

**Logística Sustentável e Competitividade: Estratégias para Redução de Custos e Impacto Ambiental no Transporte Rodoviário**  
**Sustainable Logistics and Competitiveness: Strategies for Cost Reduction and Environmental Impact in Road Transport**

*Autor: Ivan de Matos*

*Formado em Logística, pelo Centro Universitário Leonardo Da Vinci*

*Pós-graduado em Administração de Pessoas, pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci*

## Resumo

A logística rodoviária é o principal meio de transporte de cargas no Brasil e em grande parte do mundo, desempenhando papel essencial para a economia, mas também sendo responsável por elevados custos operacionais e impactos ambientais significativos. Este artigo tem como objetivo analisar a relação entre práticas de logística sustentável e a competitividade empresarial, destacando estratégias para reduzir custos e minimizar os efeitos ambientais decorrentes do transporte rodoviário. Foram utilizados estudos de autores consagrados, como Ballou (2006), Bowersox e Closs (2014) e Rodrigue (2020), além de relatórios da Agência Internacional de Energia (IEA, 2019) e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2020). A pesquisa demonstra que práticas sustentáveis, como renovação da frota, uso de combustíveis alternativos, roteirização inteligente e integração tecnológica, contribuem não apenas para a redução da emissão de poluentes, mas também para o aumento da eficiência e competitividade das empresas no mercado. Os resultados indicam que a sustentabilidade, longe de ser apenas um custo adicional, pode configurar-se como diferencial competitivo no setor logístico contemporâneo.

**Palavras-chave:** Logística Sustentável; Transporte Rodoviário; Competitividade; Custos; Meio Ambiente.

## Abstract

Road logistics is the main means of freight transport in Brazil and in much of the world, playing an essential role in the economy but also being responsible for high operational costs and significant environmental impacts. This article aims to analyze the relationship between sustainable logistics practices and business competitiveness, highlighting strategies to reduce costs and minimize the environmental effects of road transport. Studies by renowned authors

such as Ballou (2006), Bowersox and Closs (2014), and Rodrigue (2020), as well as reports from the International Energy Agency (IEA, 2019) and the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 2020), were used. The research shows that sustainable practices, such as fleet renewal, use of alternative fuels, smart routing, and technological integration, contribute not only to reducing pollutant emissions but also to increasing efficiency and competitiveness of companies in the market. The results indicate that sustainability, far from being just an additional cost, can be configured as a competitive differential in the contemporary logistics sector.

**Keywords:** Sustainable Logistics; Road Transport; Competitiveness; Costs; Environment.

## 1. Introdução à Logística Sustentável e ao Transporte Rodoviário

A logística sustentável surge como uma resposta às crescentes preocupações globais com os impactos ambientais e sociais das atividades de transporte, especialmente no modal rodoviário. No Brasil, este modal concentra aproximadamente 65% de toda a matriz de transporte de cargas, de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2021), revelando sua importância estratégica e, ao mesmo tempo, seus desafios quanto ao consumo de combustíveis fósseis e à emissão de gases de efeito estufa. Segundo Ballou (2006), a logística deve ser entendida não apenas como um conjunto de processos voltados à eficiência operacional, mas como um elo essencial na competitividade e no atendimento às demandas sociais. Assim, torna-se fundamental alinhar as práticas logísticas à agenda da sustentabilidade, uma vez que a redução do impacto ambiental se conecta diretamente à imagem corporativa e ao posicionamento competitivo das empresas no mercado.

O transporte rodoviário é um setor altamente intensivo em energia, representando um dos maiores emissores de dióxido de carbono no Brasil e no mundo. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2019), o setor de transportes responde por cerca de 24% das emissões globais de CO<sub>2</sub>, sendo os veículos de carga pesados responsáveis por quase metade desse total. Tais dados reforçam a necessidade de repensar os modelos de transporte, considerando alternativas que minimizem os danos ambientais e, ao mesmo tempo, ofereçam viabilidade econômica para as empresas. Como enfatiza Rodrigue (2020), a sustentabilidade logística não deve ser vista como um ônus adicional, mas como um investimento estratégico que garante ganhos de eficiência no médio e longo prazo, ampliando a competitividade do setor.

