

BRASIL: O CUSTO OCULTO DA OPÇÃO PELO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE MERCADORIAS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

BRAZIL: THE HIDDEN COST OF OPTING FOR ROAD FREIGHT TRANSPORT AND ITS
ENVIRONMENTAL IMPACTS

Júlia Cardoso de Souza¹

RESUMO

Este artigo explora, sob a ótica da geografia, a temática dos riscos ambientais e sociais do transporte rodoviário de mercadorias no Brasil, modal predominante na logística nacional. Metodologicamente, analisou-se como a expansão da malha viária, o volume de veículos de carga e o tipo de carga promovem riscos ambientais por meio de poluição atmosférica, sonora e hídrica, fragmentação de ecossistemas, além de gerar riscos para a saúde e segurança das comunidades que vivem à margem de rodovias ou outros modais que também transportam o que aqui chamaremos de riscos móveis. Apresenta-se também a importância de se pensar a educação para riscos, visando a conscientização e adoção de práticas mais assertivas e sustentáveis por todos os atores envolvidos na cadeia logística.

PALAVRAS-CHAVE: Educação para riscos. Sociedade de risco. Logística Sustentável. Transporte de Cargas. Geografia dos Riscos.

ABSTRACT

This article explores, from a geographical perspective, the environmental and social risks associated with road freight transport in Brazil, the predominant mode in national logistics. Methodologically, the study analyzes how the expansion of the road network, the volume of freight vehicles, and the nature of the cargo contribute to environmental risks through air, noise, and water pollution, as well as ecosystem fragmentation. These factors also pose threats to the health and safety of communities living alongside highways or other transportation modes that carry what we refer to here as mobile risks. The importance of incorporating risk education is

¹ Mestranda em Geografia na Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). E-mail: juliacardosouza@ufu.br. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG

also emphasized, with the aim of raising awareness and promoting more assertive and sustainable practices among all actors involved in the logistics chain

KEYWORDS: Risk Education. Risk Society. Sustainable Logistics. Freight Transport. Geography of Risks.



INTRODUÇÃO

O setor de transporte é basilar para a ascensão e competitividade de qualquer país. Ao transcender fronteiras geográficas, conectando regiões e facilitando o intercâmbio de bens e serviços em uma complexa rede global, impulsiona a economia nacional e os fluxos internacionais. Segundo Haddad:

Investimentos em rodovias e outras formas de melhorias no sistema de transporte representam um meio importante para alcançar o crescimento econômico regional e nacional. A expansão e a melhoria das facilidades de transporte servem para reduzir os custos das firmas e expandir as oportunidades econômicas, ajudando a aumentar, potencialmente, a renda e o padrão de vida dos habitantes de uma região. (Haddad, E. 2006. p.413)

A logística em um contexto de globalização, é um fator crucial na percepção do cliente sobre a empresa, especialmente sobre o tempo-espaço, “por vezes o mundo parece encolher sobre nós [...] À medida que o espaço parece encolher numa ‘aldeia global’ de telecomunicações [...]” (Harvey, 2008. p.219). Sob essa ótica, o processo logístico emerge como um dos maiores desafios na construção de uma sociedade, política e economicamente interdependente e que se pretende sustentável. As falhas dentro do sistema de transporte não se restringem a um único ponto, mas sim, em sucessivas crises.

Neste cenário, o Brasil, quinto maior país do mundo em extensão com 8.515.767,049 quilômetros quadrados (Brasil, Ministério das Relações Exteriores 2022), dispõe de uma rede de transporte ampla e diversificada, composta por seis modais: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário, aeroviário e infoviário. Essa multimodalidade visa, em teoria, à otimização do transporte, à redução de custos e à promoção do desenvolvimento econômico.

Contudo, apesar da multimodalidade presente, há paradoxalmente, uma predominância quase absoluta do modal rodoviário na matriz brasileira de transporte. Em dados, o modal rodoviário no Brasil, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2025b), possui uma malha de 1.723.003,6 km, contemplando uma frota de 125.467.172 de veículos, gerando empregos diretos e indiretos. Esses números, que colocam o país entre os maiores do mundo nesse setor, refletem a abrangência da malha rodoviária e sua importância na integração regional, mas também evidenciam a magnitude dos desafios associados a essa dependência.

Como aponta o Índice de Competitividade Global do Fórum Econômico Mundial, onde o Brasil, está classificado na 78ª posição entre 141 nações na variável Rodovias (World Economic Fórum, 2019). Essa posição, notoriamente inferior à de outros países da América Latina, indica que, a escolha estratégica, pode e deve ser repensada.

Diante desse cenário de fragilidade estrutural, torna-se necessário considerar as implicações mais amplas da atual lógica de transporte rodoviário adotada no país. Os riscos significativos, muitas vezes subestimados, que afetam desde a operacionalidade do sistema até a segurança ambiental e social, contribuem para o aumento das desigualdades e a aparição de crises. Entre os principais impactos estão: acidentes e insegurança nas vias; derramamento de cargas na pista, em corpos hídricos e na vegetação, causando danos ambientais de curto, médio e longo prazo; poluição do ar e sonora, com sérias implicações para a saúde pública; alto consumo de combustíveis fósseis, intensificando as mudanças climáticas globais; fragmentação de habitats, afetando a biodiversidade; e geração de resíduos sólidos.

