sugerem que o Programa ABC tem o potencial de acelerar a adoção de sistemas de baixa emissão de carbono, como o iLPF, especialmente quando as condições de crédito são favoráveis para grandes produtores com liquidez limitada (Carauta et al., 2018). Nogueira e Nogueira Jr. (2014) veem o Plano ABC como um avanço importante, pois representa uma política que visa explicitamente remunerar serviços ecossistêmicos e internalizar os custos da degradação, ainda que sua implementação enfrente obstáculos. Esse esforço para direcionar recursos públicos a práticas de mitigação e adaptação climática está em sintonia com os objetivos de acordos internacionais, como o Acordo de Paris, que preveem o alinhamento dos fluxos financeiros com uma trajetória de desenvolvimento resiliente e de baixa emissão (Batrancea et al., 2020).

Além disso, o setor privado e os bancos públicos brasileiros têm participado ativamente do mercado de finanças verdes, notadamente através da emissão de títulos verdes (Batrancea et al., 2020). Instituições como o BNDES e o Banco do Brasil,

ao lado de empresas do agronegócio, têm utilizado esses instrumentos para captar recursos destinados a projetos com benefícios ambientais claros (Parreira; Perin, 2025). Essa movimentação indica que, para além do crédito rural regulado, o setor financeiro brasileiro está se conectando aos mercados de capitais globais que demandam ativos financeiros "verdes", demonstrando uma convergência impulsionada pelo próprio mercado.

Em suma, embora o sistema tradicional de crédito rural permaneça focado na produção, a emergência de condicionalidades ambientais, linhas de crédito climático como o Plano ABC e a participação no mercado de títulos verdes são evidências claras de uma convergência progressiva das práticas brasileiras com as diretrizes e instrumentos financeiros de sustentabilidade em ascensão no cenário internacional.

2.3.3 Divergências e Lacunas: Os Obstáculos à Sustentabilidade

Apesar dos sinais de alinhamento, persistem dissonâncias e lacunas entre o sistema de financiamento agropecuário brasileiro e as diretrizes internacionais de sustentabilidade. Essas incompatibilidades estão enraizadas na própria estrutura da política de crédito e nos vetores econômicos que moldam a expansão da agropecuária no país, representando obstáculos para uma transição sustentável.

A principal divergência está no efeito potencialmente perverso do crédito rural subsidiado e com baixo controle sobre o desmatamento. A literatura internacional sobre finanças sustentáveis parte do pressuposto de que o capital não deve financiar a degradação ambiental. Contudo, no Brasil, diversos estudos empíricos demonstram que o crédito rural pode estar positivamente correlacionado com o aumento do desmatamento, especialmente quando direcionado para a pecuária. (Assunção et al., 2019; Faria et al., 2024).

Assunção et al. (2019), levantam que o crédito funciona como um facilitador, aliviando as restrições de capital que os produtores enfrentam para expandir suas operações sobre áreas de vegetação nativa). A restrição ao crédito imposta pela Resolução 3.545 teve seu maior impacto na redução do desmatamento justamente nos municípios pecuaristas, evidenciando a forte ligação entre o acesso a recursos financeiros e a expansão da fronteira agrícola. Faria et al. (2024) complementam que o crédito com poucos critérios de supervisão e taxas de juros subsidiadas tende a

estar positivamente associado ao desmatamento, especialmente nos biomas Cerrado e Pantanal. Essa dinâmica representa uma incompatibilidade fundamental com os princípios de não causar dano (*do no harm*) que guiam as finanças sustentáveis.

Uma segunda lacuna é a concentração dos recursos em detrimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável e regionalmente equilibrado. Enquanto as diretrizes internacionais promovem a inclusão e o financiamento de atividades que geram benefícios sociais, o crédito rural no Brasil exibe uma elevada concentração geográfica e setorial (Borges et al., 2025; Amaral; Bacha, 2025). Gianetti e Ferreira Filho (2021) analisam que os recursos são majoritariamente direcionados para as regiões Centro-Oeste e Sudeste, áreas de agronegócio consolidado, e para as culturas de soja, milho e a pecuária bovina.

Municípios localizados na fronteira agrícola, que formam *clusters* de alta concentração de crédito, capturam a maior parte dos recursos, incluindo aqueles de fundos constitucionais como o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO), que, em tese, deveriam promover o desenvolvimento em áreas menos favorecidas (Borges et al., 2025). Em contrapartida, vastas áreas da Amazônia, recebem uma parcela ínfima dos recursos, perpetuando desigualdades e dificultando a transição para sistemas produtivos mais sustentáveis nessas localidades. Borges et al. (2025) afirmam que essa concentração agrava as disparidades regionais e financia a expansão de um modelo agrícola associado a altas emissões e pressão sobre os ecossistemas, em vez de promover a diversificação e a sustentabilidade.

A implementação dos próprios programas de crédito verde revela deficiências que os distanciam de seus objetivos. Gianetti; Ferreira Filho (2021) levantaram que cerca de 65% dos recursos do Plano ABC foram destinados às regiões Centro-Oeste e Sudeste, e a maior parte foi alocada em municípios com alta e média aptidão agrícola, em vez de priorizar áreas mais degradadas e com maior potencial de mitigação. A linha de Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) predomina, enquanto outras, como Tratamento de Dejetos Animais (TDA) e Adaptação às Mudanças Climáticas, possuem adesão ínfima.

Os autores encontraram correlação dos empréstimos do ABC mais forte com o tamanho do rebanho bovino e com o PIB municipal do que com a área de pastagens

degradadas, sugerindo que o programa está sendo mais utilizado em áreas onde a agropecuária já está consolidada, funcionando como uma linha de crédito rural tradicional, em vez de um instrumento transformador para áreas prioritárias (Gianetti; Ferreira Filho, 2021).

Percebe-se uma ausência de metas climáticas consistentes e baseadas na ciência para o setor bancário brasileiro como um todo. Diferentemente do que se observa na Europa e em movimentos voluntários de grandes bancos globais, no Brasil não há uma regulação sistêmica que exija que as instituições financeiras alinhem seus portfólios de crédito e investimento às metas do Acordo de Paris. Os normativos existentes, como a Resolução 3.545, focam na conformidade com a legislação ambiental vigente, mas não estabelece metas de descarbonização para as carteiras de crédito. Essa lacuna permite que o setor financeiro continue a financiar atividades intensivas em emissões sem uma estratégia clara de transição, uma divergência significativa em relação às melhores práticas internacionais que caminham para uma maior responsabilização do setor financeiro pela transição climática.

2.3.4 Desafios na Fiscalização e Monitoramento do Desempenho Ambiental

A efetividade de qualquer política de crédito que incorpore condicionalidades socioambientais depende de um sistema robusto de fiscalização e monitoramento. Nesse ponto, o Brasil enfrenta desafios que comprometem a capacidade de garantir que os recursos financeiros promovam a sustentabilidade e não agravem a degradação ambiental. A análise das dificuldades em monitorar o desempenho ambiental das propriedades rurais revela gargalos institucionais, tecnológicos e estruturais.

Um dos desafios mais importantes é a dificuldade de verificar o cumprimento das obrigações ambientais no campo. A implementação da Resolução 3.545 do Banco Central dependia da apresentação de documentos que atestassem a regularidade ambiental e fundiária do imóvel (Assunção et al., 2019). No entanto, a fiscalização em uma escala vasta como a do território brasileiro, especialmente na Amazônia, é uma tarefa complexa e dispendiosa.

Assunção et al. (2019) argumentam que o monitoramento por satélite, realizado por instituições como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), é uma

ferramenta poderosa para detectar o desmatamento em larga escala, mas a verificação em nível de propriedade individual e a fiscalização de campo para coibir infrações continuam sendo um desafio para os órgãos ambientais.

A possibilidade de o Estado aplicar sanções, como embargos a áreas desmatadas ilegalmente, é fator importante, mas a efetividade dessa fiscalização pode variar significativamente entre regiões (Assunção et al., 2019). Nogueira e Nogueira Jr. (2014) destacam que a baixa capacidade de fiscalização e a dificuldade de impor penalidades efetivas criam um ambiente de impunidade que enfraquece a credibilidade de qualquer política baseada em condicionalidades.

A estrutura do próprio sistema financeiro impõe barreiras ao monitoramento. Para os bancos, a verificação da conformidade ambiental muitas vezes se resume a uma análise documental, como a checagem do status do CAR (Souza et al., 2024). No entanto, Souza et al. (2024) destacam que o CAR é um instrumento autodeclaratório, e a validação das informações declaradas pelos proprietários é um processo lento e que ainda está longe de ser concluído em todo o país. A ausência de um sistema de validação ágil e integrado dificulta a identificação de fraudes ou inconsistências, permitindo que propriedades com passivos ambientais ou sobreposições com áreas protegidas continuem a ter acesso ao crédito.

Além disso, a capacidade técnica das agências bancárias para realizar uma análise de risco socioambiental aprofundada, especialmente em municípios remotos, é limitada. A falta de agências do Banco da Amazônia, principal operador do FNO, em grande parte dos municípios da região Norte é um exemplo de como a infraestrutura bancária deficitária pode comprometer a implementação e o monitoramento de políticas de crédito (Borges et al., 2025).

Outro desafio enfrentado é a fungibilidade dos recursos financeiros. É difícil para o banco monitorar se o recurso foi utilizado para o fim contratado. Uma vez na conta do produtor o dinheiro pode ser realocado para outras despesas, incluindo a expansão da atividade sobre novas áreas. Esse problema é particularmente grave no caso do crédito de custeio, que compõe a maior parte da carteira do SNCR e financia as despesas do ciclo produtivo, liberando o capital próprio do produtor para outros investimentos que podem não ser sustentáveis (Amaral; Bacha, 2025; Borges; Parré,

2022). A falta de mecanismos de rastreabilidade do uso dos recursos é uma lacuna que fragiliza a eficácia das condicionalidades ambientais.

Finalmente, a ausência de um sistema de monitoramento de resultados e impactos dos programas de crédito sustentável impede a avaliação de sua efetividade e a realização de ajustes. Conforme apontado por analistas do Plano ABC, não há uma publicação oficial de resultados que permita mensurar o progresso em relação às metas de mitigação de GEE ou de recuperação de áreas (Gianetti; Ferreira Filho, 2021). Sem indicadores claros e um sistema de monitoramento, reporte e verificação (MRV), a política opera com base em desembolsos financeiros, sem uma avaliação concreta de seu impacto ambiental.

Essa deficiência impede que se identifique se os subsídios estão sendo custo-efetivos e se os recursos estão sendo direcionados para as áreas e práticas com maior potencial de mitigação (Gianetti; Ferreira Filho, 2021). A falta de transparência e de dados sobre os resultados ambientais dos financiamentos é uma divergência considerável em relação às práticas internacionais, que cada vez mais caminham para a exigência de divulgação de métricas de impacto e alinhamento climático dos portfólios financeiros.

3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

A definição do desenho metodológico de uma pesquisa depende de seus respectivos meios e finalidades pretendidas (Hair Jr. et al., 2005), bem como da sua natureza e horizonte temporal. Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, com o objetivo de explicitar como foi construída a análise sobre a compatibilidade entre o financiamento bancário da agropecuária brasileira e as diretrizes de sustentabilidade. Considerando a natureza do problema investigado, o estudo foi estruturado a partir de uma abordagem que combina revisão bibliométrica, análise documental e análise empírica descritiva baseada em dados espaciais e administrativos. Essa combinação permitiu examinar o tema em três planos complementares: o plano conceitual, voltado à literatura acadêmica; o plano normativo e institucional, centrado em documentos, relatórios e regulações; e o plano empírico, direcionado à observação da exposição do crédito rural a áreas com alertas de desmatamento.

A análise bibliométrica foi utilizada para mapear o estado da arte e identificar os principais autores, temas e tendências do debate. A análise documental permitiu examinar normas, relatórios institucionais e referenciais para a governança do financiamento agropecuário e para o debate sobre finanças sustentáveis. Por fim, a etapa empírica buscou confrontar o desenho dos instrumentos de financiamento com evidências observáveis sobre sua materialização territorial, a partir do cruzamento entre operações de crédito rural e alertas geoespaciais de supressão de vegetação nativa.

3.1 Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica foi empregada para organizar e sistematizar a literatura acadêmica relacionada aos temas centrais da dissertação. Seu uso se justifica pela necessidade de identificar os trabalhos mais citados, os eixos interpretativos predominantes e os núcleos temáticos que estruturam a produção científica recente sobre os impactos ambientais da agropecuária, o financiamento rural no Brasil e as diretrizes internacionais de sustentabilidade no setor financeiro. No estudo, a bibliometria foi utilizada como etapa inicial de delimitação do campo, funcionando como base para a seleção dos referenciais mobilizados nos capítulos teóricos e na

análise documental.

A bibliometria seguiu o arcabouço do Teoria do Enfoque Meta-Analítico Consolidado (TEMAC), que organiza a revisão em: (1) preparação da pesquisa; (2) apresentação e inter-relação dos dados; e (3) detalhamento, modelo integrador e validação por evidências (Mariano; Rocha, 2017).

A base de dados utilizada foi a Web of Science (WoS), escolhida em razão de sua ampla cobertura, de sua relevância para a produção científica internacional e da possibilidade de extração e organização dos registros para análise bibliométrica. O recorte temporal adotado compreendeu o período de 2014 a 2025, de modo a captar a produção mais recente sobre os temas de interesse, sem desconsiderar a consolidação do debate na última década. A área de conhecimento priorizada foi a de Economia, com o objetivo de preservar a coerência analítica do estudo e evitar dispersão temática excessiva. Como limitação, essa opção pode sub-representar parte da produção em português e de circulação institucional, especialmente aquela voltada ao contexto normativo e aplicado brasileiro.

A estratégia de busca foi organizada em impactos ambientais da agropecuária, financiamento bancário da agropecuária brasileira e diretrizes internacionais e finanças sustentáveis. A definição dos descritores partiu de pesquisa preliminar e foi ajustada para ampliar a capacidade de captura de trabalhos pertinentes ao objeto do estudo. Como a produção internacional nem sempre utiliza os mesmos termos mobilizados no debate brasileiro, optou-se por combinações que preservassem o foco analítico sem restringir excessivamente os resultados. A organização dos descritores seguiu o descrito no quadro 1:

Quadro 1. Combinação dos termos de pesquisa utilizados na bibliometria

Assunto	Conector	Critério	Termo
Capítulo 1		Tópico	Environment*
Capítulo 1	and	Tópico	Agriculture or Agribusiness
Capítulo 1	and	Tópico	Global or Regional or Local
Capítulo 2.1			Rural or Agriculture or Agribusiness
Capítulo 2.1	and	Tópico	Credit
Capítulo 2.1	and	Tópico	Brazil

Capítulo 2.2		Tópico	Green finance or ESG Principles
Capítulo 2.2	or	Tópico	International Guidelines or Principles for Responsible Investment
Capítulo 2.2	or	Tópico	Green Taxonomy or EU Taxonomy for Sustainable

Fonte: Elaborado pela autora.

Foram consideradas publicações como artigos e revisões de literatura, empregando-se técnicas de cocitação e acoplamento bibliográfico, complementadas por análise de frequência de termos (nuvem de palavras), com o objetivo de apoiar a identificação de autores centrais, frentes de pesquisa e núcleos temáticos (Mariano; Rocha, 2017).

O acoplamento bibliográfico possibilitou observar as frentes mais recentes de investigação e a formação de agrupamentos temáticos. Já a análise da frequência de termos contribuiu para sintetizar os focos temáticos. Essas técnicas foram aplicadas aos três eixos temáticos do trabalho, gerando resultados específicos para os capítulos 1, 2.1 e 2.2. Os resultados da bibliometria foram utilizados como instrumento de apoio à construção teórica e à seleção de materiais para a etapa documental.