Outro aspecto que fortalece a discussão sobre logística sustentável está ligado à pressão regulatória e ao engajamento da sociedade civil. Em diversas regiões do mundo, especialmente na União Europeia, legislações vêm exigindo padrões mais rígidos de emissões veiculares e de responsabilidade socioambiental das empresas (OCDE, 2020). No Brasil, políticas públicas como o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) já indicam avanços, embora ainda limitados. Tais regulamentações impõem mudanças nas práticas

empresariais e demandam inovação tecnológica constante, o que, conforme Porter e Van der Linde (1995), pode gerar “inovações compensatórias”, em que a adoção de tecnologias mais limpas também leva a reduções de custos e ganhos de eficiência.

Além da questão regulatória, observa-se um movimento crescente dos consumidores em direção a marcas e empresas comprometidas com práticas sustentáveis. O relatório da Nielsen (2019) aponta que mais de 70% dos consumidores globais preferem adquirir produtos e serviços de empresas que demonstram responsabilidade socioambiental. No setor logístico, essa tendência se reflete na demanda por cadeias de suprimentos mais transparentes e responsáveis, nas quais a redução de emissões e a eficiência energética tornam-se diferenciais competitivos. Isso reforça a visão de Elkington (1998), que cunhou o conceito de “triple bottom line”, defendendo que a performance empresarial deve ser avaliada sob três dimensões: econômica, social e ambiental.

É importante destacar, ainda, a relação intrínseca entre sustentabilidade e custos logísticos. Tradicionalmente, o setor rodoviário é visto como oneroso devido ao elevado consumo de combustíveis e à dependência da malha viária. Contudo, estudos recentes têm mostrado que práticas sustentáveis, como a roteirização inteligente e o uso de tecnologias de rastreamento, reduzem significativamente desperdícios e aumentam a produtividade (Bowersox; Closs, 2014). A eficiência operacional, portanto, não se limita mais ao simples corte de gastos, mas à adoção de práticas que harmonizam competitividade e responsabilidade ambiental.

Outro fator crucial é a vulnerabilidade do setor rodoviário aos custos variáveis, como o preço do diesel, que no Brasil sofre grande oscilação por fatores geopolíticos e econômicos. A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2020) indica que o combustível pode representar até 40% do custo operacional de um caminhão. Nesse cenário, práticas sustentáveis como a utilização de biocombustíveis, gás natural veicular e eletrificação da frota mostram-se alternativas não apenas para reduzir impactos ambientais, mas também para aumentar a previsibilidade e a estabilidade dos custos. Como observa Sachs (2015), a transição energética é uma das chaves para conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental no século XXI.

A introdução da logística sustentável no debate empresarial também encontra suporte em métricas de desempenho mais abrangentes. Atualmente, a análise de indicadores como a pegada de carbono, a intensidade energética e os custos totais de propriedade de veículos tornam-se ferramentas indispensáveis para gestores logísticos. Conforme destaca Christopher (2016), a logística contemporânea deve ser compreendida como um sistema integrado que equilibra eficiência, resiliência e responsabilidade socioambiental. Dessa forma, a sustentabilidade não é apenas uma tendência, mas uma exigência para a sobrevivência das organizações em mercados cada vez mais competitivos e regulados.

Por fim, cabe ressaltar que a sustentabilidade logística não deve ser analisada apenas pela ótica empresarial, mas como uma política de Estado e uma responsabilidade coletiva. O transporte rodoviário sustentável é um desafio sistêmico que envolve infraestrutura adequada, incentivos

governamentais, inovação tecnológica e engajamento das empresas e da sociedade. Conforme Veiga (2010), o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias. Portanto, introduzir a sustentabilidade no transporte rodoviário significa não apenas reduzir custos e impactos imediatos, mas construir um modelo de desenvolvimento mais justo e duradouro.