Para Beck (2011), vivemos em uma “sociedade de risco”, na qual os perigos são criados e intensificados à medida que o desenvolvimento avança. Sob essa ótica, diante de um mundo moderno que perpassa as esferas local, nacional e global, torna-se essencial refletir sobre soluções sistêmicas fundamentadas na consciência coletiva. Ao compreender o risco não como uma característica natural dos fenômenos, mas como uma construção social e resultado de decisões políticas e econômicas, passa-se a repensar criticamente o papel da técnica e das escolhas geopolíticas na ampliação ou mitigação desses riscos e suas consequências nas desigualdades sociais e ambientais.

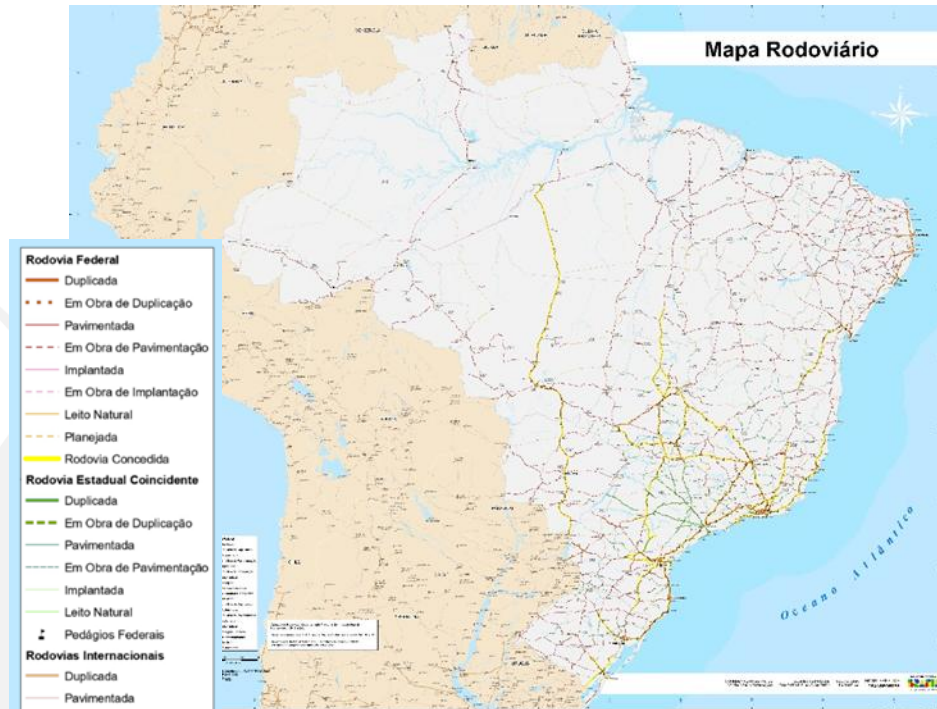
Assim, este artigo não se limita a identificar e analisar os impactos associados ao transporte rodoviário, mas propõe a valorização da educação para riscos como instrumento fundamental na construção de um futuro mais seguro, sustentável e resiliente.

A INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA BRASILEIRA: EXTENSÃO, QUALIDADE E O CUSTO DA DEPENDÊNCIA

A malha rodoviária do Brasil se constitui como uma teia complexa, ampla e multifacetada, conforme ilustra a Figura 1. Ela apresenta características diversas em

termos de extensão, qualidade e segurança, elementos cruciais para a dinâmica do transporte e para a vida das comunidades que dependem dela.

Figura 1 – Mapa Rodoviário: Malha Rodoviária Federal – 2024.



Fonte: BRASIL. Ministério dos Transportes (jun./2024). Org.: Os autores (2025).

A malha rodoviária brasileira, que alcançou 1.723.003,6 km em 2025 (CNT, 2025b), estende-se por todo o país, abrangendo desde grandes rodovias federais até inúmeras estradas municipais. Contudo, essa vasta rede apresenta uma significativa dicotomia: apenas 216.976,2 km (12,6%) são pavimentados, enquanto, 1.346.484,5 km (87,4%), permanece sem pavimentação (CNT, 2025b).

O estado geral das rodovias, segundo o relatório da CNT 2024 (CNT, 2024b), que abrangeu 111.853 km, revela um cenário desafiador. A maior parte da malha viária foi classificada como: “Regular” (45.263 km), indicando a necessidade de intervenções para melhorar as condições de tráfego. Somando-se as categorias “Ruim” (23.239 km) e “Péssimo” (6.537 km), percebe-se que 67% das rodovias apresentam condições médias à precárias, o que impacta diretamente a segurança e a eficiência do transporte. Por outro lado, as condições “Ótimas” (8.338 km) e “Boas” (28.476 km) representam uma parcela menor, destacando a urgência de investimentos em infraestrutura para a recuperação e manutenção da malha rodoviária do país.

No que diz respeito a esta realidade, conforme dados da CNT 2024 (disponibilizados através de dashboards), foram gastos R\$ 29.210.231.167,23 em manutenção “Operações destinadas a manter as rodovias em condições técnicas e operacionais favoráveis” (CNT, 2024a), R\$1.497.124.346,03 em reconstrução “Operações que necessitem de trabalhos que englobem base, leito e subleito.” (CNT, 2024a), e R\$69.058.219.398,95 em restauração “Adição ou substituição total ou parcial de camadas estruturais em pontos localizados, de forma que a estrutura resultante restabeleça as condições originais da rodovia em termos de segurança e conforto.” (CNT, 2024a). Logo, seguir sustentando essa lógica implica arcar com consequências cada vez mais onerosas

Essa realidade multifacetada, acarreta em uma série de problemas ambientais, sociais e econômicos que se tornam mais evidentes e complexos em um cenário de vulnerabilidades globais e principalmente nacionais. Segundo Junior, Toloi e Dos Reis (2017) e CNT (2024b), os altos custos de manutenção da infraestrutura, a elevada idade média da frota circulante no país somado, a ausência de pavimentação, força motoristas a aumentarem o consumo de combustíveis e utilizarem rotas mais longas ou vias de qualidade inferior, elevando as despesas de transporte e colocando em risco o bem-estar e a proteção do meio ambiente.