3.2 Análise documental

A análise documental constituiu a segunda frente metodológica e teve por objetivo examinar, de forma qualitativa e interpretativa, o conteúdo de normas, relatórios institucionais e documentos relevantes para a compreensão do financiamento agropecuário brasileiro e das diretrizes internacionais de sustentabilidade no setor financeiro. Enquanto a bibliometria organiza o campo acadêmico, a análise documental permite observar como esse debate se traduz em dispositivos normativos, instrumentos de governança e práticas institucionais declaradas.

O corpus documental incluiu, entre outros materiais: Manuais de Crédito Rural (MCR), relatórios do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), Planos Safra, relatórios de sustentabilidade e políticas de crédito de bancos públicos e privados; e, no plano internacional, documentos como Princípios do Equador, Protocolo Verde e referenciais relacionados a finanças verdes, taxonomias ambientais, disclosure e risco ESG.

A leitura documental foi guiada por critérios de elegibilidade e impedimentos; diligência e monitoramento (ex ante e durante a vigência); transparência e disclosure, e indução e incentivos (linhas, instrumentos e condicionalidades positivas). A validação interpretativa foi buscada por triangulação, contrastando a literatura acadêmica com documentos institucionais e normativos, de modo a reduzir o risco de leitura puramente declaratória.

3.3 Estratégia empírica de análise

A etapa empírica foi concebida para complementar a análise teórica e documental com evidências observáveis sobre a relação entre financiamento agropecuário e pressão ambiental. Em vez de buscar inferências causais, a estratégia tem caráter descritivo e analítico, voltado à identificação de padrões de exposição, concentração e heterogeneidade na associação entre crédito rural e alertas de desmatamento.

A base empírica foi construída a partir do cruzamento geoespacial entre informações do Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor) e alertas de desmatamento validados pelo MapBiomas², permitindo identificar operações de crédito rural com sobreposição a áreas com registro de supressão de vegetação nativa. Para contextualização territorial complementar, foram considerados dados do PRODES/INPE na leitura de biomas (Amazônia, Cerrado e Pantanal), sem substituição do núcleo principal de mensuração Sicor–MapBiomas.

O Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor) é uma base de dados do Banco Central do Brasil que reúne informações sobre todas as operações de crédito rural concedidas por instituições financeiras no Brasil, conforme regulamentação consolidada no Manual de Crédito Rural (MCR). As operações contidas na base correspondem àquelas seguradas por Proagro ou cujas fontes de recursos são públicas, equivalente a 30% do total de operações de crédito rural. Para a análise empírica esse será considerado o universo de crédito rural.

O recorte temporal principal compreendeu 2019 a 2025, observando-se que os

² Plataforma não governamental que consolida informações fornecidas pelos vários sistemas que monitoram o desmatamento no Brasil. Embora não sejam oficiais, os dados do MapBiomas são considerados de alta confiabilidade científica e são frequentemente utilizados por órgãos oficiais.

dados de 2025 são parciais (jan. a out.). Por isso, a interpretação prioriza proporções e padrões estruturais, evitando comparações diretas de valores absolutos entre 2025 e anos completos. A análise foi organizada nos níveis (i) agregado anual, para descrever magnitudes e proporções por ano; e (ii) nível de operação, para avaliar concentração e heterogeneidade.

O arquivo do MapBiomas foi tratado inicialmente na unidade de gleba (polígono), com geometria e atributos de operação, territorialidade, CAR e camadas de sobreposição. Para evitar dupla contagem decorrente de uma mesma operação associada a múltiplas glebas, as estatísticas monetárias e de incidência foram consolidadas em nível de operação por chave técnica (baseada em referência Bacen e atributos temporais), e os indicadores ambientais foram agregados por regra de ocorrência (ANY/MAX). As sínteses por UF foram produzidas a partir dessa camada consolidada, com ênfase em proporções e padrões estruturais, em consonância com a interpretação do alerta como proxy de exposição territorial.

3.3.1 Indicadores de exposição

Em nível de operação, cada unidade foi definida pela combinação entre REF_BACEN_EFETIVO e CD_CAR, consolidando múltiplas interseções/alertas associadas à mesma gleba financiada. Esse procedimento reduz duplicidades analíticas e permite observar a distribuição de materialidade (área exposta) entre operações. Para cada ano, os totais de operações, área financiada e volume financeiro, bem como os respectivos subconjuntos com sobreposição a alertas de desmatamento. Para sintetizar a exposição do crédito, foram utilizados três indicadores: p_{op} , $p_{área}$ e p_{vol}

Para um ano t , foi definido:

N_t = número total de operações no ano t ;

A_t = área total financiada no ano t (soma das áreas financiadas);

V_t = volume total financiado no ano t (soma dos valores financeiros).

E, no subconjunto com sobreposição:

N_tS = número de operações com sobreposição;

$A_t S$ = área financiada associada às operações com sobreposição;

$V_t S$ = volume financeiro associado às operações com sobreposição.

- a) p_{op} — proporção de operações expostas. Mede a fração do número total de operações que apresenta sobreposição com alertas.

$$\text{Cálculo: } p_{op_t} = \frac{N_t S}{N_t}$$

Expressa difusão do risco no universo de contratos; pode ser relativamente baixo mesmo quando a exposição territorial ou financeira é elevada, se o risco estiver concentrado em poucas operações de grande porte.

- b) p_{area} — proporção de área financiada exposta. Mede a participação da área financiada total associada a operações com sobreposição de alerta.

$$\text{Cálculo: } p_{area_t} = \frac{A_t S}{A_t}$$

Funciona como proxy de intensidade territorial do risco por capturar situações em que poucas operações representam grandes extensões e, portanto, elevada materialidade ambiental.

- c) p_{vol} — proporção do volume financeiro exposto. Mede a participação do volume financeiro total associada a operações com sobreposição de alerta.

$$\text{Cálculo: } p_{vol_t} = \frac{V_t S}{V_t}$$

expressa materialidade financeira do risco; pode permanecer elevada mesmo com p_{op} moderado quando a exposição se concentra em operações de maior valor.

Em conjunto, os indicadores distinguem frequência de exposição, intensidade territorial e materialidade financeira, possibilitando análises condizentes com a heterogeneidade estrutural do crédito rural e com a lógica de materialidade.

3.3.2 Medidas de concentração e desigualdade

Para a análise em nível operação, foi definida uma unidade operacional (op_id) como a combinação entre REF_BACEN_EFETIVO e CD_CAR, de modo a consolidar múltiplas interseções geoespaciais associadas à mesma operação/gleba financiada. A variável de materialidade territorial por operação foi definida como:

$$x_i = \text{área total de sobreposição (ha) associada à operação } i$$

onde x_i corresponde à soma das áreas de todas as interseções entre a gleba financiada e os alertas vinculados ao mesmo `op_id`, após agregação das múltiplas linhas geradas pelo cruzamento. Esse procedimento assegura que as métricas de distribuição e concentração sejam calculadas entre operações, e não entre registros de interseção (fragmentos geométricos).

Estatísticas de distribuição

Na etapa exploratória de descrição da base consolidada em nível de operação, a distribuição de x_i mostrou-se assimétrica (cauda longa). Diante desse comportamento, a interpretação passou a priorizar mediana e percentis em vez de depender da média, que é sensível a valores extremos. Essa escolha é coerente com a evidência descritiva apresentada no Apêndice (curvas/boxplots), que caracteriza a presença de cauda superior relevante.

Operacionalmente, para obter os percentis, os valores x_i foram ordenados e identificou-se o ponto de corte abaixo do qual se encontra uma fração predefinida da amostra. Para caracterizar a cauda superior e identificar casos de alta materialidade, foram utilizados percentis extremos (por exemplo, p99,5 e p99,9), compatíveis com a leitura de *outliers* em distribuições de cauda longa.

Decomposição de Pareto

Para caracterizar o grau de concentração da exposição territorial entre operações, foi aplicada uma decomposição de Pareto sobre x_i . A decomposição de Pareto é um procedimento descritivo que identifica quantas unidades (operações) explicam frações relevantes do total agregado da variável de interesse, a partir da ordenação decrescente dos valores e do cálculo do percentual acumulado.

O procedimento foi assim implementado:

1. Ordenação decrescente: as operações foram ordenadas do maior para o menor valor de x_i , isto é, $x_{(1)} \geq x_{(2)} \geq \dots \geq x_{(n)}$.
2. Total agregado: foi calculado o total T , definido como $T = \sum_{i=1}^n x_{(i)}$, representando a exposição total (em hectares) no conjunto de operações.

3. Participação acumulada: para cada posição k , foi calculada a participação acumulada S_k , definida por:

$$S_k = \frac{\sum_{i=1}^k x_{(i)}}{\sum_{i=1}^n x_{(i)}} = \frac{\sum_{i=1}^k x_{(i)}}{T}$$

Esse cálculo corresponde ao percentual acumulado após a ordenação das operações por magnitude.

4. Cortes de concentração: foram identificados os menores valores de k necessários para que S_k atingisse patamares predefinidos (por exemplo, 0,50; 0,80; 0,90; 0,95), permitindo reportar quantas operações explicam 50%, 80%, 90% e 95% da exposição total.
5. Interpretação (materialidade): quanto menor o k necessário para atingir uma fração elevada do total (por exemplo, 80%), maior a concentração da exposição em poucas operações.

Índice de Gini

Para sintetizar o grau de desigualdade na distribuição de x_i entre operações, foi calculado o índice de Gini, medida de dispersão que assume valores entre 0 (distribuição perfeitamente igualitária) e 1 (máxima desigualdade), sendo apropriada para resumir distribuições assimétricas e de cauda longa.

O cálculo foi realizado a partir de uma forma discreta eficiente para dados ordenados. Seja y_i a variável de interesse ordenada em ordem crescente ($y_1 \leq \dots \leq y_n$), com n observações e soma $S = \sum_{i=1}^n y_i$. O coeficiente de Gini foi computado por:

$$G = \frac{2 \sum_{i=1}^n i y_i}{n \sum_{i=1}^n y_i} - \frac{n+1}{n}$$

No contexto desta pesquisa, y_i corresponde a x_i (área total de sobreposição por operação), após a agregação por op_id.

Concentração espacial (HHI por UF)

Para qualificar a concentração espacial da exposição, foi calculado o índice Herfindahl–Hirschman (HHI) a partir da distribuição da exposição agregada por

Unidade da Federação (UF). O HHI é calculado pelo somatório dos quadrados das participações de cada unidade no total agregado

Operacionalmente, para cada UF j , calculou-se $X_j = \sum x_i$ (soma de x_i das operações associadas à UF j), e a participação $s_j = X_j / \sum_j X_j$. O índice foi então calculado por:

$$HHI = \sum_j s_j^2$$

Essa medida complementa Pareto e Gini ao deslocar a leitura de concentração “entre operações” para a concentração “entre territórios”.

Além das medidas sintéticas, a análise em nível de operação foi desagregada por recortes que qualificam a heterogeneidade da exposição: bioma, fonte principal de detecção e produtos/atividades financiadas.

Para comparar distribuições de x_i entre grupos (por exemplo, biomas ou fontes), foram utilizados testes não paramétricos apropriados a distribuições assimétricas, como o teste de Kruskal–Wallis (ANOVA por postos), adequado para três ou mais grupos independentes e que dispensa normalidade. O teste converte os dados em ranks e avalia se os postos médios diferem entre grupos; sendo significativo, indica que pelo menos uma categoria apresenta distribuição distinta, podendo ser seguido por comparações pós-hoc para identificar quais pares diferem.

Aqui cabe ressaltar que a interpretação do Kruskal–Wallis como diferença de medianas é mais direta quando os grupos possuem formatos distributivos semelhantes; caso contrário, o teste deve ser entendido como evidência de diferença distributiva mais geral (posição e/ou dispersão). Essas desagregações e testes foram incorporados para sustentar uma leitura em que a exposição não é tratada como fenômeno homogêneo, mas como resultado de padrões diferenciados por território, mecanismos de detecção e composição produtiva das operações.

A leitura dos resultados é descritiva, concentrando-se em magnitudes, participações, concentração e persistência dos padrões observados. Em nenhum momento se atribui causalidade direta entre crédito e desmatamento. Os alertas de

desmatamento são tratados como proxy de risco ambiental e não como prova automática de irregularidade jurídica; a sobreposição indica exposição territorial relevante, mas não autoriza, por si só, imputação direta de ilícito ao tomador do crédito.

3.4 Considerações Éticas e Limitações Metodológicas

A pesquisa baseia-se exclusivamente em dados secundários, compostos por literatura acadêmica, documentos institucionais, normativos e bases públicas ou sistematizadas de crédito rural e alertas de desmatamento. Do ponto de vista ético, o estudo exige a correta atribuição das fontes utilizadas e a representação fiel das informações e interpretações extraídas dos materiais analisados. Não houve coleta de dados primários com participantes nem tratamento de informações pessoais individualizadas para fins de identificação de sujeitos.

Como toda pesquisa, este estudo apresenta limitações. No campo bibliométrico, a opção pela Web of Science pode sub-representar parte da produção em português e de circulação mais restrita, especialmente aquela voltada ao contexto normativo e institucional brasileiro. Além disso, nenhuma estratégia de busca é capaz de capturar exhaustivamente toda a literatura pertinente, o que significa que trabalhos relevantes podem não ter sido incluídos em razão das escolhas de descritores e filtros adotados.

Na etapa documental, a principal limitação decorre do fato de que a análise se apoia em documentos públicos e literatura especializada, o que não permite observar integralmente a implementação interna das rotinas de crédito, nem a forma como diferentes instituições operacionalizam, na prática, os critérios socioambientais. Assim, o estudo capta o plano normativo e parte do plano institucional, mas não substitui investigação direta sobre processos internos de decisão.

Na etapa empírica, algumas cautelas são particularmente importantes. Em primeiro lugar, os dados de 2025 são parciais, o que impõe restrições às comparações anuais por valores absolutos. Em segundo lugar, os alertas de desmatamento utilizados na análise devem ser interpretados como *proxy* de risco ambiental e não como prova automática de irregularidade jurídica ou de ilegalidade ambiental. A sobreposição entre crédito e alerta indica exposição territorial relevante, mas não

autoriza, por si só, imputação direta de ilícito ao tomador do crédito.

A vinculação Sicor–MapBiomas dependeu de consistência entre identificadores-chave e geometrias. Registros com chaves ausentes/inválidas ou inconsistentes entre bases não puderam ser vinculados com segurança e, por isso, foram excluídos do dataset final, o que implica perda de cobertura.

Em terceiro lugar, a análise trabalha predominantemente com a gleba financiada, o que pode não capturar integralmente os passivos do imóvel rural como um todo. Essa diferença entre gleba e imóvel permite reconhecer que controles limitados ao perímetro financiado podem subestimar exposições mais amplas existentes no CAR correspondente.

Por fim, a pesquisa concentra-se no crédito rural rastreável nas bases utilizadas, o que significa que parte dos fluxos privados, híbridos ou externos ao circuito mais visível do financiamento agropecuário pode não estar representada com a mesma precisão. Apesar dessas restrições, a combinação entre bibliometria, análise documental e cruzamento geoespacial de dados sustenta uma leitura consistente do problema investigado.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo analisa a compatibilidade empírica entre o financiamento agropecuário e as diretrizes de sustentabilidade a partir do cruzamento entre operações de crédito rural e alertas de supressão de vegetação nativa no período 2019–2025. A análise parte do entendimento de que a compatibilidade não pode ser avaliada apenas pela existência de normas, impedimentos ou políticas declaradas. É necessário observar se, nos resultados, o crédito permanece exposto a territórios, cadeias e operações associadas a alertas ambientais. Para tal análise foram consideradas a dimensão normativa, relacionada às regras e diretrizes aplicáveis ao crédito; a dimensão operacional, ligada à capacidade de diligência, verificação e monitoramento; e a dimensão empírica, observada nos indicadores de exposição, concentração e recorrência territorial.