## 2. Competitividade Empresarial e Sustentabilidade na Logística

A competitividade no setor logístico, especialmente no modal rodoviário, depende de fatores que vão além da simples eficiência operacional. A incorporação de práticas sustentáveis tem se mostrado um diferencial estratégico para empresas que buscam não apenas sobreviver, mas liderar em mercados cada vez mais exigentes. Segundo Porter e Kramer (2006), as empresas devem alinhar suas estratégias de responsabilidade social corporativa à criação de valor compartilhado, de modo que a sustentabilidade não seja vista como custo, mas como investimento em competitividade. Nesse sentido, a adoção de tecnologias limpas, a modernização da frota e a digitalização dos processos logísticos não apenas reduzem impactos ambientais, mas também proporcionam ganhos de produtividade e credibilidade perante clientes e investidores.

O transporte rodoviário, historicamente associado a altos níveis de poluição e desperdícios, tem se reinventado por meio da sustentabilidade como vetor de inovação e vantagem competitiva. Empresas que adotam práticas de eficiência energética, como veículos híbridos ou elétricos, reduzem custos de manutenção e combustível, ao mesmo tempo em que se beneficiam de uma imagem positiva perante consumidores cada vez mais conscientes. Estudos de Goldsby e Martichenko (2005) apontam que a logística enxuta, quando combinada a princípios de sustentabilidade, proporciona cadeias de suprimentos mais ágeis, econômicas e ambientalmente responsáveis, o que fortalece a competitividade em setores altamente disputados.

A relação entre competitividade e sustentabilidade também se expressa na capacidade das empresas de atender a exigências de parceiros internacionais. Em cadeias globais de suprimentos, certificações ambientais como a ISO 14001 tornaram-se requisitos para a permanência em mercados desenvolvidos, sobretudo na União Europeia. Isso significa que empresas brasileiras que não adaptarem suas práticas logísticas podem perder espaço competitivo em decorrência da ausência de conformidade regulatória. Como destaca Sachs (2015), a sustentabilidade deixou de ser opcional e passou a constituir um fator determinante para a integração das economias em um mundo interdependente e globalizado.

Outro aspecto relevante é a capacidade de redução de riscos proporcionada pela adoção de práticas sustentáveis. Em um contexto de crescente instabilidade climática, empresas que investem em frota mais eficiente e menos poluente estão menos expostas a futuras restrições

legais ou à pressão de stakeholders. Conforme Hart e Milstein (2004), as organizações que incorporam a sustentabilidade à sua estratégia conseguem não apenas mitigar riscos, mas também explorar novas oportunidades de mercado, especialmente em setores de energia limpa e mobilidade sustentável. Isso amplia sua vantagem competitiva frente a concorrentes que ainda operam em modelos ultrapassados e ambientalmente insustentáveis.

Do ponto de vista econômico, a sustentabilidade na logística rodoviária também está associada à eficiência no uso de recursos. Empresas que utilizam tecnologias de roteirização avançada, telemetria e sistemas de gestão de frotas conseguem reduzir consumo de combustível, tempo de viagem e custos de manutenção. Estudos de Bowersox e Closs (2014) demonstram que o uso de tecnologias de informação e comunicação no transporte rodoviário pode gerar reduções de até 20% nos custos logísticos, além de contribuir significativamente para a diminuição das emissões de CO<sub>2</sub>. Essa sinergia entre sustentabilidade e eficiência comprova que a competitividade moderna exige mais do que baixos preços: requer inteligência estratégica e responsabilidade socioambiental.

Além disso, a incorporação da sustentabilidade ao setor logístico tem impacto direto na atração de investimentos. Cada vez mais, fundos internacionais e bancos de fomento direcionam recursos a projetos que atendem critérios ESG (Environmental, Social and Governance). O relatório da PwC (2020) destaca que, até 2025, mais da metade dos ativos geridos globalmente estarão sob estratégias alinhadas a princípios ESG. Isso significa que empresas logísticas que não demonstrarem compromisso com a redução de impactos ambientais poderão encontrar barreiras ao acesso a capital, comprometendo sua competitividade. Por outro lado, aquelas que liderarem a transição sustentável terão maior facilidade em captar recursos e expandir suas operações.