Segundo registro da CNT (2021):

Nesse cenário, considerando apenas o diesel, é possível estimar que 956 milhões de litros foram consumidos de forma desnecessária por conta das condições desfavoráveis do pavimento, o que ocasionou uma descarga extra de aproximadamente 2,53 milhões de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Seria necessário o plantio de mais de 15 milhões de árvores para neutralizar em duas décadas as emissões advindas do lançamento de gases na atmosfera em apenas um ano.

Se as rodovias estivessem em condições adequadas, esse consumo a mais de combustível poderia ser evitado. O excedente representa um prejuízo financeiro de, aproximadamente, R\$ 4,21 bilhões para os transportadores de cargas e de passageiros no Brasil. (CNT, 2021)

Aos elevados custos financeiros somam-se custos sociais graves, como os frequentes acidentes, e a piora da qualidade do ar decorrente do aumento da emissão de poluentes. Esse cenário de fragilidade infraestrutural evidencia o impacto negativo da dependência rodoviária no desenvolvimento geral do país, tornando-se um impasse para a competitividade e para a qualidade de vida da população.

Sob a ótica regional, a "geografia social do risco" de Beck (2011) se manifesta dramaticamente nas rodovias brasileiras, onde as desigualdades amplificam as

vulnerabilidades. Ao compreender o risco não como uma característica natural dos fenômenos, passa-se a repensar criticamente o papel das escolhas geopolíticas na ampliação ou mitigação desses riscos e suas consequências.

Áreas periféricas, rurais, indígenas e quilombolas são desproporcionalmente expostas aos impactos negativos do desenvolvimento. Isso se evidencia na quantidade e na má qualidade da pavimentação de muitas vias nessas regiões. Segundo Haddad:

Entretanto, investimentos em transporte, além de seu impacto sobre a produtividade sistêmica, impactam diferentemente as várias regiões. Intervenções espacialmente localizadas podem aumentar as vantagens competitivas de uma região. Efeitos de economias de escala e de acessibilidade possibilitariam a expansão da área de mercado das firmas e oportunidades de acesso a mercados de insumos mais amplos. Um dos elementos fundamentais a ser levado em conta é a correlação espacial entre as regiões: mudanças econômicas em uma determinada localidade resultam em potenciais efeitos sobre outras regiões. Essa constatação é de grande importância para a avaliação dos impactos de políticas de transporte sobre as regiões de um país, tendo em mente as relações de complementaridade e competição entre os espaços econômicos relevantes. (Haddad, E. 2006, p.413)

Essa disparidade é evidenciada nos dados da CNT (2024b) sobre a extensão e qualidade das rodovias federais pavimentadas por região. A Região Norte, por exemplo, possui a menor rede pavimentada, com apenas 10,4 mil quilômetros (15,8%). Das rodovias federais com as piores condições no país, seis estão nessa região: AM-010, BR-364 (com jurisdição estadual), AC-010, AP-010, PA-263 e BR-174 9 (CNT 2024b).

Sob essa ótica, o impacto social, frequentemente invisibilizado, ganha voz nas comunidades mais vulneráveis. É o caso dos indígenas Kraôh, que, conforme noticiado pelo Bom dia Tocantins em 2025, "Reclamam da situação da estrada que dá acesso a 30 aldeias". Essa denúncia não é um fato isolado, mas um microcosmo das profundas desigualdades geográficas de acesso e dos múltiplos prejuízos que um modelo de desenvolvimento focado apenas na expansão quantitativa das vias pode causar.

Segundo reportagem, os Kraôh vivem na Terra Indígena Kraolândia, localizada no nordeste do Estado do Tocantins, entre os municípios de Goiatins e Itacajá. Essa área, caracterizada pela predominância do Cerrado e cortada por rios importantes como o Manoel Alves Grande e Pequeno, abriga dezenas de aldeias que dependem criticamente dessas vias para se conectar com o restante do país e, por que não dizer, com o mundo exterior. A precariedade das estradas para as 30 aldeias que compõem a Kraolândia, significa muito mais do que um mero desconforto; é um obstáculo físico e

social que limita o acesso a direitos fundamentais e amplifica a vulnerabilidade dessas populações.

A luta dos Kraôh, portanto, expõe a face cruel da desigualdade geográfica e social no contexto da infraestrutura viária brasileira. Ela demonstra como a falha em prover condições mínimas de acesso para comunidades tradicionais e indígenas não é apenas um problema de engenharia, mas uma questão urgente de justiça social. Nesses locais, a precariedade da infraestrutura rodoviária acentua problemas já existentes, transformando ambientes naturais, frequentemente degradados pela própria construção das vias, em áreas ainda mais suscetíveis a danos como desmatamento, erosão e poluição, aumentando o risco de crises ambientais. Isso sublinha como um crescimento econômico que desconsidera a equidade territorial e a sustentabilidade ambiental aprofunda os riscos sociais e ambientais, perpetuando um ciclo de vulnerabilidade e injustiça e exige um olhar mais atento para as consequências humanas e ecológicas do atual modelo de desenvolvimento.

