



Infraestrutura de transporte e agricultura de baixo carbono no Brasil: desafios e perspectivas do modal ferroviário

Transport infrastructure and low-carbon agriculture in Brazil: challenges and perspectives of railway transport

Infraestructura de transporte y agricultura de bajo carbono en Brasil: desafíos y perspectivas del transporte ferroviario

 **Luciano Rezende Moreira** E-mail: luciano.agronomia@gmail.com

 Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), Brasil

 **Elizabeth Vieira Mouhamad Abou** E-mail: elizabeth.abou@estudante.ifb.edu.br

 **Sheila Lopes da Silva** E-mail: sheila.silva1@estudante.ifb.edu.br



Resumo: O Brasil enfrenta uma crescente tensão entre a expansão da produção agropecuária e a necessidade de mitigação das emissões de gases de efeito estufa [GEE]. Nesse contexto, a Agricultura de Baixo Carbono [ABC] consolida-se como estratégia central de sustentabilidade. Contudo, as políticas públicas voltadas ao tema concentram-se predominantemente nas práticas produtivas no interior das propriedades rurais, negligenciando etapas fundamentais da cadeia agropecuária, como a infraestrutura de transporte. Este artigo analisa o papel da infraestrutura de transporte na consolidação de uma agricultura de baixo carbono no Brasil, com ênfase no potencial do modal ferroviário. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório, baseada em literatura especializada e documentos institucionais. Os resultados indicam que a predominância do modal rodoviário eleva custos logísticos, amplia perdas de carga e intensifica as emissões de GEE, enquanto o transporte ferroviário apresenta maior eficiência energética e menor impacto ambiental. Conclui-se que a incorporação da infraestrutura logística nas políticas de sustentabilidade é condição necessária para a efetividade do Plano ABC, exigindo maior coordenação estatal e planejamento de longo prazo.

Palavras-chave: agricultura de baixo carbono; infraestrutura de transporte; logística; emissões de GEE; ferrovias.

Abstract: Brazil faces a growing tension between the expansion of agricultural production and the need to mitigate greenhouse gas [GHG] emissions. In this context, Low Carbon Agriculture [LCA] has emerged as a central sustainability strategy. However, public policies have mainly focused on on-farm practices, neglecting key stages of the agricultural supply chain, such as transport infrastructure. This article analyzes the role of transport infrastructure in promoting low-carbon agriculture in Brazil, with emphasis on the railway sector. This is an exploratory bibliographic study based on specialized literature and institutional reports. The results indicate that the predominance of road transport increases logistical costs, intensifies losses, and contributes significantly to GHG emissions, while rail transport presents higher energy efficiency and lower environmental impact. The study concludes that integrating logistics infrastructure into sustainability policies is essential for the effectiveness of the ABC Plan, requiring stronger state coordination and long-term planning.

Keywords: low carbon agriculture; transport infrastructure; logistics; GHG emissions; railways.

Resumen: Brasil enfrenta una creciente tensión entre la expansión de la producción agropecuaria y la necesidad de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero [GEI]. En este contexto, la Agricultura de Bajo Carbono [ABC] se consolida como una estrategia central de sostenibilidad. Sin embargo, las políticas públicas orientadas a este tema se concentran predominantemente en las prácticas productivas dentro de las propiedades rurales, descuidando etapas fundamentales de la cadena agropecuaria, como la infraestructura de transporte. Este artículo analiza el papel de la infraestructura de transporte en la consolidación de una agricultura de bajo carbono en Brasil, con énfasis en el potencial del modo ferroviario. Se trata de una investigación bibliográfica de carácter exploratorio, basada en literatura especializada y documentos institucionales. Los resultados indican que el predominio del modo carretero eleva los costos logísticos, amplía las pérdidas de carga e intensifica las emisiones de GEI, mientras que el transporte ferroviario presenta una mayor eficiencia energética y un menor impacto ambiental. Se concluye que la incorporación de la infraestructura logística en las políticas de sostenibilidad es una condición necesaria para la efectividad del Plan ABC, lo que exige una mayor coordinación estatal y una planificación a largo plazo.

Palabras clave: agricultura de bajo carbono; infraestructura de transporte; logística; emisiones de GEI; ferrocarriles.

Introdução

A intensificação das mudanças climáticas tem reconfigurado de maneira profunda os sistemas agroalimentares globais, impondo desafios simultâneos de mitigação de emissões, adaptação produtiva e garantia de segurança alimentar. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, os setores de agricultura, florestas e uso da terra respondem por uma parcela expressiva das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), ao mesmo tempo que figuram entre os setores mais vulneráveis aos impactos climáticos (IPCC, 2021).

Neste contexto, a transição para modelos produtivos de baixo carbono consolidou-se como um eixo central das estratégias contemporâneas de desenvolvimento.

A literatura recente tem enfatizado que essa transição não se limita à adoção de tecnologias mais eficientes no interior das unidades produtivas, mas envolve transformações estruturais nos sistemas agroalimentares como um todo. Isso inclui mudanças nos padrões de produção, circulação e consumo, bem como na infraestrutura que sustenta esses fluxos.