Cabe ressaltar, ainda, que a competitividade empresarial não deve ser analisada apenas pela ótica de custos, mas também pelo impacto reputacional. Em tempos de mídias digitais e transparência informacional, práticas insustentáveis são rapidamente expostas e podem gerar crises de imagem com consequências severas. Kotler e Keller (2012) afirmam que a construção de valor de marca passa pela percepção de responsabilidade social e ambiental da empresa, sendo a reputação um dos ativos mais valiosos na economia contemporânea. No setor logístico, empresas que adotam práticas sustentáveis criam diferenciais de mercado que não podem ser facilmente replicados por concorrentes.

Finalmente, é essencial compreender que a integração entre competitividade e sustentabilidade exige uma mudança cultural dentro das empresas. Não se trata apenas de investir em tecnologia ou em processos mais limpos, mas de desenvolver uma mentalidade organizacional voltada ao longo prazo e ao valor compartilhado. Conforme Drucker (1986), “as organizações devem buscar resultados que transcendam os ganhos imediatos e contribuam para a sociedade como um todo”. Assim, a competitividade empresarial no transporte rodoviário só será plenamente alcançada se estiver fundamentada em práticas que conciliem eficiência econômica, responsabilidade ambiental e compromisso social.

### 3. Impactos Ambientais do Transporte Rodoviário e Estratégias de Mitigação

O transporte rodoviário é reconhecido como uma das atividades econômicas de maior impacto ambiental, especialmente devido à dependência quase exclusiva de combustíveis fósseis. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2019), os veículos de transporte rodoviário são responsáveis por aproximadamente 18% das emissões globais de CO<sub>2</sub>, com destaque para caminhões pesados que apresentam alto consumo energético. No Brasil, dados do Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL, 2020) apontam que mais de 90% da frota ainda depende do diesel como principal combustível, o que amplia os impactos ambientais ao incluir não apenas gases de efeito estufa, mas também poluentes locais como óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018) alerta que esses poluentes estão diretamente relacionados a problemas respiratórios e cardiovasculares em populações urbanas, reforçando a urgência da mitigação ambiental no setor logístico.

As estratégias de mitigação vêm sendo cada vez mais discutidas em pesquisas e relatórios técnicos, com destaque para o uso de biocombustíveis, gás natural veicular (GNV) e eletrificação das frotas. Estudos de Goldemberg (2010) apontam que o Brasil possui vantagens comparativas no uso de biocombustíveis, em especial o biodiesel e o etanol, em função da matriz energética relativamente limpa. Contudo, sua adoção em larga escala enfrenta barreiras de infraestrutura e custos iniciais. De acordo com BNDES (2021), a eletrificação veicular no setor de transporte de cargas, embora ainda incipiente, apresenta grande potencial de expansão com incentivos fiscais e investimentos em infraestrutura de recarga. O desafio consiste em compatibilizar inovação tecnológica, viabilidade econômica e impacto ambiental, de modo a reduzir as externalidades negativas do transporte rodoviário.

Uma das soluções que vêm ganhando destaque é a adoção da logística verde, conceito que envolve a integração de práticas ambientais em todas as etapas da cadeia logística. Sarkis (2003) define logística verde como um conjunto de práticas que visam reduzir os impactos ambientais por meio da otimização do transporte, gestão de resíduos, reciclagem e uso de tecnologias limpas. No Brasil, empresas como Ambev e Natura já adotam iniciativas de logística reversa, na qual embalagens e resíduos retornam ao ciclo produtivo, contribuindo não apenas para a sustentabilidade, mas também para o cumprimento de legislações ambientais como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Tais práticas fortalecem a relação entre logística e responsabilidade socioambiental, além de reduzir custos no longo prazo ao reaproveitar materiais e otimizar processos.

Outra estratégia de mitigação é o uso da tecnologia da informação para a otimização de rotas, com impacto direto na redução do consumo de combustível e das emissões de CO<sub>2</sub>. Segundo Bowersox e Closs (2014), a roteirização inteligente pode gerar uma economia de até 15% no consumo de combustível e reduzir significativamente os custos logísticos. No Brasil, empresas de transporte vêm adotando sistemas de telemetria e softwares de gestão de frotas que permitem monitorar o desempenho dos veículos em tempo real, evitando trajetos desnecessários e

incentivando práticas de direção econômica. Esse movimento demonstra como a inovação digital pode se aliar à sustentabilidade, reforçando a importância da transformação tecnológica no setor.