A DIVERSIDADE DAS CARGAS, SEUS RISCOS E A REGULAMENTAÇÃO DA ANTT

O transporte rodoviário no Brasil lida com uma vasta gama de mercadorias, desde alimentos e bebidas perecíveis até bens de consumo duráveis, produtos industriais, matérias-primas e combustíveis. Cada uma dessas cargas possui suas especificidades e exigências regulatórias, cuja supervisão recai sobre a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

A Agência emerge como a autarquia federal responsável por regulamentar, supervisionar e fiscalizar as atividades de exploração da infraestrutura rodoviária e ferroviária federal e concedida, bem como a prestação de serviços de transporte terrestre de cargas e passageiros. Suas resoluções são cruciais para garantir a segurança, a eficiência e a conformidade legal do setor.

Com essa finalidade, são estabelecidas normas para veículos, motoristas e tipos específicos de carga, como a Resolução ANTT nº 5.947/2021, que atualizou a regulamentação para o transporte rodoviário de produtos perigosos, com o objetivo primordial de prevenir acidentes e mitigar seus impactos. Complementarmente, realiza a pesagem de veículos e os fiscaliza a fim de preservar a infraestrutura rodoviária e a segurança, reduzindo o risco de acidentes causados por sobrepeso. As ações propostas focam tanto na prevenção quanto na correção.

Mesmo com as ações da ANTT, a ampla malha rodoviária e a predominância do transporte de cargas resultam em um cenário alarmante de acidentes. Segundo dados da CNT (2025a), entre novembro de 2023 e outubro de 2024, as rodovias federais registraram mais de 72 mil acidentes de trânsito, sendo 107 derramamentos de carga, um aumento de 9,12% em relação aos 12 meses anteriores. Esses números não apenas representam uma tragédia humana, com perdas de vidas e impactos na saúde, mas também evidenciam os custos econômicos e ambientais significativos atrelados à fragilidade do sistema.

Neste cenário de riscos e complexidades, agravadas pela diversidade das cargas transportadas, aliadas ao alto volume de acidentes registrados, a análise de riscos se expande. Além dos perigos inerentes à infraestrutura das estradas, é fundamental considerar os "riscos móveis", os quais se referem, principalmente, as próprias cargas transportadas nos caminhões. A Resolução ANTT nº 5.849/2019 classifica as cargas em diferentes categorias, cada uma com um perfil de risco distinto, conforme detalhado na Tabela 1:

Tabela 1 – Tipos de Cargas e Suas Características

Cargas Gerais	Produtos diversos que não exigem manuseio ou condições especiais (ex: caixas, paletes)
Cargas Perecíveis	Alimentos, medicamentos, flores, que demandam veículos refrigerados e controle rigoroso de temperatura
Cargas Perigosas	Produtos que representam risco à saúde humana, ao meio ambiente ou à segurança pública (ex: combustíveis, produtos químicos, explosivos). Sua movimentação é rigidamente controlada por legislações específicas.
Cargas Fracionadas	Pequenas quantidades de produtos de diferentes remetentes que compartilham o mesmo veículo.
Cargas Indivisíveis/Especiais	Equipamentos de grande porte, peças de turbinas, máquinas, que exigem veículos especializados e escolta.

Grãos e Commodities	Produtos agrícolas a granel, transportados por caminhões basculantes.
----------------------------	---

Fonte: Adaptação da Resolução ANTT nº 5.849/2019. (Brasil, ANTT. 2019)

Cada tipo de carga transportada carrega consigo um conjunto específico de riscos, que exigem diferentes níveis de planejamento, tecnologia e regulamentação para serem gerenciados e reduzidos. O Brasil, dada a sua dependência do modal rodoviário, é particularmente suscetível a acidentes que envolvem esses diferentes tipos de carga.

Como resultado, as cargas perigosas destacam-se por representarem o mais elevado grau de risco. Um acidente envolvendo esses produtos pode ter consequências catastróficas e imensuráveis. Além dos perigos intrínsecos de explosão, incêndio e contaminação do solo, ar um vazamento ou derramamento em vias públicas pode causar intoxicação e queimaduras diretas na população exposta, exigir a evacuação de áreas densamente povoadas e gerar interrupções severas no tráfego. Em caso de acidente com derramamento em corpos hídricos, as consequências são ainda mais devastadoras: a contaminação de rios, lagos e aquíferos compromete o abastecimento de água, a vida aquática e os ecossistemas por décadas, muitas vezes de forma irreversível, dada a toxicidade e persistência de muitos desses produtos.