A sobreposição entre crédito rural e alertas de desmatamento é tratada como indicador de exposição territorial e como proxy de risco ambiental, mas não é prova automática de irregularidade jurídica do tomador. É preciso destacar que alertas de desmatamento indicam eventos detectados e validados em bases geoespaciais, mas a caracterização jurídica da supressão depende de informação adicional sobre autorizações, regularidade ambiental, temporalidade e enquadramento normativo.

4.1 Fontes, variáveis, limitações e cautelas de interpretação

As evidências encontradas são baseadas no cruzamento geoespacial entre as operações registradas no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor) e os alertas de desmatamento validados pela plataforma MapBiomas. Para cada ano do recorte temporal, foram consolidados não apenas os números globais de contratos, áreas e volumes financiados, mas isolado o subconjunto de operações que apresentam sobreposição direta a áreas com supressão de vegetação. Para sintetizar essa exposição de forma comparável, três indicadores foram adotados:

$p_{op_t} = \frac{N_{tS}}{N_t}$ A proporção do número total de operações com sobreposição

$p_{area_t} = \frac{A_{tS}}{A_t}$ A participação percentual da área financiada sob alerta;

$p_{vol_t} = \frac{V_{tS}}{V_t}$ O peso do volume financeiro exposto a esses riscos territoriais.

As comparações entre os anos priorizam as proporções e padrões, que não refletem o ciclo anual completo. Os alertas indicam uma perda de vegetação nativa tecnicamente detectada e validada, o que sinaliza potenciais lacunas na diligência das instituições financeiras, sem que isso configure, antecipadamente, uma imputação de irregularidade ou crime ambiental ao produtor. Apenas para contextualização ambiental recente, foram analisados resultados PRODES/INPE para 2025. Esses dados não entraram no cálculo dos indicadores.

4.2 A dinâmica do crédito rural e exposição a alertas (2019–2025)

A Tabela 1 apresenta os totais anuais de crédito (operações, área e volume) e os totais do subconjunto com sobreposição a alertas de desmatamento, bem como as participações percentuais. A exposição por área (p_area) é superior à exposição por número de operações (p_op), indicando que o risco territorial pode se concentrar em operações associadas a maiores extensões de área financiada ou em recortes territoriais específicos.

Tabela 1. Crédito total e crédito com sobreposição a alertas de desmatamento (2019–2025).

Ano	Operações (total)	Área (Mi ha)	Volume (R\$ bi)	Operações c/ sobreposição	Área c/ sobreposição (Mi ha)	Volume c/ sobreposição (R\$ bi)	% operações	% área	% volume
2019	377.430	14,53	31,48	15.282	2,10	3,31	4,05%	14,45%	10,51%
2020	580.314	22,31	50,58	33.639	3,69	5,72	5,80%	16,54%	11,31%
2021	644.001	21,53	64,49	43.420	3,96	8,73	6,74%	18,39%	13,54%
2022	673.007	20,66	87,26	46.095	3,95	12,28	6,85%	19,12%	14,07%
2023	694.752	19,22	87,22	48.350	3,72	13,73	6,96%	19,35%	15,74%
2024	731.309	18,68	102,58	47.342	3,48	14,13	6,47%	18,63%	13,77%
2025	514.356	13,04	81,71	28.294	2,40	10,87	5,50%	18,40%	13,30%

Fonte: elaboração a partir do pacote estatístico de cruzamentos MapBiomias–crédito rural.

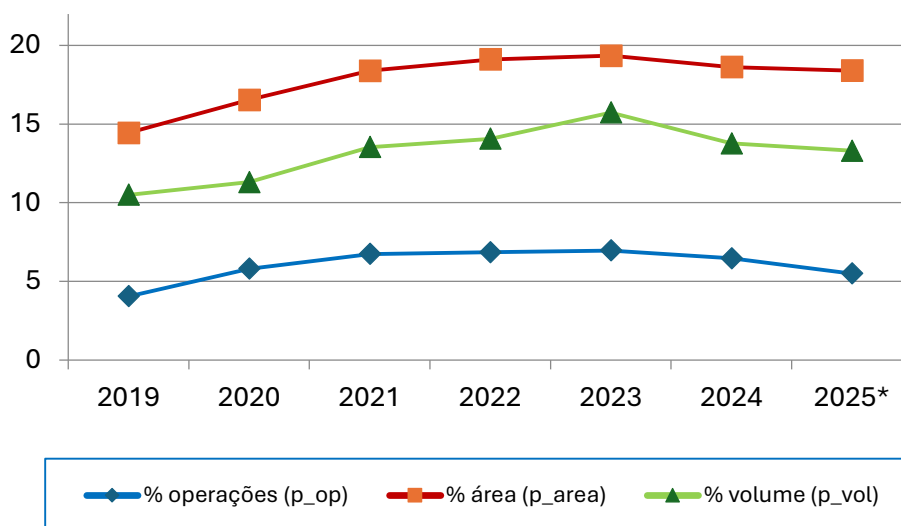
Nota: 2025 é parcial (jan–out).

Em 2019, as operações com sobreposição representavam 4,05% do total de operações, 14,45% da área financiada e 10,51% do volume financeiro. Em 2023, esses percentuais atingiram 6,96%, 19,35% e 15,74%, respectivamente. Em 2024, embora se observe leve redução relativa, os indicadores permanecem em patamar elevado, com 6,47% das operações, 18,63% da área e 13,77% do volume. Para 2025, a leitura deve ser cautelosa, pois a base é parcial (jan–out), embora os percentuais de p_area e p_vol continuem próximos aos níveis observados nos anos anteriores.

A diferença entre os indicadores fica evidente na Figura 1. Em todos os anos, p_area é superior a p_op, indicando que a exposição territorial é mais intensa do que a simples frequência de operações sugeriria. Isso significa que o risco territorial não

está distribuído de modo homogêneo no conjunto dos contratos, mas tende a se concentrar em operações associadas a maiores extensões financiadas ou a recortes territoriais específicos. A comparação com p_vol acrescenta a interpretação que parte dessa exposição também possui materialidade financeira relevante, o que aproxima a análise ambiental da gestão de risco da carteira.

Figura 1. Dinâmica da exposição



Fonte: elaboração a partir do pacote estatístico de cruzamentos MapBiomass–crédito rural.

Como a série anual é curta e o fato de 2025 ser parcial, este estudo utiliza comparações descritivas por janelas temporais para caracterizar possíveis mudanças de nível nos indicadores, sem atribuição causal. Como referência, podem ser contrastados blocos como 2019–2021 versus 2022–2024, além de análises de sensibilidade com cortes alternativos coerentes com a cronologia regulatória.

4.3 Análise de concentração em nível de operação

A análise em nível de operação mostra que a exposição não se distribui de forma uniforme. A base consolidada contém 547.912 operações e soma 26.018.320,81 hectares de sobreposição. A mediana da área de sobreposição por operação é de 2,61 hectares, enquanto o percentil 95 alcança 139,94 hectares e o percentil 99 chega a 823,78 hectares. Essa diferença revela uma distribuição de cauda longa, na qual a maioria das operações apresenta baixa materialidade territorial, enquanto um subconjunto reduzido concentra valores muito superiores.

A decomposição de Pareto confirma essa concentração. Apenas 4.517

operações, equivalentes a 0,82% da base, concentram 50% da área total de sobreposição. Para alcançar 80% da área total, são necessárias 26.293 operações, ou 4,80% da base. O índice de Gini de 0,9192 reforça a desigualdade na distribuição da exposição territorial. Em termos práticos, esse resultado sugere que estratégias de diligência baseadas em materialidade podem ser mais eficientes do que controles uniformes, pois uma fração pequena das operações explica parcela expressiva da exposição agregada.

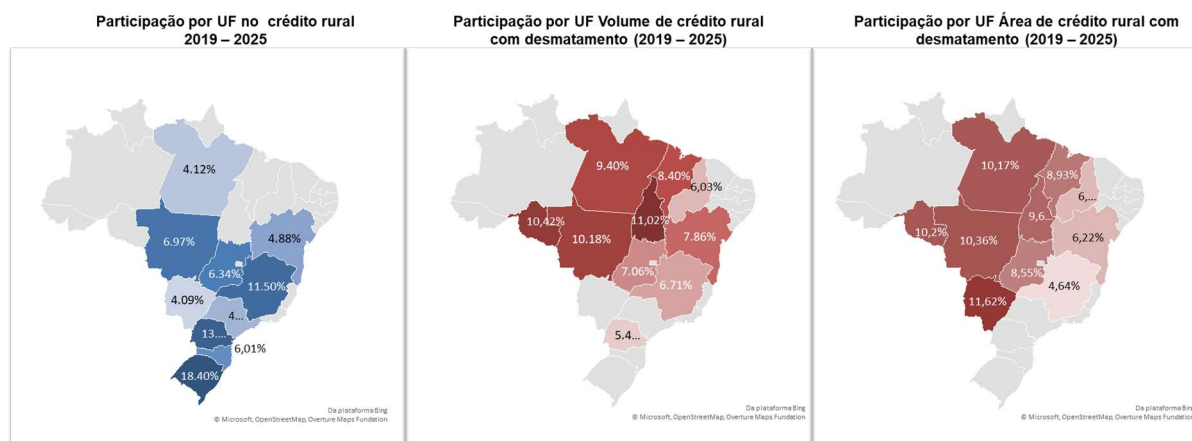
Essa evidência não elimina a necessidade de controles mínimos aplicáveis a todo o crédito rural, mas indica que monitoramento reforçado, inspeção individual e exigências adicionais podem ser priorizados em operações de maior materialidade territorial. A compatibilidade entre crédito e sustentabilidade, portanto, além da existência de normas e regras depende também da capacidade de calibrar a intensidade da diligência conforme o risco observado. Os resultados completos, tabelas e testes estão apresentados no apêndice — Resultados Estatísticos (Base por Operação).

Por bioma, a soma e a cauda superior diferem substancialmente: Cerrado concentra a maior soma (15,47 milhões ha) e mediana 5,34 ha; Caatinga apresenta maior número de operações (206 mil) com mediana menor (2,33 ha); Amazônia tem mediana 4,96 ha; e Pantanal, embora com poucas operações (1.386), apresenta alta intensidade por operação (mediana 32,62 ha; p99 2.893,38 ha).

A análise por Unidade da Federação foi iniciada por meio da comparação entre a participação das UFs no crédito rural total, a participação no volume de crédito rural associado a alertas de desmatamento e a participação na área de crédito rural associada a esses alertas. A Figura 2 sintetiza essa comparação e permite observar que a relevância de uma UF na carteira total de crédito rural não corresponde, necessariamente, à sua relevância no subconjunto com exposição ambiental. Tal fato demonstra que mesmo com a concentração do crédito rural em determinados estados por razões produtivas e financeiras, a exposição a alertas de desmatamento pode se intensificar em outros recortes territoriais, conforme a localização das operações, a dinâmica de uso da terra e a incidência dos alertas.

Figura 2. Participação por UF no crédito rural total, no volume de crédito rural com alertas e na área

de crédito rural com alertas, 2019–2025



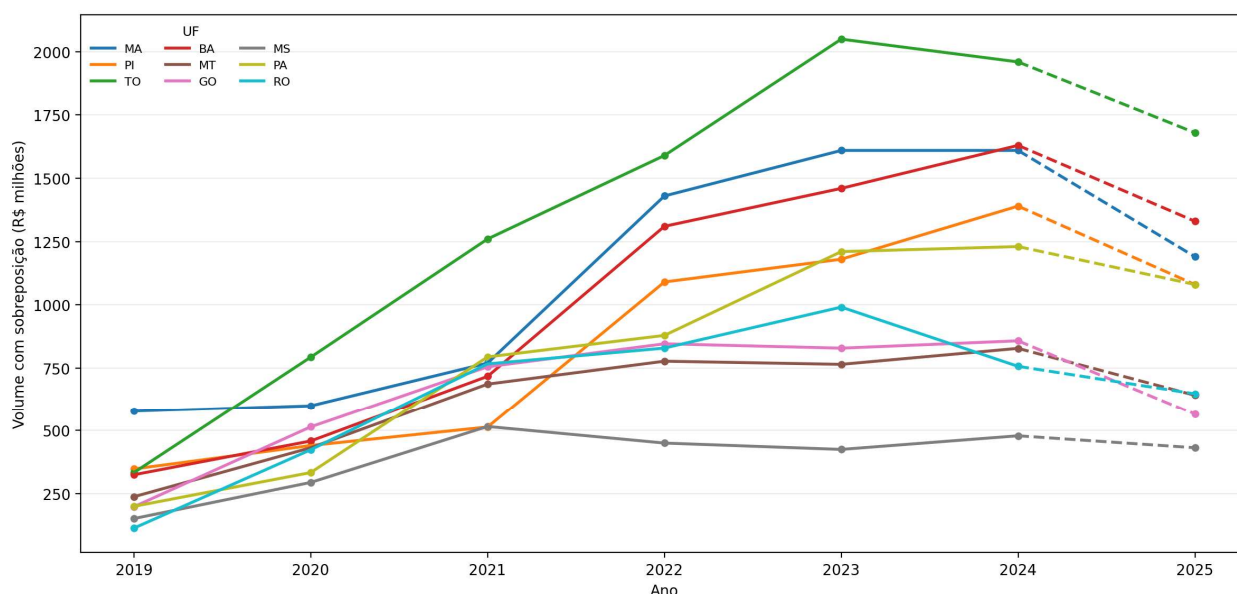
Fonte: elaboração a partir do pacote estatístico de cruzamentos MapBiomass–crédito rural.
Nota: 2025 é parcial (jan–out).

Na Figura 2, o primeiro mapa, em azul, mostra que a distribuição da carteira total de crédito rural não coincide com a distribuição do crédito associado a alertas de desmatamento. O Rio Grande do Sul, por exemplo, aparece com elevada participação no crédito rural total, mas perde centralidade nos mapas de exposição. Já estados como Maranhão, Piauí, Tocantins, Bahia, Pará, Rondônia, Mato Grosso e Goiás ganham relevância quando o recorte passa a considerar volume e área associados a alertas. Essa diferença indica que a exposição ambiental depende da localização das operações, da dinâmica de uso da terra e da composição produtiva regional, e não apenas do tamanho da carteira estadual.

A comparação entre os três mapas permite distinguir a relevância financeira geral da UF na carteira de crédito rural, e a relevância da UF no subconjunto de operações associado a alertas de desmatamento, captada pelos mapas em vermelho, tanto em termos de volume financeiro quanto de área. Estados como Maranhão, Piauí, Tocantins, Bahia, Pará, Rondônia, Mato Grosso, Goiás ou Acre ganham maior destaque nos mapas relacionados ao subconjunto exposto, indicando que a exposição ambiental do crédito rural se concentra em territórios diferentes daqueles que concentram a carteira total, no período. Essa diferença reforça que a análise por UF não deve ser conduzida apenas pelo volume total de crédito concedido e que o risco territorial não decorre do tamanho da carteira, mas da combinação entre localização das operações, dinâmica de uso da terra, e composição produtiva regional. Cabe destacar que o estudo busca analisar o crédito rural com alertas de desmatamento estritamente para o período referenciado, não significando análise histórica.