Sob essa perspectiva, a sustentabilidade da agropecuária deve ser compreendida a partir de uma visão integrada das cadeias produtivas, considerando o conjunto de atividades interdependentes responsáveis pela geração, movimentação e distribuição de bens. A literatura recente destaca que a infraestrutura constitui um elemento estratégico para o desempenho econômico e ambiental dessas cadeias, influenciando simultaneamente a eficiência logística e a intensidade das emissões de gases de efeito estufa (Thacker *et al.*, 2019). Além disso, estudos sobre sistemas agroalimentares evidenciam que parcela significativa das emissões está associada às etapas posteriores à produção, como transporte, processamento e distribuição, reforçando a necessidade de abordagens sistêmicas para a análise da sustentabilidade (Crippa *et al.*, 2021; FAO, 2022).

No caso brasileiro, tais desafios assumem particular relevância. O país ocupa posição de destaque no sistema agroalimentar internacional, figurando entre os maiores produtores e exportadores de *commodities* agrícolas, ao mesmo tempo que abriga ativos ambientais estratégicos em escala global. Essa dupla condição intensifica as pressões por modelos produtivos capazes de conciliar competitividade econômica e sustentabilidade ambiental em um cenário de crescente exigência por cadeias produtivas de baixo carbono (Perosa, 2024).

Em resposta a esse contexto, o Estado brasileiro instituiu 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), que se consolidou como o principal instrumento de política pública voltado à descarbonização da agropecuária. O Plano prioriza a difusão de tecnologias e práticas produtivas sustentáveis, com foco na redução da intensidade de emissões no interior das propriedades rurais (Brasil, 2012).

Apesar de seus avanços, a literatura aponta que essa abordagem apresenta limitações importantes, sobretudo por concentrar-se no espaço produtivo imediato. Tal enfoque tende a desconsiderar que as emissões associadas aos sistemas agroalimentares não se restringem às atividades desenvolvidas no interior das propriedades rurais, mas também se distribuem ao longo das atividades de circulação, armazenamento e distribuição (Crippa *et al.*, 2021; FAO, 2022). Nesse sentido, a sustentabilidade do setor não pode ser plenamente compreendida sem a incorporação da dimensão logística, que permanece relativamente pouco explorada no debate sobre agricultura de baixo carbono.

Essa lacuna se torna particularmente evidente no contexto brasileiro, cuja matriz de transporte permanece fortemente concentrada no modal rodoviário, principal responsável pela movimentação de cargas no país (Brasil, 2021). Caracterizado por elevada intensidade de emissões e menor eficiência em operações de longa distância, esse modelo limita a efetividade

das estratégias de mitigação climática, uma vez que parte das emissões associadas ao sistema agroalimentar é gerada nas atividades logísticas, reduzindo os ganhos ambientais obtidos exclusivamente com a adoção de práticas produtivas de baixo carbono.

Diante deste quadro, o presente artigo parte da seguinte questão de pesquisa: em que medida a configuração da infraestrutura de transporte no Brasil limita a efetividade sistêmica das políticas de agricultura de baixo carbono? Parte-se do pressuposto de que a predominância do modal rodoviário compromete parte dos ganhos ambientais obtidos no âmbito produtivo, configurando uma dissociação estrutural entre produção e logística.

Entre os diferentes modais de transporte, as ferrovias destacam-se pela maior eficiência energética e pelas menores emissões de gases de efeito estufa por tonelada-quilômetro transportada, especialmente em operações de longa distância e no transporte de grandes volumes. Essas características tornam o modal ferroviário particularmente relevante para o escoamento da produção agropecuária brasileira e justificam sua análise no contexto das estratégias de agricultura de baixo carbono.

Assim, o objetivo do artigo é analisar o papel da infraestrutura de transporte na consolidação de uma agricultura de baixo carbono no Brasil, com ênfase nas limitações do modelo rodoviário e nas potencialidades do modal ferroviário. Ao propor uma abordagem integrada entre produção agropecuária e logística, o estudo busca contribuir para o avanço do debate teórico e empírico sobre sustentabilidade no setor, destacando a necessidade de articulação entre políticas agrícolas, ambientais e de infraestrutura como condição para uma transição efetiva rumo a uma economia de baixo carbono.

Metodologia

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com abordagem exploratória e analítica, orientada à compreensão das relações entre infraestrutura de transporte e agricultura de baixo carbono no contexto brasileiro. A escolha dessa abordagem justifica-se pela necessidade de examinar um fenômeno complexo, que envolve múltiplas dimensões (econômica, ambiental e institucional) e cuja análise demanda a articulação de diferentes campos teóricos.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho fundamenta-se em revisão bibliográfica narrativa e análise documental. A revisão contemplou literatura nacional e internacional publicada nas duas últimas décadas, com ênfase em estudos recentes sobre desenvolvimento sustentável, agricultura de baixo carbono, logística e infraestrutura de transportes. Foram analisados artigos científicos, livros e relatórios técnicos de organismos nacionais e internacionais, selecionados em função de sua pertinência ao problema de pesquisa, atualidade e contribuição para a discussão proposta. Complementarmente, a análise documental concentrou-se em políticas públicas, planos governamentais e relatórios institucionais relacionados à agropecuária e à infraestrutura logística no Brasil, com destaque para o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a Confederação Nacional do Transporte (CNT), com o objetivo de identificar diretrizes, limites e lacunas nas estratégias de mitigação de emissões no setor.