O caso de derramamento registrado em janeiro de 2025 no Parque Nacional Serra dos Órgãos, na Região Serrana do Rio de Janeiro é um exemplo trágico dos desdobramentos ambientais que podem ocorrer. Nota do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) sobre o acidente com carga perigosa dentro do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, (Brasil, 2025):

O ICMBio informa que estão sendo tomadas as medidas emergenciais para contenção da carga de etilbenzeno que vazou de caminhão acidentado na Rodovia BR-116, no trecho que corta o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, a cerca de 200 metros do rio Soberbo. O veículo da empresa Transchemical transportava 40 mil litros de etilbenzeno, produto altamente perigoso e cancerígeno, quando atravessou a pista de descida e tombou em meio à floresta do parque, derrubando árvores e abrindo uma clareira junto à rodovia, que ficou fechada nos dois sentidos por três horas. Lamentavelmente, o motorista morreu no acidente. [...] A empresa Ambipar, responsável pelo atendimento da emergência, está monitorando os vapores provenientes da carga com explosímetro. Como medida preventiva o ICMBio determinou o fechamento da visitação nas cachoeiras do rio Soberbo e foi solicitado à empresa o monitoramento das águas nas cachoeiras e na captação de água que abastece o município de Guapimirim e do solo próximo ao local do acidente. (Brasil, ICMBio. 2025)

Cenários como esse exigem não apenas motoristas altamente especializados e veículos adaptados, mas também sinalização adequada, planos de emergência robustos e a coordenação de múltiplas agências para conter e gerenciar os danos, buscando minimizar as consequências para o ambiente e a sociedade.

Já o transporte de grãos e commodities a granel, embora não apresente a toxicidade imediata das cargas perigosas, possui seus próprios desafios e riscos. Em caso de derramamento (comuns em estradas de má qualidade), além das perdas econômicas por umidade, pode ocorrer contaminação, acidentes secundários (pela perda de aderência ou deslizamento), bloqueio de tráfego por horas e atração de animais, gerando custos significativos de limpeza e remoção pública.

Quando há derramamento em corpos hídricos, grandes volumes de matéria orgânica podem levar à eutrofização, diminuindo drasticamente o oxigênio na água e prejudicando a vida aquática, além de impactar a qualidade da água para consumo humano ou uso agrícola. A vulnerabilidade ao tombamento, devido ao alto centro de gravidade desses veículos, agrava esses riscos em estradas com curvas e desníveis, aumentando a probabilidade de tais incidentes e, conseqüentemente, de acidentes.

Ambos os tipos de carga evidenciam a necessidade indispensável de infraestrutura adequada, regulamentações, fiscalização rigorosa e educação contínua para minimizar os impactos e garantir que o transporte rodoviário de cargas no Brasil opere de forma segura, justa e dentro dos padrões exigidos para proteger tanto o meio ambiente quanto a sociedade. Os números crescentes de acidentes apontam para a urgência de uma revisão das práticas e políticas atuais.

IMPACTOS E A URGÊNCIA DE EDUCAÇÃO PARA RISCOS

No contexto da modernidade tardia, momento em que as instituições modernas passaram a ter alcance global e a reflexividade se intensificou, promovendo constante revisão e redefinição das práticas sociais, conforme discutido por Giddens (1991), observa-se também a intensificação dos fluxos no território. Nesse cenário, o transporte rodoviário consolida-se como o principal eixo articulador da circulação de mercadorias no Brasil. Tal centralidade, contudo, não está isenta de contradições: ao mesmo tempo em que constitui um dos pilares da dinâmica econômica nacional, impõe severos impactos ambientais, sobretudo em um país historicamente marcado por desigualdades na ocupação e uso do solo.

A Geografia, como ciência que investiga as interrelações entre sociedade e natureza a partir da produção do espaço, oferece uma perspectiva crítica para compreender a complexidade desses impactos. As rodovias não são apenas infraestruturas físicas: elas são vetores de transformação ambiental, reorganização urbana, exclusão territorial e conflitos sociais. Seus efeitos extrapolam os limites da engenharia e adentram as dimensões da saúde pública, da justiça ambiental e do direito à cidade.

Diante desse cenário, emerge a necessidade de se pensar a educação para riscos como prática política e formativa. Inspirada em autores como Ulrich Beck (2011) e Anthony Giddens (2002), essa abordagem trabalha com os riscos desencadeados por construções sociais marcadas por desigualdades. Superá-los exige o engajamento das comunidades, a formação crítica e ações integradas entre diferentes setores. Assim, este capítulo busca relacionar os impactos socioambientais do transporte rodoviário às potencialidades da educação para riscos, apontando caminhos para uma logística mais justa, resiliente e sustentável. Torna-se, portanto, indispensável reconhecer como os riscos se materializam no espaço.

O tráfego intenso de veículos pesados, em sua maioria movidos à diesel, respondem por emissões significativas de dióxido de carbono, o principal gás do efeito estufa, óxidos de nitrogênio, material particulado fino e hidrocarbonetos. Segundo Bernardes (2018), sobre o contexto da cidade de São Paulo “Embora os veículos pesados representem apenas 5% da frota em circulação, o estudo demonstra que eles emitem cerca de 30% do monóxido de carbono (CO), entre 40% e 45% do benzeno e do tolueno, e 50% do “*black carbon*”” (Bernardes, 2018). Esses índices, contribuem diretamente para a acentuação das mudanças climáticas, chuva ácida e, crucialmente, para a poluição do ar em áreas urbanas e ao longo das rodovias, além de reiterarem o papel da matriz rodoviária como vetor de desequilíbrio ambiental, reforçando a necessidade de formações voltadas à transição energética e à sustentabilidade na logística.

Concomitantemente, a poluição do ar está ligada ao aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares nas populações expostas, especialmente crianças, idosos e pessoas com condições preexistentes. Teixeira et al. (2020), estima que a poluição atmosférica está associada ao número significativo de mortes por doenças cardiovasculares ao longo do ano, variando de 8 a 296, com uma média de cerca de 188 óbitos. Contudo, as simulações indicaram que a transição do diesel para o gás natural

em caminhões teria um impacto limitado na redução dessas fatalidades: menos de 5 mortes anuais por câncer de pulmão seriam evitadas, a redução máxima em mortes cardiovasculares seria de 14, com alta probabilidade de ser inferior a cinco.