A Figura 3 mostra que o volume financeiro associado a alertas se concentra em um grupo restrito de UFs. Tocantins aparece em posição destacada nos anos recentes, enquanto Bahia, Maranhão e Piauí permanecem entre os principais estados do eixo MATOPIBA. Pará e Rondônia também registram volumes expressivos, indicando que a materialidade financeira da exposição alcança tanto áreas do Cerrado quanto áreas da Amazônia Legal..

Figura 3. Exposição por volume do crédito com sobreposição a alertas de desmatamento, por UF (2019–2025).



Fonte: elaboração a partir dos cruzamentos MapBiomass-crédito rural.

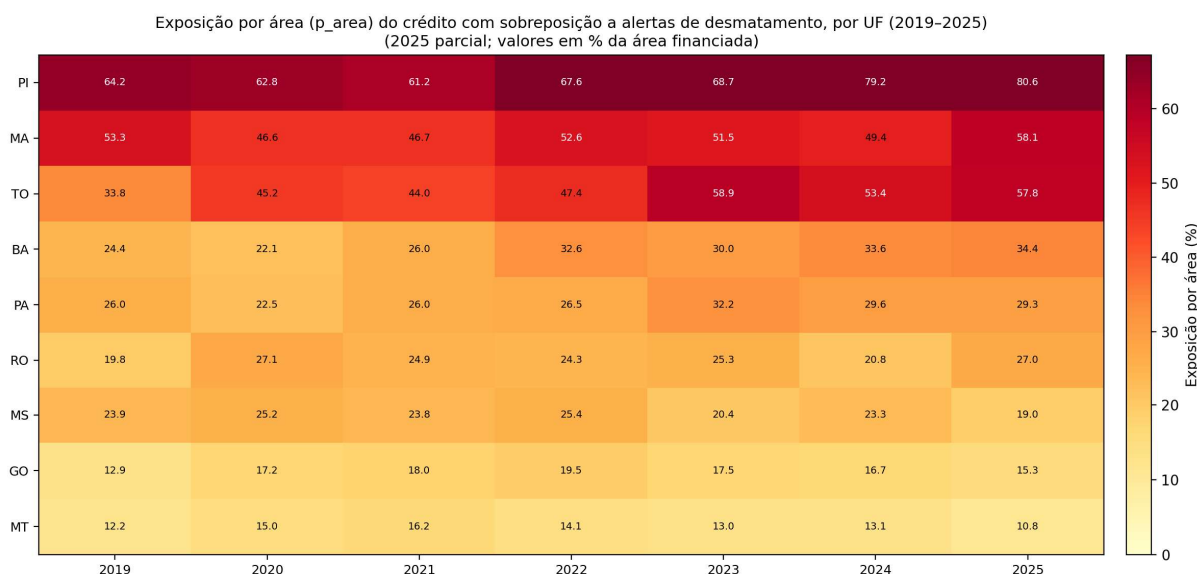
Nota: 2025 parcial (jan–out).

A análise do volume financeiro exposto (em R\$ milhões) permite observar onde o risco territorial é acentuado e, simultaneamente, o montante financeiro atinge patamares elevados. O Tocantins (TO) destaca-se como líder em volume nos anos recentes, enquanto Bahia (BA) e Maranhão (MA) aparecem de forma recorrente entre os maiores volumes no fechamento da série histórica. Em paralelo, estados da Amazônia Legal — com ênfase em Pará (PA) e Rondônia (RO) — apresentam volumes financeiros expressivos sob risco, ainda que a magnitude de sua exposição por área seja considerada intermediária. Isso revela a materialidade financeira do risco pode ser severa mesmo em regiões onde a intensidade territorial não atinge os picos observados no MATOPIBA.

A Figura 4 reforça a diferença entre intensidade territorial e materialidade financeira. Piauí, Maranhão e Tocantins apresentam os maiores percentuais de área

financiada associada a alertas ao longo da série, enquanto Bahia permanece em patamar intermediário. Mato Grosso e Goiás aparecem com percentuais menores de *p_area*, embora continuem relevantes na análise financeira por causa da escala da produção e do volume de crédito. A leitura conjunta das Figuras 3 e 4 indica que a priorização do monitoramento não deve considerar apenas o valor financiado, mas também a proporção da área exposta em cada território.

Figura 4. Exposição por área com sobreposição a alertas de desmatamento por UF (2019–2025)



Fonte: elaborado pela autora a partir dos cruzamentos MapBiomass–crédito rural

Nota: 2025 parcial (jan–out).

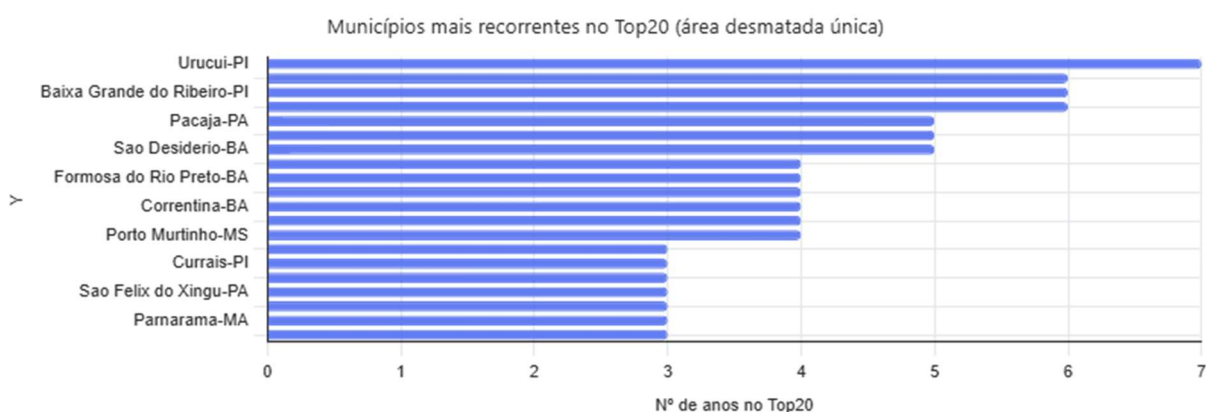
A leitura municipal foi construída a partir de rankings anuais dos 20 municípios com maior área desmatada única (por alertas) em 2019–2025. No período, o Top20 anual reúne 59 municípios distintos; parte deles aparece apenas em um ano, enquanto um subconjunto se repete em vários anos, indicando um padrão espacial estável. A métrica utilizada nesta análise municipal é área desmatada única por município e ano, calculada de modo a evitar dupla contagem do mesmo evento quando ele intercepta mais de uma. Essa combinação evita interpretações que possam inflar o total municipal ao somar repetidamente a mesma área em múltiplas operações. Assim, a observação reflete a persistência de municípios entre os maiores valores da área única com alerta de desmatamento no recorte Top20 anual.

A recorrência municipal convive com um grau de rotatividade anual. Alguns municípios permanecem no Top20 de um ano para o seguinte. Entre 2019→2020, há 10 municípios em comum (50% do Top20); 2020→2021, 12 (60%); 2021→2022, 11

(55%); 2022→2023, 8 (40%); 2023→2024, 10 (50%); 2024→2025, 10 (50%). Esse padrão sugere que existe um núcleo persistente que estabiliza o ranking, coerente com a ideia de concentração espacial do risco, mas também aponta para mudança de composição, sobretudo no salto 2022→2023 (queda para 40% de municípios em comum).

A Figura 5 mostra a presença do núcleo persistente, liderado por municípios que aparecem em quase toda a série. Em particular, Uruçuí (PI) aparece em 7 anos no Top20, somando 47.950 ha no recorte; Balsas (MA) aparece em 6 anos e soma 53.628 ha; Baixa Grande do Ribeiro (PI) aparece em 6 anos e soma 46.340 ha; e Corumbá (MS) aparece em 6 anos e soma 30.341 ha

Figura 5. Municípios com alerta de desmatamento recorrente



Fonte: elaborado pela autora a partir dos cruzamentos MapBiomass–crédito rural

Nota: 2025 parcial (jan–out).

A Figura 6, de outra forma, demonstra que os municípios recorrentes aparecem como “faixas” distribuídas ao longo de vários anos, enquanto municípios episódicos aparecem como “picos” concentrados em 1–2 anos. O calor representa a área desmatada com sobreposição de crédito no município. Isso permite analisar regularidade temporal (presença repetida) e intensidade relativa por ano.

Figura 6. Top municípios com recorrência de alertas

Balsas	MA	3.582	12.592	6.099	14.505	12.345	4.505	-
Urucui	PI	3.412	6.781	4.491	17.579	6.795	2.353	6.539
Baixa Grande do Ribeiro	PI	2.976	3.706	-	12.238	9.872	7.885	9.662
Pacaja	PA	5.938	8.987	8.192	9.455	-	2.537	-
Xapuri	AC	6.960	7.005	7.673	9.262	-	2.314	-
Corumba	MS	2.085	-	3.698	3.575	13.336	6.265	1.382
Sebastiao Leal	PI	-	-	4.428	13.418	-	7.628	3.640
Sao Desiderio	BA	2.119	4.773	-	10.607	10.291	-	1.178
Formosa do Rio Preto	BA	9.285	4.480	5.909	-	4.211	-	-
Mirador	MA	-	7.547	-	-	10.372	4.441	-
Porto Velho	RO	4.594	6.283	5.596	5.004	-	-	-
Currais	PI	-	5.824	4.256	9.818	-	-	-
Correntina	BA	-	-	-	6.150	6.077	2.550	1.188
Aquidauana	MS	-	3.884	4.959	-	5.185	-	-
Jaborandi	BA	2.234	2.968	4.516	3.862	-	-	-
Sao Felix do Xingu	PA	3.744	4.869	4.208	-	-	-	-
Tasso Fragoso	MA	-	9.001	3.621	-	-	-	-
Barreiras	BA	-	-	-	5.539	6.948	-	-
Porto Murtinho	MS	2.394	-	-	-	4.412	3.827	1.822
Caxias	MA	-	-	3.776	-	4.279	3.521	-
Afonso Cunha	MA	-	-	5.521	5.786	-	-	-
Parnarama	MA	-	3.599	4.557	-	-	2.313	-
Parana	TO	2.052	-	-	-	-	5.798	1.358
Grajau	MA	-	-	-	-	4.343	3.347	1.288
Riachao	MA	-	3.345	-	-	-	2.723	1.364
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025

Área com alerta de desmatamento (ha)

Fonte: elaborado pela autora a partir dos cruzamentos MapBiomias—crédito rural

Nota: 2025 parcial (jan–out).

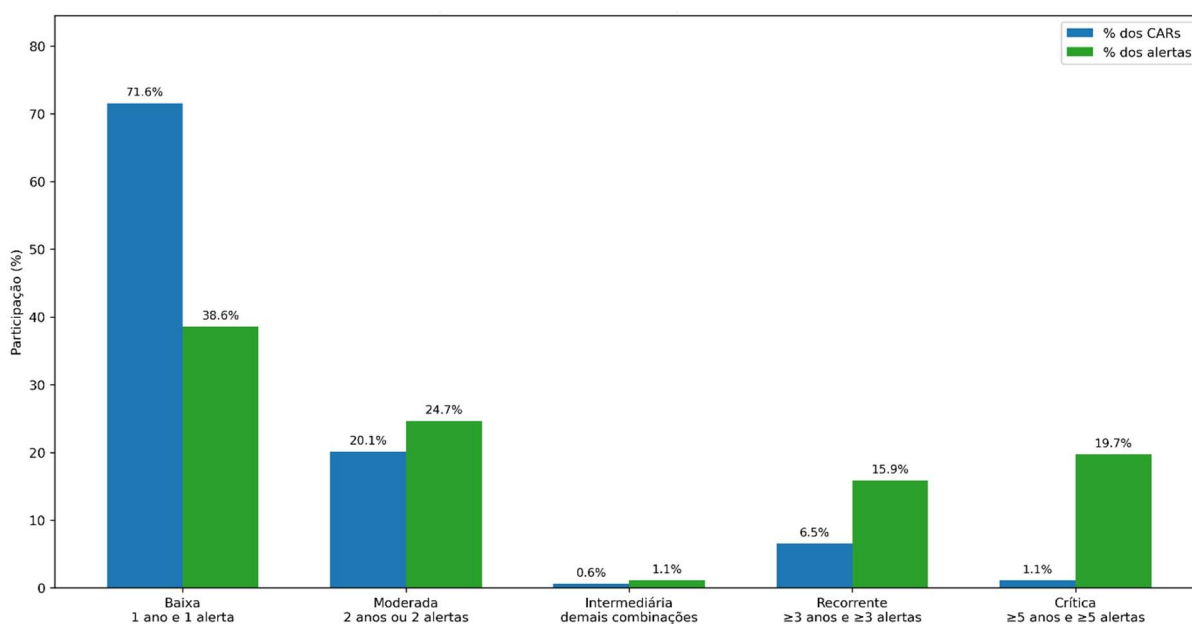
O cenário condiz com os resultados em nível estadual, notadamente no eixo MATOPIBA como fronteira agrícola do Cerrado, com conversão relevante de vegetação nativa ao longo do tempo, mas o conjunto também inclui municípios recorrentes na Amazônia Legal (PA/RO/AC) e no Pantanal/MS, indicando que a pressão territorial não se restringe a um único recorte. Além do eixo do Cerrado, há recorrência consistente no componente amazônico dado por Pacajá/PA, São Félix do Xingu/PA, Porto Velho/RO, Novo Mamoré/RO, e pantanal/centro-oeste com Corumbá/MS e Porto Murtinho/MS. Essa evidência reforça a necessidade de análise em recorte municipal.

Para complementar a análise espacial agregada por municípios e unidades da federação, foi realizada uma classificação dos CARs segundo a persistência temporal dos alertas. Nessa etapa, foram considerados apenas o número de anos com ocorrência (n. anos) e a quantidade de alertas associados ao CAR (n. alertas), evitando-se o uso da área acumulada de sobreposição, que pode ser afetada por dupla contagem espacial, e do número de operações, que expressa exposição financeira e não necessariamente reincidência ambiental.

Os resultados da Figura 7 indicam predominância de registros de baixa

reincidência, visto que 71,58% dos CARs apresentam apenas um ano e um alerta. Entretanto, as faixas de maior recorrência concentram parcela proporcionalmente superior dos alertas. Os CARs classificados como recorrentes ou críticos representam, em conjunto, 7,66% da base, mas respondem por 35,61% dos alertas. Em especial, a faixa crítica, definida por CARs com pelo menos cinco anos e cinco alertas, corresponde a apenas 1,11% dos CARs, mas concentra 19,72% dos alertas.

Figura 7. Participação de CARs e alertas por faixa de reincidência



Fonte: elaborado pela autora a partir dos cruzamentos MapBiomass-crédito rural
Nota: 2025 parcial (jan-out).

Esse resultado sugere que a ocorrência de alertas não se distribui uniformemente entre os imóveis rurais cadastrados. Embora a maior parte dos CARs apresente registros pontuais, há um subconjunto reduzido com maior persistência temporal e maior recorrência de alertas. A análise, portanto, não substitui os indicadores agregados de exposição, mas contribui para qualificar a interpretação do fenômeno ao evidenciar a presença de reincidência em nível cadastral.