Como estratégia de análise, adotou-se uma abordagem de caráter qualitativo e de natureza narrativa, fundamentada na literatura sobre sistemas agroalimentares e infraestrutura de transportes. Essa abordagem considera não apenas os processos produtivos no interior das propriedades rurais, mas também as etapas de circulação, armazenamento e distribuição ao longo das cadeias agroalimentares, conforme destacado por estudos sobre emissões no sistema alimentar [Crippa *et al.*, 2021; FAO, 2022].

A partir dessa perspectiva, buscou-se examinar as inter-relações entre o modelo logístico predominante no Brasil e a efetividade das políticas de agricultura de baixo carbono.

A análise foi conduzida em perspectiva crítica, com foco na articulação entre infraestrutura de transporte, organização das cadeias agroalimentares e estratégias de mitigação de emissões. Nesse sentido, a interpretação dos dados documentais e da literatura teve como objetivo identificar padrões recorrentes, limites institucionais e lacunas de integração entre políticas setoriais, sem pressupor resultados a priori, construindo a leitura a partir das evidências analisadas.

Os resultados da análise sugerem a existência de uma desconexão entre a dinâmica produtiva agropecuária e a estrutura logística predominante no país, evidenciando a importância de abordagens integradas entre produção, transporte e políticas de baixo carbono. Essa leitura contribui para o debate sobre a necessidade de maior articulação entre políticas agrícolas, ambientais e de infraestrutura na transição para sistemas agroalimentares sustentáveis.

Desenvolvimento sustentável e agricultura de baixo carbono

O conceito de desenvolvimento sustentável consolidou-se no debate internacional a partir do Relatório Brundtland, sendo definido como aquele capaz de atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades [CMMAD, 1988]. Desde então, o conceito evoluiu de uma formulação normativa para um referencial analítico amplamente utilizado na formulação de políticas públicas, incorporando dimensões econômicas, sociais e ambientais de forma integrada.

No âmbito dos sistemas agroalimentares, a operacionalização do desenvolvimento sustentável envolve desafios particulares, uma vez que a produção agropecuária está diretamente associada tanto à geração de riqueza e segurança alimentar quanto a impactos ambientais significativos, como emissões de gases de efeito estufa [GEE], degradação do solo e perda de biodiversidade [IPCC, 2021]. Nesse contexto, a transição para modelos produtivos mais sustentáveis exige não apenas ganhos de eficiência, mas também mudanças estruturais na forma como a produção, a circulação e o consumo de alimentos são organizados.

É nesse cenário que se insere a Agricultura de Baixo Carbono [ABC], concebida como uma estratégia voltada à mitigação das emissões de GEE por meio da adoção de tecnologias e práticas produtivas mais sustentáveis. No caso brasileiro, o Plano ABC constitui o principal instrumento de política pública nessa direção, promovendo ações como a recuperação de pastagens degradadas, a integração lavoura-pecuária-floresta, o uso de sistemas agroflorestais e a difusão de práticas conservacionistas [Assad, 2013]. Tais iniciativas têm contribuído para ganhos de produtividade associados à redução da intensidade de emissões, configurando avanços relevantes no âmbito da sustentabilidade agrícola.

Entretanto, apesar desses avanços, a abordagem do Plano ABC concentra-se predominantemente nas práticas produtivas desenvolvidas no interior das propriedades rurais. Estudos recentes sobre sistemas agroalimentares sustentam que a sustentabilidade do setor depende de uma rede complexa de atividades interdependentes que extrapolam os limites da produção agrícola, incluindo processamento, logística e distribuição [Crippa *et al.*, 2021; FAO, 2022; IPEA, 2024].

Sob essa perspectiva, ganha relevância a abordagem sistêmica das cadeias produtivas, que compreende a agropecuária como parte de um sistema mais amplo de fluxos materiais e energéticos. Nesse sistema, atividades a montante [como a produção de insumos e equipamentos] e a jusante [como processamento, armazenamento e transporte] exercem papel determinante na configuração dos impactos ambientais associados ao setor. Assim, a análise da sustentabilidade da agropecuária requer a incorporação dessas dimensões, sob pena de se produzirem diagnósticos parciais e políticas públicas de alcance limitado.

Entre os elementos que compõem essa dimensão ampliada, a infraestrutura de transporte destaca-se como fator estratégico. Em países de grande extensão territorial, a eficiência logística é determinante não apenas para a competitividade econômica do setor agropecuário, mas também para a redução de emissões associadas ao deslocamento de insumos e produtos [Thacker *et al.*, 2019]. A escolha dos modais de transporte, a organização das cadeias logísticas e a qualidade da infraestrutura disponível influenciam diretamente a intensidade de carbono dos sistemas produtivos.