A proximidade de rodovias com grandes fluxos de carga perigosa cria zonas de maior exposição, delineando uma geografia de riscos, onde a saúde da população é diretamente afetada pela localização de sua moradia em relação à infraestrutura de transporte.

Assim sendo, a educação para riscos pode ser mobilizada como estratégia para reverter práticas ambientalmente insustentáveis. É fundamental que a população seja informada sobre os perigos existentes, as precauções necessárias, e principalmente, sobre seus direitos. Além disso, considerando o mundo capitalista, o incentivo às tecnologias e à otimização logística é um dos pilares a se estabelecer. A educação deve abordar o uso e a importância de tecnologias mais limpas (como veículos elétricos, híbridos e combustíveis alternativos) e a aplicação de softwares de otimização de rotas e cargas. Isso reduz o número de viagens, o consumo de combustível e as emissões, promovendo uma logística mais eficiente. Essa dimensão tecnológica da educação para riscos aborda as "incertezas fabricadas" da sociedade moderna (Beck, 2011), onde as soluções tecnológicas também demandam consciência e responsabilidade em sua implementação.

Os impactos, contudo, não se restringem à atmosfera. A implantação e a ampliação de rodovias exigem, frequentemente, a supressão de vegetação nativa, agravando a fragmentação de ecossistemas e comprometendo corredores ecológicos essenciais. As estradas funcionam como barreiras territoriais que interrompem fluxos naturais, dificultam a migração de espécies e alteram ciclos hidrológicos, como aponta Panazzolo, et.al. (2012. p.4).

Supressão da Vegetação e de Ambientes Terrestres e Transitórios: a supressão da vegetação para a implantação da Rodovia é um impacto negativo de ocorrência inevitável nos ambientes transitórios mais importantes e mais afetados pela supressão são os banhados que existem na AID.

Criação de Barreiras ao Deslocamento de Animais: trata-se do impacto causado pela imposição de obstáculos ao livre deslocamento da fauna e pode culminar no isolamento reprodutivo de populações animais, o que, por sua vez, pode torná-las inviáveis geneticamente.

Afugentamento da Fauna: o impacto está relacionado ao incremento na circulação humana e de equipamentos na área de influência.

Deposição de Resíduos Sólidos às Margens da Rodovia: a deposição de lixo às margens de uma rodovia pode se constituir em recursos para a fauna local, atraindo-a e mantendo-a nas proximidades da rodovia sob dois aspectos: abrigo e alimento. Este impacto é negativo, de ocorrência provável em todas

as fases do empreendimento e de natureza permanente caso não sejam adotadas medidas de controle (Panazzolo, et.al. 2012. p.4)

Frente a essa realidade, a educação para riscos deve assumir o desafio de tornar visíveis os riscos “invisíveis”, trabalhando o senso de pertencimento e corresponsabilidade sobre os territórios impactados. O setor de transportes, por sua centralidade na organização do espaço, requer um tipo de educação que atue também como mediação ética, promovendo o engajamento de múltiplos atores no enfrentamento das dicotomias socioambientais.

No aspecto hídrico, o descarte inadequado de resíduos e o escoamento de contaminantes da pista, como: óleos, graxas e restos de cargas representam um risco constante de contaminação do solo e dos corpos d'água, impactando a saúde dos ecossistemas aquáticos e o abastecimento hídrico, como mencionado anteriormente.

Se a paisagem natural já revelou seus desafios, é fundamental agora redirecionar o olhar para os riscos sociais inerentes a magnitude da estrutura viária e suas consequências. A falta de infraestrutura adequada para pedestres e ciclistas em áreas próximas às rodovias agrava a vulnerabilidade desses grupos, que são forçados a coexistir em espaços mal planejados. A proximidade de residências com rodovias configura a espacialização das vulnerabilidades. Nessas zonas, o tráfego intenso agrava o risco de acidentes e compromete a qualidade de vida dos moradores e dos viajantes. A falta de infraestrutura adequada, como calçadas, cicloviárias, faixas de transição e sinalização, força pedestres e ciclistas a conviverem em ambientes inseguros, mal planejados e segregadores, conforme dados apresentados pela Organização Pan Americana de Saúde:

90% das mortes no trânsito ocorrem em países de baixa e média renda.

Os acidentes nas vias custam aos países cerca de 3% de seus produtos internos brutos.

Quase metade (49%) das pessoas que morrem nas vias em todo o mundo são pedestres, ciclistas e motociclistas.

Pedestres, motociclistas e ciclistas são as principais vítimas no trânsito em todas as sub-regiões, exceto na América do Norte, onde os motoristas de automóveis são os principais afetados.

Na Região das Américas, usuários vulneráveis das estradas, como pedestres, motociclistas e ciclistas, representam 23%, 15% e 3% das mortes no trânsito, respectivamente.

Homens correm maior risco de morrer por acidentes de trânsito do que mulheres.