A recorrência de alertas em determinados CARs pode ressaltar a necessidade de incorporar a visão da trajetória temporal dos imóveis rurais cadastrados. A repetição de alertas em um mesmo CAR, sobretudo quando observada em diferentes anos, sinaliza a existência de padrões persistentes de exposição que podem permanecer pouco visíveis em análises agregadas por município ou unidade da federação. Assim, o acompanhamento sistemático desses registros permite qualificar

a leitura do risco ambiental, distinguindo ocorrências pontuais de situações recorrentes. Essa abordagem contribui para orientar processos de diligência em imóveis com histórico reiterado de alertas.

A decomposição por instituição financeira (indicador de volume no subconjunto com sobreposição) revela forte concentração em Banco do Brasil, Banco do Nordeste e Banco da Amazônia, seguidos por cooperativas (Sicredi) e, em menor escala, Caixa e bancos regionais. Essa concentração pode indicar que centrar esforços nos principais intermediários, sem prejuízo de padrões mínimos para todo o sistema, pode trazer ganho de eficiência para o regulador.

O crédito rural brasileiro, especialmente aquele que utiliza recursos públicos e o Proagro, caracteriza-se por uma concentração elevada. Ao mesmo tempo em que concentram o risco de exposição a alertas de desmatamento, essas instituições detêm as ferramentas para a solução, seja por meio de uma diligência mais rigorosa, do uso de travas automáticas ou de um monitoramento contínuo. Ao observar a distribuição de crédito vinculada a glebas, o peso das instituições públicas é evidente pois entre mais de 400 instituições, a maior parte do financiamento está nas mãos do Banco do Brasil, Banco do Nordeste, Banco da Amazônia, Banrisul e Caixa.

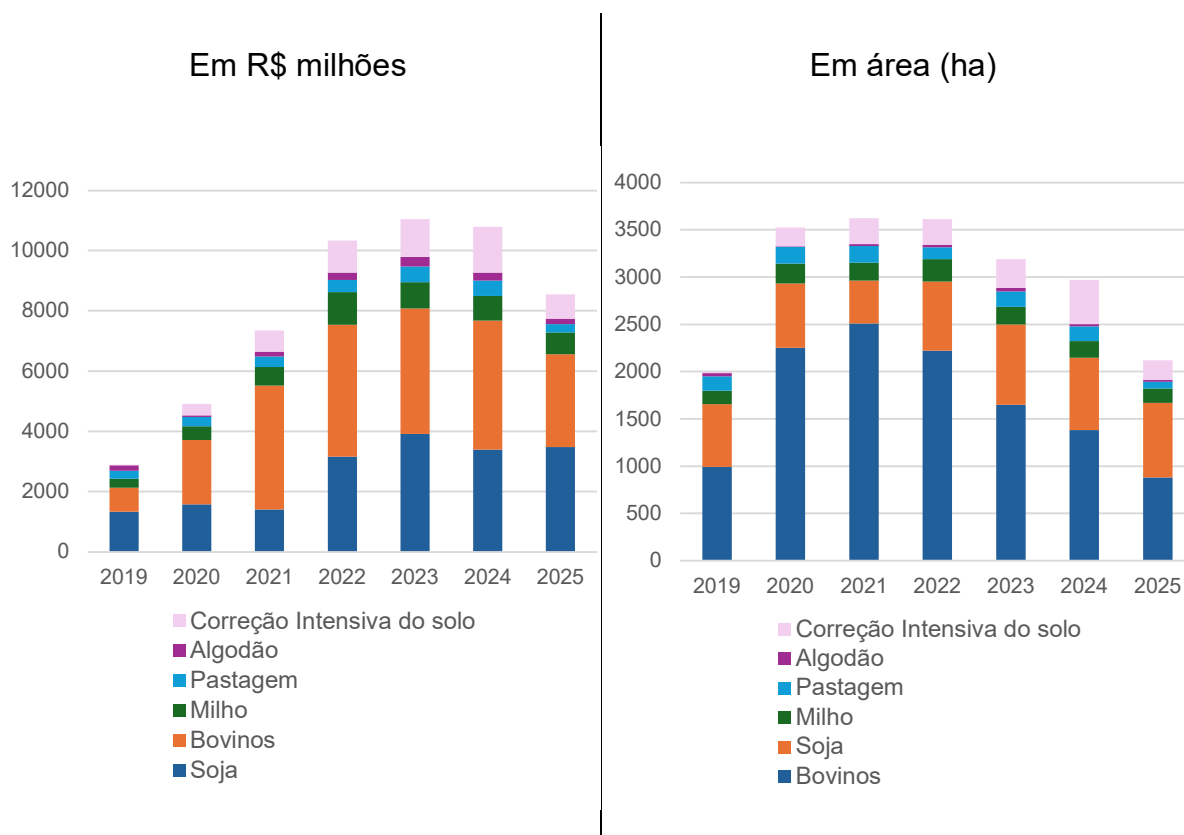
Nesse cenário, o Banco do Brasil se consolida como protagonista, liderando tanto em volume financeiro quanto em número de operações no período. Quando o recorte se desloca do “total de crédito com glebas” para o subconjunto “com sobreposição a desmatamento”, a concentração permanece, mas ganha contornos ambientais claros. Cerca de 80% do total do crédito de operações com desmatamento se origina em três instituições: Banco do Nordeste (34%), Banco do Brasil (27%) e Banco da Amazônia (22%).

A análise por produtos e atividades mostra que a exposição financeira se concentra em poucas cadeias. Soja e bovinos aparecem de forma recorrente entre os maiores volumes associados a alertas ao longo da série. Milho, pastagem, algodão e correção intensiva do solo também aparecem no subconjunto exposto, mas com menor participação relativa.

Dentro do subconjunto de operações expostas a alertas, o cenário é de uma concentração nítida e persistente em determinadas cadeias. Em 2019, a soja

respondia por 46% do volume capturado no painel (R\$ 1,33 bi), com os bovinos logo atrás, representando 27,4% (R\$ 0,79 bi). No horizonte analisado, essas duas atividades se mantiveram como as protagonistas do volume financeiro associado a alertas de desmatamento.

Figura 8. Crédito com sobreposição a alertas, por produtos/atividades (2019–2025)



Fonte: elaboração a partir dos cruzamentos MapBiomass–crédito rural

Nota: 2025 parcial (jan–out).

Em 2021: A pecuária bovina deu um salto, atingindo R\$ 4,12 bi (56,1% do total), enquanto a soja registrou R\$ 1,40 bi (19,1%). Em 2024: O padrão de dominância se consolidou com os bovinos somando R\$ 4,29 bi e a soja R\$ 3,39 bi.

Tais números mostram que, a despeito da safra ou das variações de mercado, o risco territorial e a necessidade de uma fiscalização mais rigorosa estão ligados a esses dois motores da agropecuária no país. Priorizar a análise integral da propriedade durante a concessão do recurso é, portanto, indispensável para o sucesso da agenda ambiental. Essa análise evita que o crédito se torne uma falha de fiscalização, contribuindo para que o fluxo financeiro caminhe em sintonia com as diretrizes de sustentabilidade do país.

Um resultado relevante é o crescimento de itens associados à intensificação produtiva, em especial 'correção intensiva do solo'. Esse item evolui de R\$ 0,03 bi em 2019 para R\$ 1,52 bi em 2024, figurando entre os principais itens no subconjunto com sobreposição. Isso sugere que, mesmo quando o crédito financia práticas potencialmente compatíveis com aumento de produtividade, a gestão de risco precisa assegurar que tais investimentos não estejam vinculados a conversão de vegetação nativa ou a recorrência de alertas durante a vigência do crédito.

A composição média das participações pode ser considerada uma evidência para priorização de diligência e monitoramento em cadeias e territórios dominantes. Embora 2025 seja parcial, o padrão estrutural não se altera: soja (R\$ 3,48 bi) e bovinos (R\$ 3,08 bi) permanecem no topo, seguidos por correção intensiva do solo (R\$ 0,81 bi) e milho (R\$ 0,72 bi).

5 VISÃO PROSPECTIVA: INSTRUMENTOS COMPLEMENTARES NECESSÁRIOS

Os resultados apresentados no Capítulo 4 indicam que a incorporação de critérios socioambientais ao crédito rural brasileiro produziu avanços, mas não eliminou a exposição do financiamento a áreas com alertas de desmatamento. Essa exposição exige análise complementar sobre autorização, temporalidade e enquadramento normativo. Ainda assim, a permanência de exposição por área, volume financeiro, unidade da federação, município, CAR, instituição financeira e produto financiado mostra que a compatibilidade entre crédito e sustentabilidade depende de instrumentos que ultrapassem o controle formal de elegibilidade.

A análise empírica mostrou que a exposição por área é superior à exposição por número de operações ao longo da série, o que indica maior intensidade territorial em relação à frequência contratual. Também mostrou que a exposição se distribui de forma concentrada: uma fração reduzida das operações responde por parcela expressiva da área sobreposta a alertas, e determinados recortes territoriais, produtos e instituições aparecem com maior materialidade no subconjunto exposto. Esses resultados sustentam a necessidade de uma agenda prospectiva baseada em diferenciação do crédito conforme risco e desempenho ambiental, combinação de instrumentos financeiros e não financeiros, e fortalecimento da rastreabilidade como base da decisão financeira

5.1 O limite do arranjo atual

A diferença entre conformidade e transição caracteriza o financiamento sustentável da agropecuária. A conformidade atua sobre mínimos, definindo requisitos de entrada, estabelecendo impedimentos, reduzindo exposição a irregularidades e criando salvaguardas para o financiador. A transição exige distinção positiva, ou seja, capacidade de distinguir produtivamente, territorialmente e financeiramente operações com diferentes perfis de risco, de contribuição ambiental e de potencial transformador.

Um sistema apoiado apenas em conformidade tende a atuar como contenção, limitando parte dos impactos indesejados sem alterar a direção dominante dos fluxos financeiros. Um sistema voltado à transição precisa ir além e tornar viável a seleção e

o incentivo de caminhos produtivos com maior aderência à sustentabilidade, com capacidade de priorizar e graduar condições de crédito para apoiar recuperação de áreas degradadas, intensificação poupadora de terra, mitigação de emissões, conservação e adaptação climática.

As taxonomias sustentáveis ajudam a organizar esse deslocamento porque transformam uma noção ampla de sustentabilidade em critérios operacionais. A Taxonomia Sustentável Brasileira, por exemplo, parte do reconhecimento de que o alinhamento ambiental depende de condições técnicas e de gradações. Por isso, a classificação tende a combinar critérios verificáveis e progressivos, associados à contribuição substancial, ao princípio de não causar dano significativo e a salvaguardas mínimas, acompanhados por rotinas de monitoramento, reporte e verificação compatíveis com a escala das políticas públicas (Oliveira et al., 2024).

Essa leitura contrasta com uma abordagem mais administrativa, que costuma associar o aperfeiçoamento do crédito ao aumento de travas, exigências e checagens documentais. Essas exigências são parte necessária do controle, mas tendem a produzir efeito limitado quando não se conectam a incentivos positivos e a condições de execução no campo.

Um sistema de financiamento coerente com a transição precisa transformar informação ambiental em critério de decisão econômica e não apenas operar por exclusão do inadequado. Isso significa que risco territorial e contribuição ambiental precisam influenciar decisões concretas de crédito. Sem esse deslocamento, a sustentabilidade tende a permanecer como processo puramente de compliance, e não como princípio organizador do portfólio. A passagem da lógica de filtro para a lógica de indução é uma mudança de racionalidade: a sustentabilidade deixa de ser barreira residual e passa a integrar a estrutura da decisão financeira.

Para isso, o primeiro movimento necessário é fazer com que a variável socioambiental tenha consequência econômica na decisão de crédito. Isso se traduz em condições de preço, limite, garantias, prazos e cláusulas contratuais que sejam sensíveis ao risco e ao desempenho. Nesse desenho, a sustentabilidade entra como parte do julgamento de risco e como elemento de gestão ao longo do contrato. Essa mudança preserva controles mínimos, mas acrescenta diferenciação positiva,

permitindo premiar trajetórias e reduzir assimetria de incentivos.

O segundo passo necessário é a calibragem por materialidade e histórico. A base empírica sugere que há heterogeneidade relevante na exposição, o que torna pouco eficiente aplicar o mesmo esforço de diligência a toda a carteira. Operar com escalonamento, onde operações com maior materialidade territorial ou com histórico de recorrência demandam diligência e monitoramento reforçados, enquanto operações de menor risco permanecem sob rotinas padrão. Isso melhora custo-efetividade do monitoramento e reduz a tendência de transformar a sustentabilidade em um conjunto uniforme de exigências, pouco aderente à heterogeneidade territorial.

No campo dos instrumentos, a indução pode ser operacionalizada por produtos de crédito com condicionalidades graduais e critérios verificáveis, importante em situações onde o resultado ambiental depende de práticas, contexto e acompanhamento. Em paralelo, investimentos de transição costumam exigir horizonte mais longo e enfrentam incerteza maior, o que torna frequente a necessidade de arranjos combinados. Por essa razão, ganham espaço estruturas híbridas que articulam financiamento, suporte técnico e verificação, reunindo, quando aplicável, crédito direcionado, mecanismos de redução de risco, assistência técnica vinculada e metas verificáveis acompanhadas por monitoramento.

Instrumentos de mercado, como títulos verdes, podem ampliar fontes de recursos e atender a demandas de investidores, mas o ponto decisivo permanece a consistência de elegibilidade e verificação. Sem trilha de evidência e reporte, o rótulo não assegura resultado proporcional. Por isso, quando houver uso de estruturas de mercado, o requisito mínimo é uma arquitetura de verificação compatível com o objeto financiado, com regras de uso de recursos e transparência suficiente para permitir avaliação externa. Esse cuidado se conecta ao papel de taxonomias e de regimes de divulgação, que são úteis quando reduzem arbitrariedade, aumentam comparabilidade e tornam a informação utilizável na rotina de crédito.

A dimensão tecnológica entra como infraestrutura do monitoramento e da reação durante a vigência. A integração de bases, a rastreabilidade e a verificação contínua têm função de reduzir defasagem entre detecção e decisão, sustentar evidência auditável e permitir que cláusulas contratuais tenham aplicabilidade real. A

tecnologia dá suporte à consistência entre regra, informação e decisão, condição para que os instrumentos complementares reduzam a distância entre norma, operação e resultado.

5.2 Da lógica de filtro à lógica de indução

A implementação dos instrumentos complementares depende de rotinas internas, qualidade da informação e coordenação entre atores. No nível das instituições financeiras, integrar fatores ESG ao processo de crédito exige dados, competências e fluxo decisório. Isso significa equipes com repertório para interpretar risco, sistemas capazes de processar informação territorial e estruturas de governança que convertam critérios em decisões consistentes, tanto na concessão quanto no acompanhamento das operações.

Em estruturas capilarizadas e com grande heterogeneidade territorial, a análise socioambiental tende a oscilar entre burocratização e genericidade quando falta padronização e escalonamento. Para evitar esse resultado, a implementação precisa explicitar regras de escalonamento por risco e materialidade, rotinas de atualização das bases consultadas e procedimentos de reação durante a vigência. Sem isso, a informação ambiental permanece periférica e não altera, de fato, decisão, monitoramento e consequência contratual.

Do lado do produtor, a execução depende de capacidade técnica. Linhas sustentáveis usualmente demandam projeto técnico, comprovação e monitoramento mais frequentes, o que pode excluir produtores com menor estrutura. Por isso, assistência técnica e extensão rural deve ser tratada como parte do instrumento de financiamento. Ela reduz custos de conformidade, melhora a qualidade dos projetos e amplia a capacidade de adoção de práticas previstas na operação, o que também reduz risco operacional para o financiador.