Nesse contexto, a discussão sobre desenvolvimento sustentável na agropecuária não pode prescindir de uma análise mais aprofundada do papel do Estado. A literatura econômica destaca que investimentos em infraestrutura de grande escala apresentam elevados custos iniciais, longos prazos de maturação e importantes externalidades positivas, características que limitam sua provisão exclusiva pelo setor privado [IPEA, 2024; Mazzucato, 2014]. Assim, a atuação estatal torna-se fundamental para o planejamento, o financiamento e a regulação desses sistemas.

Além disso, o Estado desempenha papel central na articulação entre diferentes políticas públicas [agrícola, ambiental e de infraestrutura] sendo responsável por construir estratégias integradas de desenvolvimento. No caso da agricultura de baixo carbono, essa articulação se revela particularmente importante, uma vez que a efetividade das políticas de mitigação depende da coerência entre os diversos instrumentos de intervenção estatal.

Desta forma, a análise do desenvolvimento sustentável na agropecuária brasileira exige não apenas a consideração das práticas produtivas, mas também a incorporação de elementos estruturais, como a infraestrutura de transporte e o papel do Estado na sua coordenação. Tal abordagem permite compreender de maneira mais abrangente os limites e as potencialidades das estratégias de descarbonização em curso, contribuindo para o aprimoramento das políticas públicas voltadas à sustentabilidade do setor.

A matriz de transporte brasileira e seus impactos

A matriz de transporte brasileira caracteriza-se historicamente pela predominância do modal rodoviário, que responde por aproximadamente dois terços da movimentação de cargas no país [CNT, 2024]. Essa configuração não resulta de uma escolha estritamente técnica, mas de um processo histórico de decisões de política pública que, ao longo do século XX, privilegiou a expansão da infraestrutura rodoviária em detrimento de modais mais eficientes para o transporte de grandes volumes em longas distâncias, como as ferrovias e as hidrovias [IBGE, 2014].

Tal padrão de especialização logística consolidou-se sobretudo a partir da segunda metade do século XX, quando o incentivo à indústria automobilística e a integração territorial via rodovias passaram a orientar o planejamento estatal [Queiroz, 2012]. Como resultado, o país desenvolveu uma matriz de transporte caracterizada por elevada dependência do modal rodoviário, inclusive em trajetos de longa distância e no transporte de grandes volumes, segmentos nos quais o transporte ferroviário apresenta, em geral, maior eficiência energética e menor intensidade de emissões de gases de efeito estufa do que o transporte rodoviário [IEA, 2019].

No contexto da produção agropecuária, essa configuração assume implicações particularmente relevantes. O escoamento da produção de *commodities* agrícolas [como soja e milho] envolve deslocamentos em larga escala entre áreas de produção, frequentemente localizadas no interior do território, e os principais centros consumidores ou portos de exportação. Nessa dinâmica, o transporte rodoviário, embora apresente elevada flexibilidade operacional, revela-se menos eficiente em termos de custo por tonelada transportada, consumo energético e capacidade de carga, especialmente quando comparado a modais estruturais como o ferroviário [CNT, 2015].

Além das limitações econômicas, o predomínio do modal rodoviário implica impactos ambientais relevantes. Por depender majoritariamente de combustíveis fósseis, esse sistema apresenta elevada intensidade de emissões de gases de efeito estufa [GEE] por unidade de carga transportada, contribuindo para a pegada de carbono das cadeias agroalimentares. Estudos recentes demonstram que uma parcela expressiva das emissões associadas aos sistemas alimentares está vinculada às etapas de processamento, transporte, armazenamento e distribuição, evidenciando a importância da infraestrutura logística para a sustentabilidade desses sistemas [Crippa *et al.*, 2021; FAO, 2022].

Estimativas internacionais indicam que o transporte ferroviário apresenta menor intensidade de emissões de dióxido de carbono [CO₂] por tonelada-quilômetro transportada quando comparado ao transporte rodoviário. Essa diferença decorre principalmente da maior eficiência energética do sistema ferroviário, especialmente em operações de longa distância e grande volume de carga, reforçando seu potencial como alternativa para reduzir as emissões associadas à logística agropecuária [IEA, 2019; IPCC, 2021].

Além disso, o transporte rodoviário está sujeito a perdas de grãos ao longo do processo logístico, decorrentes de fatores como as condições das rodovias, as longas distâncias percorridas e limitações da infraestrutura de escoamento [CNT, 2024; CONAB, 2021]. Essas perdas elevam os custos logísticos e implicam impactos ambientais indiretos, uma vez que exigem maior volume de produção para compensar o volume desperdiçado.

Nesse contexto, a elevada dependência do transporte rodoviário não apenas reduz a eficiência logística, mas também amplia a intensidade de carbono das cadeias agroalimentares, evidenciando a necessidade de diversificação modal como estratégia para a mitigação de emissões no setor [Thacker *et al.*, 2019].

Outro aspecto relevante diz respeito aos impactos sobre a biodiversidade. A expansão e a intensificação do transporte rodoviário estão associadas a elevados índices de mortalidade de fauna silvestre por atropelamento, além de contribuírem para a fragmentação de habitats e degradação ambiental ao longo das vias [Cabral Filho; Lima; Hannibal, 2025]. Esses efeitos reforçam o caráter multidimensional dos impactos associados à atual matriz de transporte.