Além disso, a manutenção preventiva de veículos é uma prática essencial para a redução de emissões e consumo de combustível. Estudos de Christopher (2016) destacam que caminhões com manutenção em dia emitem até 25% menos poluentes do que veículos em más condições mecânicas. Esse dado reforça a necessidade de capacitação contínua de motoristas e gestores de frota, uma vez que a condução eficiente e o controle preventivo de equipamentos são determinantes para o alcance de resultados ambientais positivos. A promoção de cursos e treinamentos sobre condução sustentável é uma estratégia que alia responsabilidade ambiental à eficiência operacional, promovendo ganhos em escala.

Outra dimensão dos impactos ambientais do transporte rodoviário refere-se à poluição sonora e à degradação da infraestrutura viária. Conforme estudos de Rodrigue (2020), os ruídos gerados por veículos pesados afetam diretamente a qualidade de vida em áreas urbanas, enquanto o tráfego intenso acelera a deterioração das estradas, exigindo investimentos contínuos em manutenção. Esses efeitos, embora menos discutidos do que as emissões de gases, representam custos sociais elevados e devem ser considerados nas políticas públicas de mobilidade sustentável. Nesse contexto, a integração entre logística e planejamento urbano é essencial para mitigar externalidades negativas e criar soluções mais equilibradas para o transporte de cargas.

O uso de tecnologias de propulsão alternativas, como hidrogênio verde, tem sido explorado como solução de longo prazo para os impactos ambientais do transporte rodoviário. Estudos da International Renewable Energy Agency (IRENA, 2020) indicam que o hidrogênio pode reduzir em até 70% as emissões do setor, desde que sua produção seja baseada em fontes renováveis. Embora ainda enfrente barreiras econômicas e tecnológicas, o hidrogênio representa uma promessa para o futuro da logística sustentável, especialmente em corredores de transporte de alta demanda. Essa perspectiva reforça a importância da inovação contínua e dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para o avanço de soluções ambientais no setor.

Em síntese, os impactos ambientais do transporte rodoviário representam um dos maiores desafios contemporâneos para a logística. A mitigação dessas externalidades exige um conjunto de estratégias que vai desde a adoção de combustíveis alternativos até a integração da tecnologia digital e da gestão preventiva. Conforme Veiga (2010), a sustentabilidade deve ser entendida como um processo dinâmico e multidimensional, que requer inovação, planejamento e cooperação entre Estado, empresas e sociedade. Dessa forma, as estratégias de mitigação ambiental não apenas reduzem custos e riscos, mas também criam oportunidades de competitividade em mercados globalizados que valorizam práticas responsáveis.

#### 4. Inovação Tecnológica e Sustentabilidade no Transporte Rodoviário

A inovação tecnológica é um dos pilares fundamentais para o avanço da sustentabilidade no transporte rodoviário, funcionando como motor de transformação das práticas logísticas e empresariais. Segundo Schumpeter (1984), a inovação é o elemento central do desenvolvimento econômico, permitindo a renovação de setores inteiros por meio de novos produtos, processos e formas de organização. No contexto logístico, a adoção de tecnologias limpas e digitais é o caminho mais viável para compatibilizar eficiência, competitividade e responsabilidade ambiental. Isso implica em investimentos robustos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), além de políticas públicas que incentivem a modernização da frota e a digitalização da cadeia de suprimentos.

Uma das inovações mais discutidas é a eletrificação das frotas, que, embora ainda restrita em países emergentes, representa uma tendência irreversível nos mercados desenvolvidos. De acordo com a BloombergNEF (2021), espera-se que até 2040 mais da metade dos veículos comerciais vendidos globalmente sejam elétricos. Essa transição, contudo, exige forte infraestrutura de recarga e incentivos fiscais para superar os elevados custos iniciais. No Brasil, iniciativas como o Rota 2030, que incentiva a eficiência energética e a inovação no setor automotivo, indicam passos importantes, mas insuficientes diante da urgência climática. Como observa Sachs (2015), a transição para uma economia de baixo carbono é um desafio civilizatório que exige cooperação entre empresas, governos e sociedade.