A coordenação multissetorial também é condição de efetividade. Linhas verdes, taxonomias, regimes de divulgação, monitoramento remoto, crédito subsidiado e mercado de capitais evoluem sob racionalidades distintas. Para produzir coerência, regras prudenciais, critérios de elegibilidade, mecanismos de verificação, apoio técnico e estruturas de mercado precisam se reforçar. Nesse arranjo, o setor financeiro tem papel de operacionalizar critérios e acompanhamento; o governo e

reguladores, de padronizar requisitos e tornar aplicáveis consequências ao longo da vigência; e a academia e a sociedade civil, de contribuir com métricas, avaliação e qualidade da informação, sem substituir funções de fiscalização.

Esses custos existem para instituições financeiras e para produtores. Para instituições, incluem integração de bases, atualização de sistemas, capacitação de equipes, verificação geoespacial, monitoramento durante a vigência e, quando aplicável, auditoria e reporte. Para produtores, incluem regularização cadastral, obtenção de documentos, georreferenciamento, elaboração de projetos técnicos, comprovações e tempo adicional de contratação.

Os custos não anulam a agenda socioambiental, mas afetam desenho e viabilidade. Se tratados apenas como exigência formal, tendem a aumentar seletividade e deslocar parte do financiamento para canais menos acompanhados. Para reduzir esse efeito, a implementação deve combinar padronização, suporte técnico, sistemas de informação e instrumentos compatíveis com o custo de execução, preservando controles mínimos universais e aplicando camadas adicionais conforme risco e materialidade.

O sistema de financiamento da agropecuária brasileira não precisa apenas de mais instrumentos; precisa de instrumentos que alterem a forma como o capital é direcionado, condicionado, monitorado e justificado. A sustentabilidade não se aprofundará pela simples multiplicação de exigências formais, pela proliferação de rótulos verdes ou pela ampliação isolada de produtos financeiros temáticos. Ela dependerá da capacidade de construir arranjos que articulem informação, diferenciação territorial, incentivos econômicos, monitoramento contínuo, assistência técnica e governança institucional.

A agenda de instrumentos complementares pode fazer com que o crédito deixe de operar apenas como financiador da produção e passe a funcionar como um dos mecanismos centrais de coordenação da transição agroambiental. Isso implica integrar o risco ambiental ao risco de crédito, reconhecer que o território importa, associar financiamento a desempenho verificável, ampliar a densidade de instrumentos híbridos, fortalecer a assistência técnica e fazer da rastreabilidade uma condição de governança. Sem esse movimento a sustentabilidade tende a

permanecer como apêndice da intermediação financeira, ou seja, relevante do ponto de vista discursivo e regulatório, mas insuficiente para reordenar, em escala, a relação entre agropecuária, crédito e ambiente.

CONCLUSÃO

Esta dissertação partiu da seguinte questão: os instrumentos de financiamento bancário das atividades agropecuárias no Brasil são compatíveis com critérios estabelecidos por diretrizes internacionais voltadas à redução dos impactos ambientais gerados por essas atividades? O percurso desenvolvido permite afirmar que essa compatibilidade existe, mas permanece parcial e condicionada por limites institucionais, operacionais e informacionais.

O sistema brasileiro incorporou elementos de gestão socioambiental e climática, com avanços normativos, uso de bases territoriais, criação de impedimentos e fortalecimento de mecanismos de transparência. Esses avanços, porém, ainda não foram suficientes para alterar de forma substantiva a lógica predominante de alocação do crédito rural, historicamente orientada pelo fomento produtivo, pela sustentação econômica da atividade agropecuária.

A análise teórica e documental mostrou que a sustentabilidade passou a ocupar espaço crescente na governança do financiamento agropecuário, tanto por influência das diretrizes internacionais de finanças sustentáveis quanto pela evolução normativa brasileira. No Brasil, essa incorporação ocorreu em um sistema já marcado por concentração regional e setorial, predominância do custeio, forte presença de subsídios e coexistência entre fontes reguladas e instrumentos privados. Por isso, a existência de normas e condicionantes socioambientais representa avanço, mas não garante a mudança na direção dos fluxos financeiros.

A etapa empírica reforçou esse diagnóstico de permanência da exposição do financiamento a áreas com supressão de vegetação nativa. A análise mostrou que a exposição por área e por volume financeiro se manteve relevante ao longo da série, com concentração em determinados territórios, cadeias produtivas e instituições financeiras. Os resultados não permitem concluir que toda operação com sobreposição esteja associada a irregularidade jurídica, mas, ainda assim, a exposição observada indica que regras, impedimentos e diligência formal não bastam para dissociar o financiamento agropecuário de territórios sob pressão ambiental.

Os achados também indicam que o principal limite do arranjo atual está na distância entre regra formal, qualidade da informação, capacidade operacional e

consequência financeira. A compatibilidade entre crédito e sustentabilidade depende da forma como dados ambientais são incorporados à decisão de crédito, ao monitoramento da carteira, à definição de limites, garantias, prazos e condições contratuais. Nesse sentido, a sustentabilidade precisa deixar de operar apenas como filtro de conformidade e passar a orientar mecanismos de diferenciação conforme risco, materialidade territorial e desempenho ambiental.

A hipótese de que o Brasil apresenta aproximação parcial com as diretrizes internacionais de sustentabilidade, sem reordenar de forma suficiente a lógica de alocação do financiamento agropecuário, mostrou-se consistente com as evidências examinadas. Há sinais de mudança na governança financeira, no uso de bases georreferenciadas, nos mecanismos de transparência e no reconhecimento do risco socioambiental. Esses movimentos, porém, convivem com padrões de concentração, seletividade, predominância do custeio e exposição material a áreas com alertas. A compatibilidade, portanto, não deve ser tratada como atributo consolidado do sistema, mas como processo condicionado pela capacidade de transformar normas, dados e instrumentos em mudanças observáveis na decisão de crédito.

A contribuição deste trabalho está em articular a literatura sobre impactos ambientais da agropecuária, o debate sobre crédito rural, as diretrizes internacionais de finanças sustentáveis e a evidência empírica sobre exposição territorial do financiamento a alertas de desmatamento. Ao combinar análise bibliométrica, análise documental e cruzamento geoespacial entre crédito e alertas, a dissertação mostra que a sustentabilidade no financiamento agropecuário não pode ser avaliada apenas pela presença de normas ou pela existência de linhas verdes. O problema envolve a estrutura histórica do crédito, os incentivos econômicos, a qualidade da informação, a capacidade institucional, a heterogeneidade territorial e a materialização empírica dos riscos.

Como limitação, a pesquisa trabalha com alertas de desmatamento como proxy de exposição territorial, e não como prova de irregularidade jurídica. Também se concentra no crédito rural rastreável nas bases utilizadas, não captando com a mesma precisão fluxos privados, híbridos ou externos ao circuito mais visível do financiamento agropecuário. Além disso, a análise empírica considera predominantemente a gleba financiada como unidade central, embora parte do risco ambiental possa estar

associada ao imóvel rural como um todo. Estudos futuros podem avançar na análise dos fluxos privados de financiamento, na avaliação de instrumentos específicos de crédito sustentável, na comparação entre instituições financeiras e na investigação dos efeitos do monitoramento durante a vigência das operações.

Em síntese, os resultados indicam que o financiamento bancário da agropecuária brasileira avançou na incorporação formal da sustentabilidade, mas ainda não alterou de forma suficiente padrões de alocação que mantêm exposição a riscos socioambientais e climáticos. O avanço dependerá da capacidade de alinhar crédito, risco, território e desempenho ambiental. É esse deslocamento que definirá se a sustentabilidade permanecerá como camada adicional de controle ou se passará a orientar, de forma mais consistente, a alocação do financiamento agropecuário brasileiro.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, F. J. G.; BACHA, C. J. C. Evolução do crédito rural no Brasil de 1969 a 2023. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 29, p. 1-30, 2025.
- ANAS, M. et al. Moving towards sustainable environment development in emerging economies: The role of green finance, financial- and social-globalization. *Sustainable Development*, 2023.
- ASSUNÇÃO, J. et al. The effect of rural credit on deforestation: evidence from the Brazilian Amazon. *The Economic Journal*, v. 130, n. 626, p. 290-330, 2019.
- BALOGH, J. M.; JÁMBOR, A. The environmental impacts of agricultural trade: a systematic literature review. *Sustainability*, v. 12, n. 3, p. 1152, 2020.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução BCB nº 139, de 15 de setembro de 2021. Dispõe sobre a divulgação do Relatório de Riscos e Oportunidades Sociais, Ambientais e Climáticas (Relatório GRSAC).
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução BCB nº 140, de 15 de setembro de 2021. Dispõe sobre a criação da Seção 9 (Impedimentos Sociais, Ambientais e Climáticos) no Manual de Crédito Rural (MCR).
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 4.945, de 15 de setembro de 2021. Dispõe sobre a Política de Responsabilidade Social, Ambiental e Climática (PRSAC).
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 5.193, de 19 de dezembro de 2024. Altera normas da Seção 9 do MCR e revoga a Resolução CMN nº 5.081/2023.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Resolução CMN nº 5.268, de 18 de dezembro de 2025. Altera normas da Seção 9 do MCR (trechos sobre verificação PRODES e cláusulas contratuais).
- BANCO DO BRASIL. Relatório de Gerenciamento de Riscos e Oportunidades Sociais, Ambientais e Climáticos (GRSAC). 2024. Brasília. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/5760dff3-15e1-4962-9e81-322a0b3d0bbd/6bf16f77-395c-0dac-fdcf-29f7380ee0a3>. Acesso em: 8 mar. 2026.
- BARKER, M.; PISAC, A. Greening the financial system: a comparison of international initiatives. 2021.
- BASTOS, C. M. C. B. et al. Neglect paves the way for dispossession: the politics of resource frontiers, land grabbing and social exclusion. *World Development*, 2021.
- BATRANCEA, I. et al. Greening the Financial System in USA, Canada and Brazil: A Panel Data Analysis. *Mathematics*, v. 8, n. 12, p. 2217, 2020.
- BAYLIS, K.; HECKELEI, T.; HERTEL, T. W. Agricultural Trade and Environmental Sustainability. *Annual Review of Resource Economics*, v. 13, p. 379–401, 2021.
- BEUCHELT, T. D.; SCHNEIDER, R.; GAMBA, L. Integrating the Right to Food in

Sustainability Standards: A Theory of Change to Move Global Supply Chains from Responsibilities to Impacts. *Applied Economic Perspectives and Policy*, v. 44, n. 4, p. 1864–1889, 2022.

BORGES, M. J.; PARRÉ, J. L. O impacto do crédito rural no produto agropecuário brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, n. 2, e230521, 2022.

BORGES, R. P. et al. Assessment of rural credit in the Brazilian Amazon: role of the Northern Constitutional Financing Fund in rural development. *Journal of Financial Economic Policy*, v. 17, n. 5, p. 680-698, 2025.

BRASIL. Lei nº 4.829, de 5 de novembro de 1965. Institucionaliza o crédito rural. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4829.htm>. Acesso em: 28 set. 2025.

BREILING, M. Global rural value chains and the role of natural disasters in their transformation. *Journal of Social and Economic Development*, v. 23, n. S3, p. S540–S567, 2021.

BRÜHL, V. The Green Asset Ratio (GAR): a new key performance indicator for credit institutions. *Eurasian Economic Review*, v. 13, p. 57-83, 2023.

CARAUTA, M. et al. Can preferential credit programs speed up the adoption of low-carbon agricultural systems in Mato Grosso, Brazil? Results from bioeconomic microsimulation. *Regional Environmental Change*, v. 18, p. 117-128, 2018.

CIMINI, C. S. Food systems sustainability and the SDGs: A review of the literature. *Food Policy*, v. 103, 102113, 2021.

CLAPP, J. et al. Viewpoint: The case for a six-dimensional food security framework. *Food Policy*, 2021

CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL. Resolução CMN nº 3.545, de 29 de fevereiro de 2008. Altera o MCR 2-1 para estabelecer exigência de documentação comprobatória de regularidade ambiental e outras condicionantes para fins de financiamento agropecuário no Bioma Amazônia. Brasília, DF: Banco Central do Brasil, 2008.

CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL. Resolução CMN nº 5.081, de 29 de junho de 2023. Brasília, DF: Banco Central do Brasil.

DE MARCHI, V.; DI MARIA, E.; PONTE, S. Environmental upgrading and downgrading in global value chains: a framework for analysis. *Economic Geography*, 2022.

FARIA, W. R. et al. The relationship between rural credit policy and deforestation: evidence from Brazil. *Environmental Economics and Policy Studies*, v. 27, p. 231-263, 2024.

FUEST, C.; MEIER, V. Green Finance and the EU-Taxonomy for Sustainable Activities: Why Using More Direct Environmental Policy Tools Is Preferable. *Economists' Voice*, v. 19, n. 2, p. 261-266, 2022.

FUGLIE, K.; RAY, S.; BALDOS, U. L. C.; HERTEL, T. W. The R&D cost of climate mitigation in agriculture. *Applied Economic Perspectives and Policy*, v. 44, n. 4, p. 1955–1974, 2022.

GALLARDO, R. K. The Environmental Impacts of Agriculture: A Review. *International Review of Environmental and Resource Economics*, v. 18, p. 165–235, 2024.

GIANETTI, G. W.; FERREIRA FILHO, J. B. S. O Plano e Programa ABC: uma análise da alocação dos recursos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 59, n. 1, e216524, 2021.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p

GOODLAND, R. Environmental sustainability in agriculture: diet matters. *Ecological Economics*, v. 23, p. 189–200, 1997.

HAIR JR., J. F. et al. Fundamentos de métodos de pesquisa em administração. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HANNAH, L. et al. The environmental consequences of climate-driven agricultural frontiers. *PLoS ONE*, 2020

HERTEL, T. W. Economic Analysis of Global and Local Policies for Respecting Planetary Boundaries. *Agricultural Economics*, v. 56, p. 336–348, 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Nota técnica: Estimativa PRODES Amazônia 2025 (01/08/2024 a 31/07/2025).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Nota técnica: PRODES Cerrado 2025 (01/08/2024 a 31/07/2025).

JWAIDEH, M; DALIN, C. Environmental sustainability of crop production and PLANTdex. *Nature Sustainability*, 2025

LAZARETTI, L. R.; SAMBUICHI, R. H. R. Crédito rural e desmatamento: novas evidências usando as informações do MapBiomass. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, n. 35, edição especial COP30, p. 54–62, 2025.

LEE, J. W. Green Finance and Sustainable Development Goals: The Case of China. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, v. 7, n. 7, p. 577–586, 2020.

LEITE, F. N. S.; CASTRO, E. R.; TATEISHI, H. R. Regional impacts of rural credit and rural insurance policies on crop area and productivity: evidence from São Paulo state, Brazil (2008 and 2017). *Agricultural Finance Review*, v. 83, n. 2, p. 352–374, 2023.

LOPES, G. R.; LIMA, M. G. B.; REIS, T. N. P. Maldevelopment revisited: Inclusiveness and social impacts of soy expansion over Brazil's Cerrado in Matopiba. *World Development*, v. 139, 105316, 2021.

LOPEZ BARRERA, E.; HERTEL, T. Global food waste across the income spectrum: Implications for food prices, production and resource use. *Food Policy*, v. 98, 101874, 2021.

MAPBIOMAS. Monitor do Crédito Rural: Destaques (versão 20.12.2024). Plataforma: plataforma.credit rural.mapbiomas.org. Dados obtidos em 16/10/2024.

MARIANO, A. M., & ROCHA, M. S. Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora. In AEDM International Conference—Economy, Business and Uncertainty: Ideas for a European and Mediterranean industrial policy. Reggio Calabria (Italia), 2017.