Em um país de dimensões continentais como o Brasil, tais limitações tornam-se ainda mais evidentes. A dependência excessiva de um único modal para o transporte de cargas em longas distâncias configura uma ineficiência estrutural, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Essa condição contrasta com experiências observadas em países de grande extensão territorial, como Canadá, Estados Unidos, China e Rússia, onde a maior participação de ferrovias e hidrovias na matriz de transportes tem contribuído para a redução de custos logísticos e das emissões de gases de efeito estufa [IEA, 2019].

Diante das metas de descarbonização assumidas no âmbito de acordos internacionais e das crescentes exigências por cadeias produtivas sustentáveis, a manutenção da atual configuração da matriz de transportes brasileira tende a constituir um obstáculo à transição para uma economia de baixo carbono. Estudos recentes destacam que a predominância do transporte rodoviário amplia a intensidade de emissões associadas à movimentação de cargas e limita o potencial de redução de emissões proporcionado por sistemas logísticos mais diversificados [IEA, 2019; IPCC, 2021]. Nesse sentido, a análise da matriz de transporte revela não apenas um problema de eficiência, mas também um fator que pode limitar a efetividade das políticas ambientais e agrícolas, reforçando a necessidade de reconfiguração do sistema logístico nacional.

O transporte ferroviário como alternativa estratégica

O transporte ferroviário é amplamente reconhecido como um modal estratégico para o escoamento de grandes volumes de carga em longas distâncias, especialmente em países de grande extensão territorial. Suas vantagens comparativas decorrem de sua elevada eficiência energética, maior capacidade de carga e menor custo por tonelada transportada, características amplamente destacadas na literatura sobre economia dos transportes.

Do ponto de vista energético, o transporte ferroviário destaca-se por sua maior eficiência energética por unidade de carga transportada. Estudos da Agência Internacional de Energia (IEA) e do International Transport Forum (ITF) demonstram que, em condições comparáveis, o modal ferroviário apresenta menor consumo de energia e menor intensidade de emissões do que o transporte rodoviário, sobretudo em operações de longa distância e grande volume de carga [IEA, 2019; ITF, 2021]. Essa característica reforça sua relevância estratégica na transição para sistemas logísticos mais sustentáveis.

Do ponto de vista ambiental, o modal ferroviário apresenta menor intensidade de emissões de gases de efeito estufa (GEE) quando comparado ao transporte rodoviário, sobretudo em operações de longa distância. Essa vantagem está associada à maior eficiência energética do sistema ferroviário, o que o torna mais compatível com estratégias de descarbonização da logística de cargas [IPCC, 2021].

No plano internacional, experiências de países como Estados Unidos e China evidenciam o papel estruturante das ferrovias na organização dos sistemas logísticos. Nos Estados Unidos, a consolidação de uma ampla rede ferroviária de cargas contribuiu para reduzir os custos de transporte de *commodities* agrícolas e ampliar a competitividade internacional do setor. Na China, por sua vez, investimentos públicos contínuos e planejamento estatal de longo prazo permitiram a rápida expansão e modernização da infraestrutura ferroviária, articulando crescimento econômico e eficiência logística [Shao; Niu; Yan, 2024].

Essas experiências indicam que o desenvolvimento do transporte ferroviário não decorre exclusivamente de suas vantagens técnicas intrínsecas, mas está fortemente associado à existência de estratégias coordenadas de investimento e planejamento institucional. Nesse sentido, o papel do Estado como agente indutor e coordenador revela-se central para a consolidação de sistemas ferroviários robustos e integrados.

No caso brasileiro, entretanto, a trajetória do setor ferroviário apresenta características marcadas por descontinuidades. Após um período de expansão inicial no final do século XIX e início do século XX, o sistema ferroviário entrou em processo de declínio ao longo das décadas seguintes, associado à priorização do transporte rodoviário e à redução do papel do Estado no planejamento da infraestrutura [Queiroz, 2012].

A reestruturação do setor a partir da década de 1990, baseada em concessões à iniciativa privada, introduziu ganhos pontuais de eficiência operacional, especialmente nos corredores voltados ao escoamento de *commodities*. No entanto, esse modelo não foi capaz de promover a expansão da malha ferroviária nem sua integração em escala nacional, resultando em um sistema fragmentado, pouco integrado e com limitada capilaridade territorial [IPEA, 2024; Queiroz, 2012].

Essa limitação decorre, em grande medida, do próprio desenho institucional adotado após as concessões. Embora tenham contribuído para elevar a produtividade em determinados trechos ferroviários, os investimentos privados concentraram-se, predominantemente, nos corredores de maior rentabilidade econômica, voltados ao transporte de grandes volumes de minérios e *commodities* agrícolas destinados à exportação. Como consequência, extensos segmentos da malha permaneceram subutilizados ou foram abandonados, reduzindo a conectividade entre regiões e comprometendo a função integradora historicamente

desempenhada pelas ferrovias. Em vez de consolidar uma rede nacional articulada, o sistema passou a privilegiar fluxos logísticos específicos, subordinando a expansão da infraestrutura aos interesses econômicos das concessionárias, em detrimento de uma estratégia mais ampla de desenvolvimento territorial e de fortalecimento do mercado interno [Moreira, 2024].