Dos países da Região, 21 possuem legislação sobre o uso de cinto de segurança. (Organização Pan Americana de Saúde, 2010)

Como Bueno (2023) aponta, as políticas públicas frequentemente acentuam as desigualdades, como exemplo, ao concentrar a infraestrutura cicloviária em áreas

centrais. Isso deixa as periferias desassistidas, uma realidade que se agrava com a influência e o traçado das rodovias, que muitas vezes segregam essas áreas e dificultam ainda mais o acesso a modais de transporte alternativos e seguros

A cidade de São Paulo não mensura e não monitora as desigualdades relacionadas à mobilidade ativa, apesar do seu sistema cicloviário ter o objetivo de reduzi-las. A partir disso, o estudo do CEM apontou vários fatores que reforçam relações desiguais na cidade, como a restrição das bicicletas compartilhadas e a concentração de ciclovias e ciclofaixas nas regiões centrais, mais ricas e com mais automóveis. As poucas estruturas localizadas nas áreas periféricas estão, em geral, desconectadas da malha principal e, nas zonas com baixo índice de veículos, nota-se a ausência dessas vias exclusivas. (Bueno, 2023)

Esses conflitos revelam o quanto o planejamento logístico pode operar desarticulado do planejamento urbano, ou à mercê de interesses econômicos. A educação, nesse sentido, deve agir tanto na formação crítica dos tomadores de decisão quanto no empoderamento das comunidades, criando espaços de negociação coletiva e justiça territorial. Giddens (2002) destaca que fortalecer a confiança nas instituições é de suma importância para construir formas de governança mais justas

É fundamental se atentar para as dimensões preventiva e estratégica. Podendo atuar como ponte entre as estatísticas e o cotidiano das pessoas, tornando visíveis as relações entre mobilidade, saúde pública e justiça socioespacial. O mapeamento de áreas de risco, a escuta das comunidades impactadas e a criação de programas educativos voltados às realidades locais são fundamentais para o planejamento urbano e logístico sustentável.

Programas educativos destinados a motoristas, transportadoras e gestores públicos devem integrar noções de condução defensiva, manutenção preventiva e descarte adequado de resíduos, além de fomentar a adoção de tecnologias menos poluentes.

Por isso, a educação para riscos deve ser tratada como eixo estruturante de uma nova organização territorial e social, capaz de reposicionar os sujeitos diante das múltiplas dimensões do risco. Mais do que capacitação, trata-se de construir uma cultura de responsabilidade coletiva frente à crise ambiental e social. A Geografia, ao iluminar essas intersecções, reafirma sua relevância como ciência da crítica e da ação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O transporte rodoviário de mercadorias, embora exerça papel estratégico para a dinâmica da vida moderna e para a integração econômica de países como o Brasil,

impõe consigo um conjunto considerável de impactos ambientais e sociais. Sob a perspectiva da Geografia, tais impactos extrapolam a esfera técnica e se configuram como expressões de desigualdades espaciais e desequilíbrios da relação homem-natureza. Compreender essas externalidades implica reconhecer que a mobilidade de cargas está interligada a interesses econômicos, disputas territoriais e políticas e a dinâmicas urbanas excludentes.

O modelo logístico rodoviário, não pode mais ser analisado apenas por seu desempenho funcional, mas pelas implicações que gera em múltiplas escalas: da qualidade do ar às transformações no tecido urbano, da saúde pública ao direito à cidade. Ao considerar todas essas dimensões, os custos ocultos tornam-se evidentes sejam eles despesas econômicas, perdas de vidas, degradação ambiental, injustiça social ou a falta de acesso a direitos básicos. Reconhecer e estimar esses custos é essencial para uma gestão mais eficaz, que possibilite decisões mais precisas, o desenvolvimento de estratégias preventivas e a adoção de práticas sustentáveis.

Diante desse cenário, a educação para riscos configura-se como ferramenta fundamental para a transição rumo a uma logística mais justa e sustentável. Mais do que disseminar informações técnicas, ela deve promover a formação crítica de todos os sujeitos envolvidos, fortalecendo a consciência sobre os riscos produzidos e sobre os modos de evitá-los ou remediá-los. Formar indivíduos capazes de identificar, analisar e responder aos riscos do transporte rodoviário é investir não apenas em segurança, mas também em cidadania e justiça ambiental.

Assim, não basta apenas a modernização da frota ou a adoção de tecnologias menos poluentes. É preciso colocar o ser humano no centro das transformações, reconhecendo sua capacidade de intervir de forma responsável no espaço. A atuação das esferas municipal, estadual e federal, bem como do setor privado, deve ser orientada por princípios de equidade, sustentabilidade e participação social.

Trilhar caminhos para um transporte de mercadorias que seja eficiente, mas que também respeite os limites ecológicos e os direitos das populações impactadas, representa um dos maiores desafios e, ao mesmo tempo, uma das mais urgentes contribuições possíveis frente às crises contemporâneas. Reconhecer os riscos é o primeiro passo; enfrentá-los com consciência crítica e responsabilidade compartilhada é o verdadeiro horizonte transformador.

REFERÊNCIAS

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução de Sebastião Nascimento. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011. 384 p. Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/wpcontent/uploads/2020/11/sociedade_de_risco.pdf Acesso em: jun. 2025

BERNARDES, Julio. *Caminhão e ônibus são responsáveis por metade da poluição do ar em SP*. **Jornal da USP**, São Paulo, 17 jul. 2018. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/caminhoes-e-onibus-sao-responsaveis-por-metade-da-poluicao-em-sao-paulo/>. Acesso em: jun. 2025.