MARTINELLI, G. do C.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P.; VOGEL, E.; RUVIARO, C. F. Environmental performance of agroforestry systems in the Cerrado biome, Brazil. *World Development*, v. 122, p. 339-348, 2019.

MEEMKEN, E.-M.; QAIM, M. Organic Agriculture, Food Security, and the Environment. *Annual Review of Resource Economics*, v. 10, p. 39–63, 2018.

MENDELSON, R.; DINAR, A. Climate Change, Agriculture, and Developing Countries: Does Adaptation Matter? *The World Bank Research Observer*, v. 14, n. 2, p. 277–293, 1999.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (Mapa). Plano ABC (2010-2020) 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/plano-abc/historico>. Data de acesso: 09 de dezembro de 2025.

MOSCONA, J.; SASTRY, K. A. Does directed innovation mitigate climate damage? Evidence from U.S. agriculture. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 138, n. 2, p. 637–701, 2023.

MOURÃO, J.; STUSSI, M.; SOUZA, P. CAR a CAR: a relação entre o crédito rural subsidiado e o desmatamento. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2024.

NASCIMENTO, D. H. et al. Rural credit and agricultural production: empirical evidence from Brazil. *International Journal of Finance & Economics*, 2022.

NEVES, M. C. R. et al. Does access to rural credit help decrease income inequality in Brazil? *Journal of Agricultural and Applied Economics*, v. 52, n. 3, p. 440-460, 2020.

NOGUEIRA, J. M.; NOGUEIRA JR, J. M. Políticas Públicas para o Setor Financeiro que promovam a Conservação do Capital Natural no Setor Agropecuário: Brasil, da Rio92 à Rio+20 com uma Visão Prospectiva da Rio+50. Programa Água Brasil, 2014.

OLIVEIRA, W.; COSER, G.; MOURA, C. M. de; SOUZA, P. Brazilian Sustainable Taxonomy: Inputs for Classifying Land Use Activities. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2024.

PARREIRA, A.; PERIN, G. Sustainability for Finance? Situating Green Bonds in the Assetization of Brazilian Agribusiness. *Journal of Agrarian Change*, 2025.

PAULA, L. F. de; OREIRO, J. L.; BASILIO, F. A. C. Estrutura do setor bancário e o ciclo recente de expansão do crédito: papel dos bancos públicos federais. *Nova Economia*, v. 23, n. 3, p. 473-520, 2013.

PAULA, Luiz Fernando de; RACCICHINI, Thiago; BASTOS, Pedro Paulo Zahluth. Financiamento, incerteza e transição verde: o papel do Estado e dos bancos de desenvolvimento. *Cadernos do Desenvolvimento*, v. 18, n. 35, p. 15-54, maio-ago. 2023.

PINILLOS, D. et al. Landholders' perceptions on legal reserves and forest conservation in the Brazilian Amazon. *Environmental Science and Policy*, 2020.

PORENTA, J. et al. ESG risks in banking credit risk: evidence and regulatory challenges. *Journal of Banking and Finance*, 2025.

ROCHA, G. A. P.; OZAKI, V. A. Crédito rural: histórico e panorama atual. *Revista de Política Agrícola*, ano XXIX, n. 4, p. 6-31, 2020.

SAVIANO, M. et al. The challenges in integrating ESG factors into banks' credit department: a knowledge management enhanced framework. *Journal of Knowledge Management*, v. 28, n. 8, p. 2460-2481, 2024.

SOUSA, S. B. de; FERREIRA JUNIOR, L. G.; MIZIARA, F.; MORAIS, H. A. de. Crédito Rural no Brasil: evolução e distribuição espacial (1969–2016). *Confins*, n. 45, 2020.

SOUZA, P.; STUSSI, M.; MOURÃO, J.; OLIVEIRA, W. CAR a CAR: As Instituições Financeiras e o Crédito para Propriedades com Desmatamento. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2024.

STEUER, S.; TRÖGER, T. H. The Role of Disclosure in Green Finance. *Journal of Financial Regulation*, v. 8, p. 1-50, 2022.

THE EQUATOR PRINCIPLES ASSOCIATION. Os Princípios do Equador: EP4. Julho de 2020. Disponível em: https://equator-principles.com/app/uploads/EP4_Portuguese.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Human cost of disasters: an overview of the last 20 years, 2000-2019. Geneva: UNDRR, 2020.

WEI, Y.; WANG, Y.; VIGNE, S. A.; MA, Z. Alarming contagion effects: The dangerous ripple effect of extreme price spillovers across crude oil, carbon emission allowance, and agriculture futures markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, v. 88, 101821, 2023.

WEINZETTEL, J. et al. Environmental footprints of agriculture and international trade. *Ecological Economics*, 2013.

WEINZETTEL, J. et al. International trade of global scarce water use in agriculture. *Ecological Economics*, 2019.

APÊNDICE

Resultados Estatísticos (Base por Operação / SICOR + Alertas)

Este apêndice consolida resultados estatísticos calculados no nível de operação (op_id = REF_BACEN_EFETIVO | CD_CAR), após agregação de múltiplas interseções/alertas por operação.

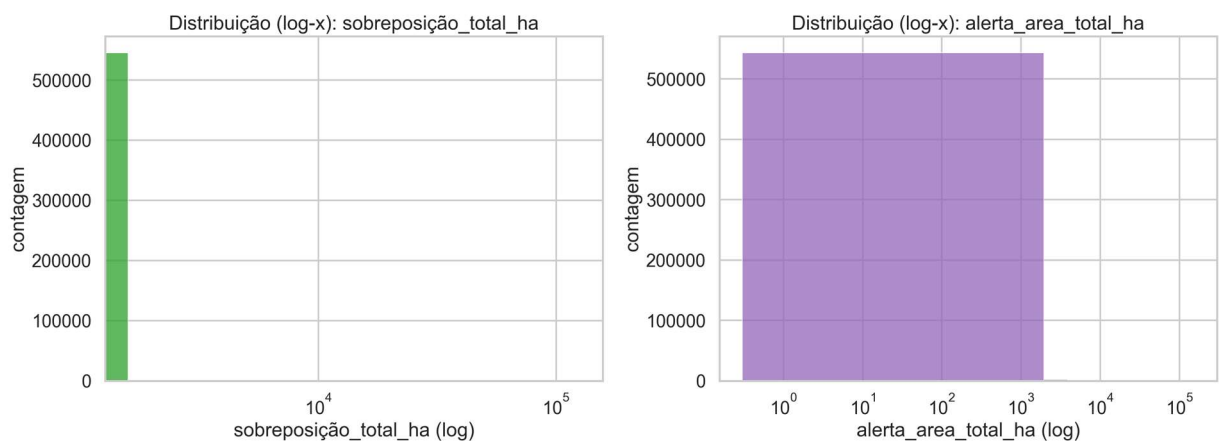
A interpretação é descritiva e associativa (não implica causalidade).

A. Estrutura da base e estatística descritiva

Nº de operações (op_id únicos): 547.912

Sobreposição total (ha): 26.018.320,81

Figura A1 — Distribuições (log-x): sobreposição_total_ha e alerta_area_total_ha.



Distribuições são assimétricas; por isso, mediana e percentis (p90/p95/p99) são mais informativos que a média.

B. Concentração e desigualdade (Pareto + Gini)

Gini(sobreposicao_total_ha): 0.9192

Share Top 1%: 53,4% | Top 5%: 80,6% | Top 10%: 89,0%

Pareto: operações para 50%=4.517 (0,82%), 80%=26.293 (4,80%), 90%=61.072 (11,15%), 95%=112.949 (20,61%).

Figura A2 — Curva de Pareto: concentração da sobreposição total por operação.

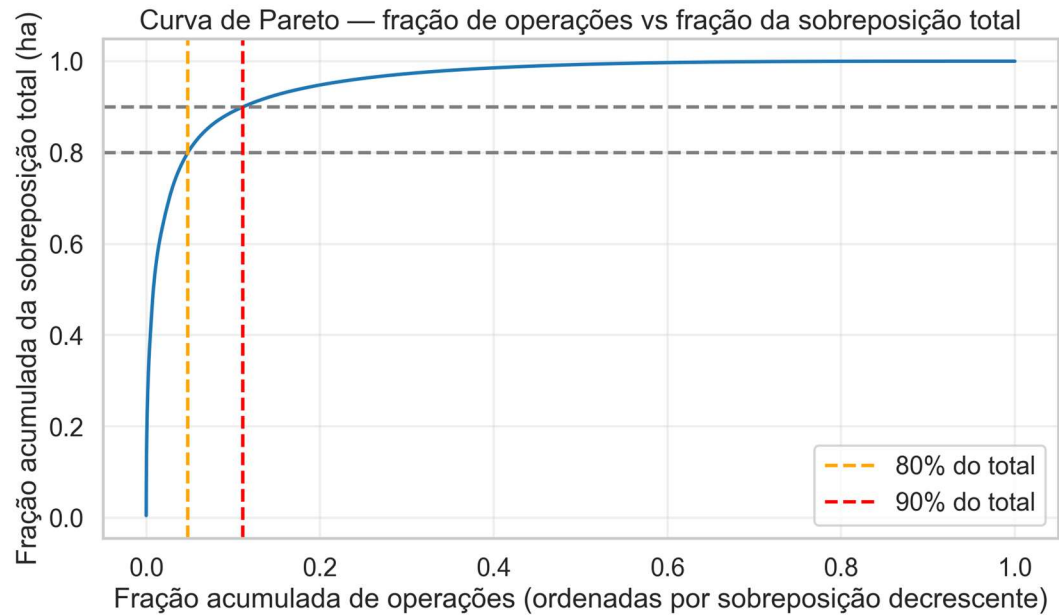
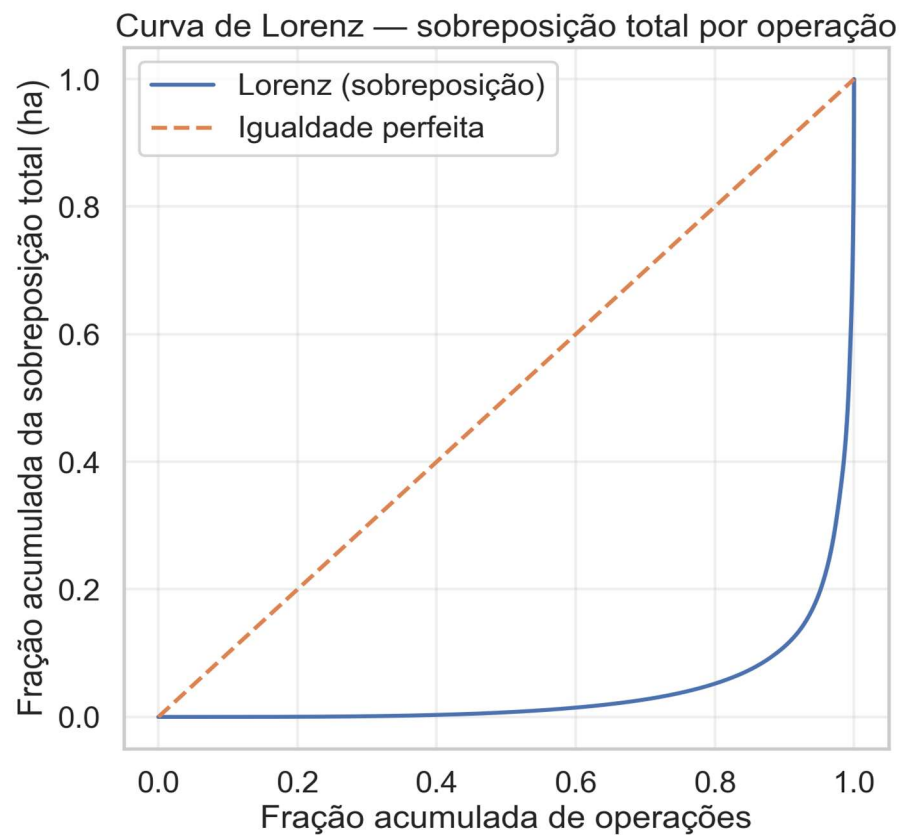


Figura A3 — Curva de Lorenz: desigualdade na distribuição da sobreposição total por operação.

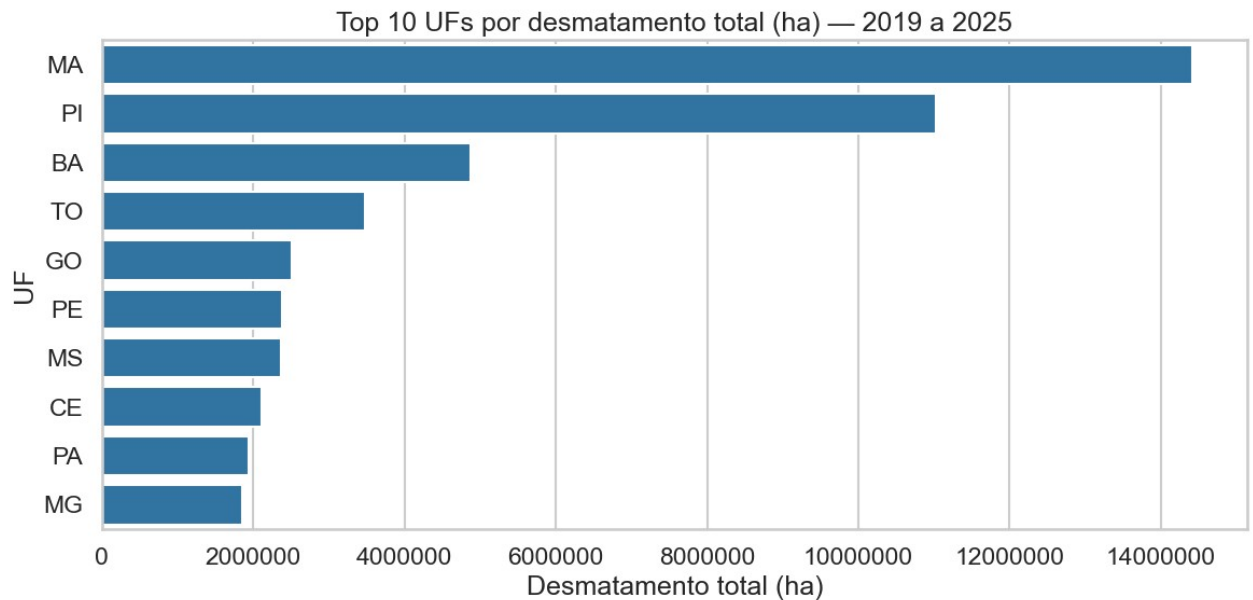


Interpretação: uma fração muito pequena de operações concentra grande parte da materialidade (cauda longa).

C. Concentração espacial (UF)

HHI (participação por UF na sobreposição total): 0.1041

Figura A4 — Barras (Top 10 UFs) da participação (%) na sobreposição total



HHI moderado indica concentração relevante, porém não monopolizada; alguns estados lideram a participação agregada.