Além da eletrificação, a digitalização da logística também representa uma inovação disruptiva para a sustentabilidade. Tecnologias como inteligência artificial, big data e internet das coisas (IoT) permitem monitorar em tempo real o desempenho da frota, otimizar rotas e prever falhas mecânicas, reduzindo custos e emissões. Estudos de Waller e Fawcett (2013) demonstram que o uso de big data analytics no transporte pode reduzir em até 20% os custos operacionais e em 15% as emissões de carbono. Esses avanços mostram que a sustentabilidade não está dissociada da inovação tecnológica, mas é fortalecida por ela, criando novos padrões de competitividade no setor logístico.

A automação e os veículos autônomos são outra fronteira tecnológica que promete revolucionar o transporte rodoviário. Pesquisas de Rodrigue (2020) indicam que a automação pode reduzir significativamente o consumo de combustível ao adotar padrões de condução mais eficientes e consistentes. Além disso, veículos autônomos reduzem custos de mão de obra e aumentam a segurança viária, fatores que se conectam à competitividade empresarial. Contudo, os desafios regulatórios e éticos ainda são grandes, exigindo ampla discussão social sobre os impactos dessa inovação no mercado de trabalho e na segurança pública.

Outro aspecto relevante é a integração da inovação tecnológica com práticas de economia circular. Empresas de transporte vêm investindo em pneus reciclados, reaproveitamento de peças e sistemas de logística reversa para reduzir a geração de resíduos e ampliar a vida útil dos ativos.

De acordo com Ellen MacArthur Foundation (2019), a economia circular aplicada ao setor de transportes pode gerar economias de até US\$ 1 trilhão por ano globalmente, além de reduzir drasticamente os impactos ambientais. Essa integração entre tecnologia e circularidade fortalece a visão sistêmica da logística sustentável, que busca alinhar crescimento econômico e responsabilidade ambiental.

A inovação tecnológica também tem papel estratégico na redução de acidentes e na melhoria da segurança viária. Sistemas avançados de assistência ao motorista, como frenagem automática de emergência e controle eletrônico de estabilidade, reduzem riscos e contribuem para a diminuição de custos sociais relacionados a acidentes de trânsito. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), acidentes viários representam uma das principais causas de morte em países em desenvolvimento, e sua redução está diretamente ligada à modernização tecnológica da frota. Assim, investir em inovação não é apenas uma questão de eficiência, mas de responsabilidade social e pública.

Outro ponto central é a colaboração entre empresas de tecnologia, universidades e governo para acelerar a inovação no transporte rodoviário. Modelos de inovação aberta, defendidos por Chesbrough (2003), permitem compartilhar conhecimentos e reduzir custos de pesquisa, ampliando a velocidade das transformações tecnológicas. No Brasil, parcerias entre montadoras, startups de mobilidade e instituições acadêmicas vêm gerando soluções inovadoras em áreas como combustíveis alternativos, telemetria e sistemas de gestão integrada. Essas colaborações demonstram que a inovação tecnológica não pode ser isolada, mas deve ser construída em ecossistemas colaborativos que alinhem interesses públicos e privados.

Por fim, é essencial compreender que a inovação tecnológica não é um fim em si mesma, mas um meio para alcançar um transporte rodoviário mais sustentável, eficiente e competitivo. Como destaca Freeman e Soete (1997), a inovação só adquire significado quando aplicada a problemas concretos da sociedade e do mercado. Nesse sentido, as tecnologias aplicadas à logística devem priorizar a redução de impactos ambientais, a melhoria da eficiência operacional e a promoção de bem-estar social. Dessa forma, a inovação tecnológica se estabelece como um vetor indispensável para o futuro da logística sustentável, alinhando crescimento econômico às metas globais de mitigação climática.