Apesar dessas limitações, a ampliação e modernização da malha ferroviária brasileira apresentam elevado potencial para contribuir tanto para a redução dos custos logísticos quanto para a mitigação das emissões associadas ao transporte de produtos agropecuários. A integração entre diferentes modais de transporte constitui um dos principais elementos para aumentar a eficiência logística e reduzir a intensidade de emissões nas cadeias de suprimento, especialmente em países de grande extensão territorial [IEA, 2019; IPEA, 2024].

Além disso, o fortalecimento do transporte ferroviário alinha-se às diretrizes de uma economia de baixo carbono, ao possibilitar a redução da intensidade de emissões no deslocamento de grandes volumes de carga. Nesse sentido, a expansão desse modal deve ser compreendida não apenas como uma estratégia de eficiência logística, mas como um componente central das políticas de sustentabilidade e mitigação climática no setor agropecuário.

Desta forma, o transporte ferroviário configura-se como uma alternativa estratégica para a reconfiguração da matriz de transporte brasileira. No entanto, sua consolidação exige a superação de entraves históricos e institucionais, bem como a adoção de políticas públicas integradas que articulem planejamento de longo prazo, investimentos em infraestrutura e coordenação entre os diferentes agentes envolvidos.

Discussão

A análise desenvolvida ao longo deste estudo sugere a existência de uma desarticulação entre as políticas voltadas à mitigação das emissões no setor agropecuário e a configuração da infraestrutura logística responsável pelo escoamento da produção. Enquanto o Plano ABC concentra-se predominantemente na transformação dos sistemas produtivos no interior das propriedades rurais, a matriz de transporte brasileira permanece ancorada em um modelo intensivo em carbono, fortemente dependente do modal rodoviário.

Essa desarticulação evidencia uma limitação das abordagens predominantes sobre agricultura de baixo carbono, que tendem a privilegiar o espaço produtivo imediato em detrimento de uma visão sistêmica das cadeias agroalimentares. Conforme discutido anteriormente, a sustentabilidade do setor não pode ser compreendida exclusivamente a partir das práticas agrícolas, uma vez que parte relevante das emissões está associada às etapas de processamento, transporte, armazenamento e distribuição [Crippa *et al.*, 2021; FAO, 2022; IPEA, 2024].

Neste sentido, a predominância do modal rodoviário configura uma contradição estrutural nas estratégias de mitigação climática. Embora práticas produtivas sustentáveis possam reduzir a intensidade de emissões no interior das propriedades, os ganhos ambientais podem ser parcialmente reduzidos pela elevada intensidade de carbono do sistema logístico. Tal dinâmica sugere que a efetividade das políticas de baixo carbono depende da coerência entre os diferentes elos da cadeia produtiva.

A trajetória histórica do setor de transportes no Brasil reforça essa interpretação. A priorização do modal rodoviário ao longo do século XX, associada à desestruturação do sistema ferroviário, resultou em uma matriz de transporte pouco diversificada e inadequada para o escoamento eficiente de grandes volumes de carga em longas distâncias [Queiroz, 2012; Moreira, 2024]. Como argumenta Moreira [2024], esse processo produziu um sistema logístico fragmentado, com forte concentração em corredores específicos e baixa capacidade de integração territorial.

Por outro lado, a análise das experiências internacionais indica que a consolidação de sistemas ferroviários robustos está associada à existência de estratégias de longo prazo, forte coordenação estatal e elevados níveis de investimento em infraestrutura. Esse contraste sugere que as limitações observadas no caso brasileiro não são inevitáveis, mas resultam de escolhas institucionais e de política pública.

Nesse contexto, o transporte ferroviário apresenta potencial para contribuir com a reconfiguração da matriz logística brasileira em direção a padrões mais sustentáveis. Sua maior eficiência energética e menor intensidade de emissões o tornam uma alternativa relevante para as estratégias de descarbonização, especialmente no transporte de *commodities* agrícolas em larga escala [IPCC, 2021].

No entanto, a transição para uma matriz de transporte mais equilibrada enfrenta importantes obstáculos. Entre eles destacam-se a fragmentação institucional, a insuficiente integração entre os diferentes modais e a ausência de planejamento de longo prazo, fatores que limitam a expansão e a modernização do sistema ferroviário brasileiro [IPEA, 2024; Pinheiro; Ribeiro, 2017]. Além disso, a dependência histórica do transporte rodoviário cria inércias econômicas e institucionais que dificultam mudanças na configuração da matriz logística nacional.

Diante deste cenário, torna-se evidente que a construção de uma agricultura de baixo carbono no Brasil exige uma abordagem integrada, capaz de articular políticas agrícolas, ambientais e de infraestrutura. Isso implica reconhecer que a sustentabilidade não se limita à esfera produtiva, mas envolve a reorganização dos sistemas logísticos que sustentam a circulação de bens.