BOM DIA TOCANTINS. **Indígenas Kraôh reclamam da situação de estrada que dá acesso a 30 aldeias**. G1 Tocantins, [S. l.], 2 jun. 2025. Vídeo. Disponível em: <https://g1.globo.com/to/tocantins/videos-bom-dia-tocantins/video/indigenas-kraoh-reclamam-da-situacao-de-estrada-que-da-acesso-a-30-aldeias-13647808.ghtml>. Acesso em: jun. 2025.

BUENO, Felipe. *Sistema cicloviário brasileiro apresenta um cenário de desigualdade e ineficiência*. **Jornal da USP**, São Paulo, 23 nov. 2023. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=705943>. Acesso em: jun. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). **Resolução nº 5.849, de 16 de julho de 2019**. [Dispõe sobre os procedimentos para a inscrição e manutenção no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas – RNTRC]. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, n. 138, p. 112.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Nota do ICMBio sobre o acidente com carga perigosa dentro do Parque Nacional da Serra dos Órgãos**. Brasília, DF: ICMBio, 25 mar. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/parna-da-serra-dos-orgaos/noticias/nota-do-icmbio-sobre-o-acidente-com-carga-perigosa-dentro-do-parque-nacional-da-serra-dos-orgaos-1> Acesso em: mar. 2025.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. *Geografia. Brasília: Ministério das Relações Exteriores*. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/embaixada-bogota/o-brasil/geografia>. Acesso em: jul. 2025.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Secretaria-Executiva. Subsecretaria de Planejamento. Coordenação-Geral de Gestão da Informação (CGINF). **Mapa rodoviário**. Brasília, DF: Ministério dos Transportes, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/mapas/copy_of_Rodoviariofederal.pdf. Acesso em: mar 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Agência CNT Transporte Atual - **Falta de infraestrutura das rodovias brasileiras gera impactos no meio ambiente**. Publicado em 14 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/falta-de-infraestrutura-das-rodovias-brasileiras-gera-impactos-no-meio-ambiente>. Acesso: mar 2025

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Guia CNT de segurança nas rodovias brasileiras**. Brasília, DF: CNT, 2025a. Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtual/19d64880-1b31-4e70-a243-11df2bca012c.pdf>. Acesso em: jun. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Painel CNT do Transporte - Rodoviário: frota de veículos**. Brasília, 2025b. Disponível em: <https://cnt.org.br/painel-cnt-transporte-rodoviario> Acesso em: jun. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Painel de Consulta Dinâmica aos Resultados da Pesquisa CNT de Rodovias**. Brasília, 2024a. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/painel> . Acesso em: 25 jun. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE; SERVIÇO SOCIAL DO TRANSPORTE; SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM DO TRANSPORTE; INSTITUTO DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA. **Pesquisa CNT de Rodovias 2024**. Brasília: CNT: SEST SENAT: ITL, 2024b. 224 p. Disponível em: <https://cnt.org.br/documento/cbf59b9e-fd1a-41fc-b230-172c4dc42100> Acesso: junho/2025

GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Editora UNESP, 1991. (Biblioteca Básica). Disponível em: https://www.ispsn.org/sites/default/files/documentos-virtuais/pdf/anthony_giddens_-_as_consequencias_da_modernidade.pdf. Acesso em: jul.2025.

GIDDENS, Anthony. **Modernidade e identidade**. Tradução de Plínio Dentzien. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002 Disponível em: <https://posgradsoc.ufc.br/wp-content/uploads/2021/11/giddens-anthony.-modernidade-e-identidade.-1.pdf> Acesso em: jun. 2025

HADDAD, Eduardo Amaral. **Transporte, eficiência e desigualdade regional: avaliação com um modelo CGE para o Brasil**. Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE), Rio de Janeiro, v. 36, n. 3, p. 413-448, dez. 2006. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/4338>. Acesso em: jun.2025

HARVEY, David. **Condição Pós-Moderna: Uma Pesquisa sobre as Origens da Mudança Cultural**. Tradução de Adail Ubirajara Sobral e Maria Stela Gonçalves. 17. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2008. 349 p.

JUNIOR, Moacir Freitas; TOLOI, Rodrigo Caio; DOS REIS, João Gilberto Mendes. **Análise de viabilidade dos custos para a reativação do terminal de conchas na hidrovía Tietê Paraná**. South American Development Society Journal, [S. l.], v. 3, n. 07, p. 81-100, 2017. DOI: 10.24325/issn.2446-5763.v3i7p81-100. Disponível em: <https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/62>. Acesso em: jun. 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Segurança no trânsito**. [S. l.]: OPAS, [2010]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/seguranca-no-transito>. Acesso em: jun. 2025.

PANAZZOLO, Adriano Peixoto et al. **Gestão ambiental na construção de rodovias: o caso da BR-448 - Rodovia do Parque**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 3., 2012, Bento Gonçalves. Anais eletrônicos. Bento Gonçalves, RS: [s.n.], 2012. 8 p. Disponível em: <https://siambiental.ucs.br/congresso/anais/trabalhosTecnicos?ano=2012> Acesso em: jun. 2025.

TEIXEIRA, Ana Carolina Rodrigues et al. **PM emissions from heavy-duty trucks and their impacts on human health**. Atmospheric Environment, v. no

2020, p. 01-13, 2020 Tradução . . Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117814>. Acesso em: jun. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM. ***The Global Competitiveness Report 2019***.
(Org.). Klaus Schwab. Geneva: World Economic Forum, 2019. 648 p. Disponível em:
https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf
Acesso em: jun. 2025.