D. Comparações por BIOMA e por FONTE (diferença de distribuições)

Kruskal-Wallis (BIOMA): $\text{stat}=40372.11$, $p \approx 0$

Kruskal-Wallis (FONTE_PRINCIPAL): $\text{stat}=30283.63$, $p \approx 0$

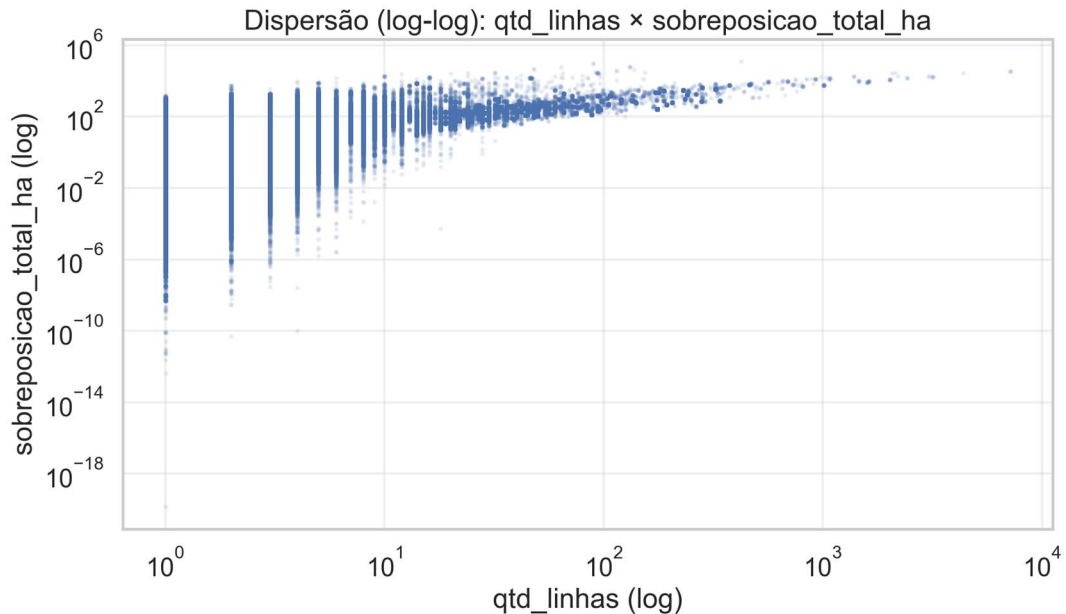
Interpretação: diferenças estatisticamente significativas entre distribuições de sobreposicao_total_ha por bioma e por fonte.

E. Outliers (cauda superior)

Corte p99,5: 1.496,68 ha | Corte p99,9: 4.248,45 há

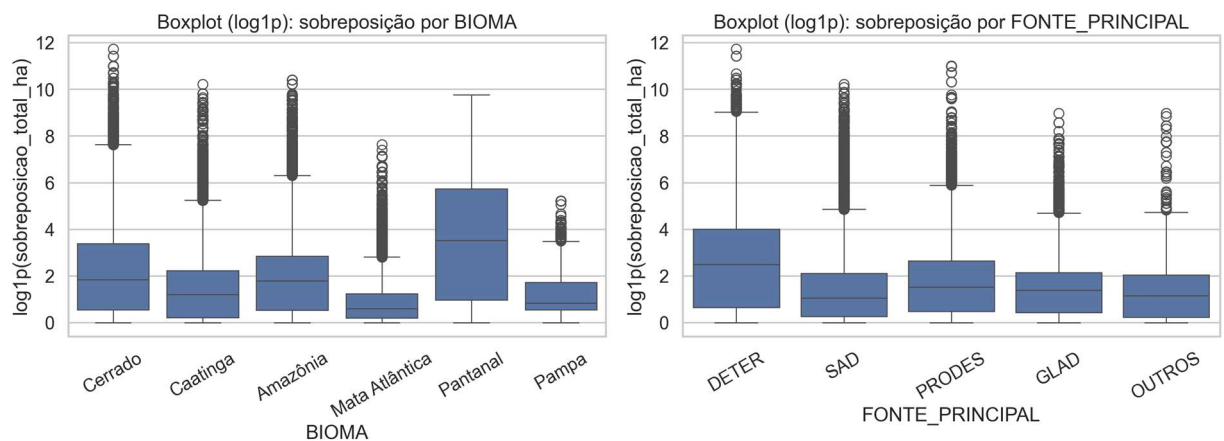
Os outliers representam operações com sobreposição excepcionalmente alta e explicam parte importante da concentração.

Figura A5 — Dispersão (log-log): qtd_linhas × sobreposicao_total_ha (materialidade vs fragmentação).



A Figura A5 relaciona a quantidade de registros/interseções agregadas por operação (qtd_linhas) com a área total de sobreposição (sobreposicao_total_ha). Observa-se padrão de cauda longa: a maior parte das operações concentra-se em baixos valores de materialidade e baixa contagem de registros, enquanto um subconjunto reduzido ocupa a região superior direita do gráfico, combinando alta recorrência/fragmentação e alta materialidade. Essa estrutura reforça que os outliers identificados pelos cortes p99,5 e p99,9 representam casos com potencial explicação desproporcional do total agregado e, portanto, candidatos naturais a inspeção individual e priorização operacional.”

Figura A6 — Boxplots (log1p): distribuição da sobreposição por BIOMA e por FONTE_PRINCIPAL.



A Figura A6 evidencia heterogeneidade distributiva por bioma e por fonte principal. Em termos de bioma, observa-se variação relevante na mediana e na dispersão, com

destaque para maior intensidade por operação no Pantanal e maior massa e cauda no Cerrado. Em termos de fonte, DETER apresenta distribuição com mediana superior, enquanto SAD concentra maior volume de casos pequenos, mantendo cauda superior significativa. Tais diferenças devem ser interpretadas como heterogeneidade estatística (associação), coerente com os testes não paramétricos reportados, sem inferência causal.

Tabela de recorrência de municípios

município	cod_estado	anos_no_top20	area_total_top20_ha	alertas_total_top20
Urucui	PI	7	47950,40498	203
Balsas	MA	6	53628,05523	492
Baixa Grande do Ribeiro	PI	6	46339,71006	256
Corumba	MS	6	30340,60206	269
Pacaja	PA	5	35109,03614	3232
Xapuri	AC	5	33214,09458	6903
Sao Desiderio	BA	5	28968,50307	181
Sebastiao Leal	PI	4	29113,773	56
Formosa do Rio Preto	BA	4	23885,6213	155
Porto Velho	RO	4	21476,44355	1947
Correntina	BA	4	15964,81185	152
Jaborandi	BA	4	13580,52182	115
Porto Murtinho	MS	4	12455,11798	164
Mirador	MA	3	22360,25714	257
Currais	PI	3	19897,21323	88
Aquidauana	MS	3	14027,35359	121
Sao Felix do Xingu	PA	3	12821,26395	964
Caxias	MA	3	11576,07165	236
Pamarama	MA	3	10468,14663	259
Parana	TO	3	9207,828913	75
Grajaú	MA	3	8977,529682	298
Riachão	MA	3	7431,587391	197
Tasso Fragoso	MA	2	12621,6256	121
Barreiras	BA	2	12486,71825	54
Afonso Cunha	MA	2	11306,63561	15
Mojui dos Campos	PA	2	8213,733838	563
Codo	MA	2	8082,375563	202
Riachão das Neves	BA	2	8008,23125	71
Santa Rita de Cassia	BA	2	7640,672913	202
Rio Sono	TO	2	7618,624308	87
Pastos Bons	MA	2	7052,827472	70
Senador Jose Porfirio	PA	2	6661,204692	877
Florianópolis	PI	2	6215,644136	7
Carolina	MA	2	5144,946546	23
Alto Parnaíba	MA	1	16699,024	57
Pium	TO	1	7382,522034	43
Cocos	BA	1	5540,265125	16

Cotegipe	BA	1	4976,337782	21
Sao Felix de Balsas	MA	1	4591,966187	15
Nova Mamore	RO	1	4137,58333	294
Pamagua	PI	1	3527,677764	66
Riacho Frio	PI	1	3460,519478	22
Sao Joao do Soter	MA	1	3426,829363	116
Palmeira do Piaui	PI	1	3257,883187	21
Nova Mutum	MT	1	2884,967037	7
Urbano Santos	MA	1	2578,607107	27
Tuntum	MA	1	2568,324843	44
Sena Madureira	AC	1	2567,645985	439
Machadinho D'Oeste	RO	1	2416,356805	186
Santa Rita do Tocantins	TO	1	2406,528892	32
Sandolandia	TO	1	2361,087141	9
Mateiros	TO	1	2300,143998	4
Formoso do Araguaia	TO	1	2052,610503	32
Cristalândia	TO	1	1873,31197	9
Lagoa do Mato	MA	1	1843,209568	21
Bom Jesus	PI	1	1608,629993	9
Agua Clara	MS	1	1323,340036	4
Sao Joao dos Patos	MA	1	1189,238372	21
Ribeiro Goncalves	PI	1	1111,313301	7

Top 20 municípios por ano/área com alerta de desmatamento

anodetec	municipio	cod_estado	area_desmatada	qtd_alertas	anodetec	municipio	cod_estado	area_desmatada	qtd_alertas	anodetec	municipio	cod_estado	area_desmatada	qtd_alertas	anodetec	municipio	cod_estado	area_desmatada	qtd_alertas
2019	Formosa do Rio Preto	BA	9.285	44	2020	Balsas	MA	12.592	109	2021	Pacajá	PA	8.192	738	2022	Uruçuí	PI	17.579	29
2019	Xapuri	AC	6.960	1272	2020	Tasso Fragoso	MA	9.001	71	2021	Xapuri	AC	7.673	1467	2022	Balsas	MA	14.505	44
2019	Pacajá	PA	5.938	622	2020	Pacajá	PA	8.987	902	2021	Balsas	MA	6.099	62	2022	Sebastião Leão	PI	13.418	19
2019	Porto Velho	RO	4.594	421	2020	Mirador	MA	7.547	78	2021	Formosa do Rio Preto	BA	5.909	41	2022	Baixa Grande do Ribeiro	PI	12.238	23
2019	Nova Mamore	RO	4.138	294	2020	Xapuri	AC	7.005	1814	2021	Porto Velho	RO	5.596	559	2022	São Desidério	BA	10.607	43
2019	São Felix do Piauí	PA	3.744	285	2020	Uruçuí	PI	6.781	34	2021	Cocos	BA	5.540	16	2022	Currais	PI	9.818	31
2019	Balsas	MA	3.582	46	2020	Porto Velho	RO	6.283	503	2021	Nono Cunha	MA	5.521	6	2022	Pacajá	PA	9.455	665
2019	Uruçuí	PI	3.412	12	2020	Currais	PI	5.824	48	2021	Aquidauana	MS	4.969	38	2022	Xapuri	AC	9.262	1600
2019	Baixa Grande do Ribeiro	PI	2.976	27	2020	São Felix do Piauí	PA	4.869	366	2021	Pamorama	MA	4.557	69	2022	Correntina	BA	6.150	25
2019	Nova Mutum	MT	2.885	7	2020	Pastos Bons	MA	4.778	45	2021	Jaborandi	BA	4.516	28	2022	Nono Cunha	MA	5.786	9
2019	Tuntum	MA	2.568	44	2020	São Desidério	BA	4.773	34	2021	Uruçuí	PI	4.491	27	2022	Barreiras	BA	5.539	20
2019	Sena Madureira	AC	2.568	439	2020	São Felix de Elzevir	MA	4.592	15	2021	Sebastião Leão	PI	4.428	11	2022	Porto Velho	RO	5.004	464
2019	Machadinho	RO	2.416	186	2020	Formosa do Rio Preto	BA	4.480	30	2021	Currais	PI	4.256	9	2022	Mojui dos Carvalhos	PA	4.471	284
2019	Santa Rita do Tocantins	TO	2.407	32	2020	Aquidauana	MS	3.884	33	2021	São Felix do Piauí	PA	4.208	313	2022	Carolina	MA	3.929	12
2019	Porto Murinho	MS	2.394	35	2020	Baixa Grande do Ribeiro	PI	3.706	76	2021	Caxias	MA	3.776	61	2022	Jaborandi	BA	3.862	26
2019	Jaborandi	BA	2.234	21	2020	Pamorama	MA	3.599	147	2021	Codo	MA	3.758	74	2022	Corumbá	MS	3.575	43
2019	São Desidério	BA	2.119	17	2020	São Joao do Soter	MA	3.427	116	2021	Mojui dos Carvalhos	PA	3.743	279	2022	Riacho Frio	PI	3.461	22
2019	Corumbá	MS	2.085	31	2020	Riachão	MA	3.345	118	2021	Corumbá	MS	3.698	42	2022	Senador José Bonifácio	PA	3.378	410
2019	Formoso do Araguaia	TO	2.053	32	2020	Senador José Bonifácio	PA	3.283	467	2021	Tasso Fragoso	MA	3.621	50	2022	Palmeira do Piauí	PI	3.258	21
2019	Parana	TO	2.052	29	2020	Jaborandi	BA	2.968	40	2021	Pamagua	PI	3.528	66					

anodetec	municipio	cod_estado	area_desmatada	qtd_alertas	anodetec	municipio	cod_estado	area_desmatada	qtd_alertas	anodetec	municipio	cod_estado	area_desmatada	qtd_alertas
2023	Alto Parnaíba	MA	16.699	57	2024	Baixa Grande do Ribeiro	PI	7885,20156	37	2025	Baixa Grande do Ribeiro	PI	9.662	7
2023	Corumbá	MS	13.336	91	2024	Sebastião Leão	PI	7628,43751	17	2025	Uruçuí	PI	6.539	15
2023	Balsas	MA	12.345	171	2024	Corumbá	MS	6265,37149	44	2025	Sebastião Leão	PI	3.640	9
2023	Mirador	MA	10.372	92	2024	Parana	TO	5797,53034	34	2025	Florião	PI	2.878	3
2023	São Desidério	BA	10.291	76	2024	Balsas	MA	4504,51599	60	2025	Sandolandia	TO	2.361	9
2023	Baixa Grande do Ribeiro	PI	9.872	86	2024	Mirador	MA	4441,13873	87	2025	Cristalândia	TO	1.873	9
2023	Pium	TO	7.383	43	2024	Porto Murinho	MS	3827,41541	44	2025	Lagoa do Mato	MA	1.843	21
2023	Barreiras	BA	6.948	34	2024	Caxias	MA	3520,98653	66	2025	Porto Murinho	MS	1.822	25
2023	Uruçuí	PI	6.795	70	2024	Grajaú	MA	3346,76286	89	2025	Bom Jesus	PI	1.609	9
2023	Rio Sono	TO	6.090	73	2024	Florião	PI	3337,19835	4	2025	Rio Sono	TO	1.529	14
2023	Correntina	BA	6.077	69	2024	Santa Rita de Cássia	BA	3001,32225	82	2025	Corumbá	MS	1.382	18
2023	Aquidauana	MS	5.185	50	2024	Riachão	MA	2722,93504	61	2025	Riachão	MA	1.364	18
2023	Cotegipe	BA	4.976	21	2024	Urbano Santos	MA	2578,60711	27	2025	Parana	TO	1.358	12
2023	Santa Rita de Cássia	BA	4.639	120	2024	Correntina	BA	2549,73277	46	2025	Agua Clara	MS	1.323	4
2023	Riachão das Neves	BA	4.480	51	2024	Pacajá	PA	2537,30223	305	2025	Grajaú	MA	1.288	42
2023	Porto Murinho	MS	4.412	60	2024	Uruçuí	PI	2353,38587	16	2025	Carolina	MA	1.216	11
2023	Grajaú	MA	4.343	167	2024	Xapuri	AC	2313,61222	750	2025	São Joao dos Patos	MA	1.189	21
2023	Codo	MA	4.324	128	2024	Pamorama	MA	2312,80067	43	2025	Correntina	BA	1.188	12
2023	Caxias	MA	4.279	119	2024	Mateiros	TO	2300,144	4	2025	São Desidério	BA	1.178	11
2023	Formosa do Rio Preto	BA	4.211	40	2024	Pastos Bons	MA	2274,43518	25	2025	Ribeiro Gonçalves	PI	1.111	7