Assim, a principal contribuição deste estudo reside em evidenciar que a efetividade das políticas de mitigação no setor agropecuário está condicionada à reconfiguração da matriz de transporte. Ao incorporar a dimensão logística na análise da agricultura de baixo carbono, o artigo amplia o escopo do debate e aponta para a necessidade de estratégias mais abrangentes, baseadas em planejamento de longo prazo e coordenação estatal.

Conclusão

O presente artigo analisou o papel da infraestrutura de transporte na consolidação de uma agricultura de baixo carbono no Brasil, com ênfase nas limitações da atual matriz logística e nas potencialidades do modal ferroviário. A partir de uma abordagem sistêmica das cadeias agroalimentares, a análise realizada indica que a predominância do transporte rodoviário representa um importante desafio à efetividade das políticas de mitigação de emissões no setor agropecuário.

Os resultados da revisão bibliográfica e da análise documental indicam que as políticas públicas voltadas à agricultura de baixo carbono, em especial o Plano ABC, concentram-se predominantemente nas práticas produtivas desenvolvidas no interior das propriedades rurais. Embora essa orientação represente um avanço importante na mitigação das emissões, a literatura analisada sugere que ela é insuficiente para promover uma transição consistente para sistemas agroalimentares de baixo carbono, por não incorporar de forma integrada a dimensão logística [Crippa *et al.*, 2021; FAO, 2022; IPEA, 2024].

Isso porque parte relevante das emissões associadas ao setor está vinculada às etapas de processamento, transporte, armazenamento e distribuição, especialmente ao transporte de cargas em longas distâncias, caracterizado por elevada intensidade de carbono [Crippa *et al.*, 2021; FAO, 2022].

Neste sentido, argumentou-se que a atual configuração da matriz de transporte brasileira introduz um desafio relevante para as estratégias de mitigação climática ao dissociar os avanços obtidos no âmbito produtivo das limitações impostas pelo sistema logístico. A predominância do modal rodoviário, associada à baixa participação do transporte ferroviário, compromete a coerência das políticas de descarbonização e reduz sua efetividade no plano sistêmico.

Por outro lado, a literatura analisada indica que o transporte ferroviário apresenta maior eficiência energética, elevada capacidade de transporte e menor intensidade de emissões de gases de efeito estufa em comparação ao modal rodoviário, o que reforça seu potencial para contribuir com a reconfiguração da matriz de transporte. No entanto, sua expansão no contexto brasileiro enfrenta obstáculos de natureza histórica, institucional e política relacionados à fragmentação da infraestrutura, à insuficiência de investimentos e à ausência de planejamento integrado de longo prazo.

Do ponto de vista teórico, o artigo contribui ao ampliar o escopo da análise sobre agricultura de baixo carbono, incorporando a dimensão logística como elemento central na compreensão da sustentabilidade dos sistemas agroalimentares. Ao deslocar o foco exclusivo do espaço produtivo para uma abordagem que considera os fluxos de circulação e distribuição, o estudo evidencia a necessidade de integração entre diferentes campos de política pública.

Do ponto de vista prático, os resultados apontam para a necessidade de maior articulação entre políticas agrícolas, ambientais e de infraestrutura, com destaque para o papel do Estado na coordenação de investimentos estratégicos. A construção de uma matriz de transporte mais equilibrada, com maior participação do modal ferroviário e integração intermodal, mostra-se condição necessária para a redução dos custos logísticos e das emissões associadas ao setor agropecuário.

Por fim, como agenda de pesquisa futura, sugere-se o aprofundamento de análises empíricas que quantifiquem o impacto da matriz de transporte sobre as emissões do setor agropecuário, bem como estudos comparativos internacionais que permitam identificar modelos logísticos mais eficientes e sustentáveis. Adicionalmente, investigações sobre os arranjos institucionais e os mecanismos de financiamento da infraestrutura podem contribuir para a formulação de políticas públicas mais eficazes no contexto brasileiro.

Referências

ASSAD, E. D. (coord.). **Agricultura de baixa emissão de carbono: a evolução de um novo paradigma**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2013. 192 p. [Observatório ABC]. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/959517>. Acesso em: 15 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **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 (2010–2020)**. Brasília: MAPA, 2012. Disponível em: <https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/handle/1/274>. Acesso em: 15 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Plano Nacional de Logística 2035**. Brasília: Ministério da Infraestrutura, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/2021/10/imagens/resumoExecutivo_PNL2035_ed_105112021.pdf. Acesso em 15 abr. 2026.

CABRAL FILHO, R. G.; LIMA, C. A.; HANNIBAL, W. Mamíferos atropelados em rodovias do Brasil central: contribuições para a ecologia de estradas e coleções científicas. **Biodiversidade Brasileira**, v. 15, n. 4, 2025. DOI: <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v15i4.2823>. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/BioBR/article/view/2823>. Acesso em: 20 ago. 2026.

CMMAD. Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Plano CNT de transporte e logística 2014**. Brasília, DF: CNT, 2015.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **O Transporte Move o Brasil: Propostas da CNT ao País**. Brasília, DF: CNT, 2024.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas**. Brasília, DF: Conab, 2021. 197 p.

CRIPPA, M.; SOLAZZO, E.; GUIZZARDI, D.; MONFORTI-FERRARIO, F.; TUBIELLO, F. N.; LEIP, A. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. **Nature Food**, v. 2, p. 198-209, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00225-9>. Acesso em: 15 abr. 2026.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of Food and Agriculture 2022: Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems**. Rome: FAO, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb9479en>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00225-9>. Acesso em: 15 abr. 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Logística dos transportes no Brasil: mapa e nota técnica**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15793-logistica-dos-transportes.html>. Acesso em: 15 abr. 2026.

IEA. International Energy Agency. **The future of rail: opportunities for energy and the environment**. Paris: IEA, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-rail>. Acesso em: 15 abr. 2026.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157896>. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-rail>. Acesso em: 15 abr. 2026.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Infraestrutura e sustentabilidade no Brasil: desafios para o desenvolvimento**. Brasília: IPEA, 2024.

ITF. International Transport Forum. **Railway freight transport and climate change mitigation**. Paris: OECD/ITF, 2021.

MAZZUCATO, M. **O Estado Empreendedor**: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MOREIRA, L. R. **O Estado Mínimo está na mesa**: os impactos do neoliberalismo na agricultura brasileira. São Paulo: Anita Garibaldi, 2024.

PEROSA, B. Agricultura de baixo carbono no Brasil: desafios de governança e monitoramento. **Labor & Engenho**, Campinas, v. 18, e024005, 2024. DOI: <https://doi.org/10.20396/labore.v18i00.8674458>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8674458>. Acesso em: 20 ago. 2026.

PINHEIRO, A. C.; RIBEIRO, L. C. **Regulação das ferrovias**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2017.

QUEIROZ, P. R. C. **As ferrovias no Brasil**: história e perspectivas. São Paulo: Editora UNESP, 2012.

SHAO, Z.; NIU, T.; YAN, J. **Toward greener and more sustainable freight rail**: comparing freight rail systems and services in the United States and China. Washington, DC: International Council on Clean Transportation, 2024. Disponível em: <https://theicct.org/publication/comparing-freight-rail-systems-and-services-in-the-us-and-china-june24/>. Acesso em: 15 abr. 2026.

THACKER, S.; ADSHEAD, D.; FAY, M.; HALLEGATTE, S.; HARVEY, M.; MELLER, H.; O'REGAN, N.; ROZENBERG, J.; WATKINS, G.; HALL, J. W. Infrastructure for sustainable development. **Nature Sustainability**, v. 2, p. 324-331, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0256-8>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0256-8>. Acesso em: 20 ago. 2026.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

COMO CITAR ESTE ARTIGO SEGUNDO AS NORMAS DA REVISTA

ABNT: MOREIRA, L. R.; ABOU, E. V. M.; SILVA, S. L. Infraestrutura de transporte e agricultura de baixo carbono no Brasil: desafios e perspectivas do modal ferroviário. *Vértices [Campos dos Goitacazes]*, v. 28, n. 2, e28223674, 2026. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v28n22026.23674>. Disponível em:

<https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/23674>.

APA: Moreira, L. R., Abou, E. V. M., & Silva, S. L. Infraestrutura de transporte e agricultura de baixo carbono no Brasil: desafios e perspectivas do modal ferroviário. *Vértices [Campos dos Goitacazes]*, 28(2), e28223674. <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v28n22026.23674>

DADOS DO AUTOR E AFILIAÇÃO INSTITUCIONAL

Luciano Rezende Moreira - Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor Titular (Ciências Agrárias) no Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) - Brasil. E-mail: luciano.agronomia@gmail.com.

Elizabeth Vieira Mouhamad Abou - Graduada em Tecnologia em Agroecologia pelo Instituto Federal de Brasília. Estudante do Curso de Licenciatura em Educação no Campo na Universidade de Brasília (UnB) - Brasília/DF - Brasil. E-mail: elizabeth.abou@estudante.ifb.edu.br.

Sheila Lopes da Silva - Graduada em Tecnologia em Agroecologia pelo Instituto Federal de Brasília. Estudante do Curso de Licenciatura em Educação no Campo na Universidade de Brasília (UnB) - Brasília/DF - Brasil. E-mail: sheila.silva1@estudante.ifb.edu.br.

FINANCIAMENTO

Os autores declararam não ter havido financiamento externo para a pesquisa que originou este artigo.

APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA NA PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declararam não haver conflito de interesses.

DISPONIBILIDADE DOS DADOS

Os autores declararam não haver dados disponíveis em repositórios.

DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Os autores declararam ter utilizado ferramentas de Inteligência Artificial Generativa como recurso auxiliar durante o processo de revisão do texto, especialmente para apoio à redação, organização e aprimoramento linguístico.

DECLARAÇÃO DE DIREITO AUTURAL

Este documento é protegido por Copyright © 2026 pelos Autores.

LICENÇA DE USO

Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons](#). Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.

RESPONSABILIDADE PELA PUBLICAÇÃO

Essentia Editora, coordenação subordinada à PROPPIE do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da Essentia Editora.