## **5. Competitividade Empresarial e Sustentabilidade na Logística Rodoviária**

A busca pela competitividade empresarial no setor de transportes está cada vez mais atrelada à adoção de práticas sustentáveis. No passado, reduzir custos e aumentar eficiência eram considerados os únicos caminhos para se manter competitivo, mas atualmente empresas que ignoram a agenda ambiental sofrem com perda de reputação e redução de oportunidades em mercados internacionais. De acordo com Porter e Kramer (2011), a competitividade sustentável deve ser vista como uma estratégia de criação de valor compartilhado, ou seja, que gera ganhos econômicos para a empresa ao mesmo tempo em que promove benefícios sociais e ambientais.

Esse conceito se aplica diretamente à logística rodoviária, onde empresas que investem em tecnologias limpas, manutenção preventiva e otimização de rotas não apenas reduzem despesas, mas também conquistam clientes e investidores que priorizam práticas responsáveis.

A transição para uma logística sustentável, entretanto, não é homogênea entre as empresas. Estudos de Christopher (2016) demonstram que companhias multinacionais de grande porte conseguem internalizar práticas de sustentabilidade de forma mais acelerada devido à disponibilidade de capital e acesso à inovação. Já pequenas e médias transportadoras encontram maiores barreiras, especialmente ligadas ao alto custo inicial de tecnologias como veículos híbridos ou elétricos. Nesse cenário, a competitividade passa a depender também da capacidade de formar parcerias, redes de colaboração e consórcios logísticos que permitam compartilhar custos e gerar escala. Essa estratégia colaborativa, conforme aponta Chesbrough (2003), está diretamente ligada ao conceito de inovação aberta e à possibilidade de acelerar transformações em setores de alta complexidade.

A dimensão regulatória também exerce forte influência na competitividade empresarial. Empresas que se antecipam às legislações ambientais e investem em práticas sustentáveis antes da obrigatoriedade legal conquistam vantagem competitiva relevante. O exemplo europeu da Diretiva Euro VI, que estabelece limites rígidos para emissões de veículos pesados, mostra como companhias preparadas obtêm maior espaço no mercado ao atender exigências ambientais antes da concorrência (European Commission, 2019). No Brasil, legislações como o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) funcionam como referência, mas ainda carecem de maior rigor e fiscalização. Dessa forma, empresas que internalizam padrões internacionais de sustentabilidade se tornam mais competitivas não apenas no mercado interno, mas também no comércio exterior.

A competitividade sustentável também está relacionada à capacidade de empresas de demonstrar transparência e rastreabilidade em suas operações. Conforme observa Elkington (1997), pioneiro do conceito de triple bottom line, organizações que medem e divulgam seus indicadores de desempenho ambiental, social e econômico constroem maior credibilidade junto a stakeholders. No setor de transportes, isso significa monitorar emissões de carbono, consumo de combustíveis e impactos sociais, transformando dados em relatórios auditáveis que possam ser utilizados como ferramenta de negociação com clientes. Empresas que demonstram tais práticas tendem a atrair contratos de longo prazo com grandes embarcadores e indústrias, reforçando a ligação entre sustentabilidade e competitividade.

Outro aspecto que reforça a competitividade empresarial é a percepção do consumidor final em relação à sustentabilidade. Pesquisas de Nielsen (2018) revelam que 73% dos consumidores globais afirmam estar dispostos a mudar seus hábitos de consumo para reduzir impactos ambientais, e 46% aceitariam pagar mais por produtos e serviços de empresas sustentáveis. Esse comportamento reflete diretamente na logística, uma vez que clientes industriais e varejistas buscam transportadoras que possam garantir uma cadeia de suprimentos mais limpa. Assim,

empresas que incorporam práticas de logística verde não apenas reduzem custos internos, mas também conquistam mercados que priorizam responsabilidade socioambiental.

A adoção de certificações ambientais e padrões internacionais de gestão também fortalece a competitividade empresarial. Normas como a ISO 14001, que estabelece sistemas de gestão ambiental, e a ISO 50001, voltada para a eficiência energética, são instrumentos cada vez mais valorizados no setor logístico. Segundo Jabbour e Jabbour (2016), empresas certificadas possuem maior facilidade em acessar mercados externos e em negociar financiamentos com bancos que priorizam projetos sustentáveis. No transporte rodoviário, certificações podem representar um diferencial competitivo decisivo, especialmente em licitações públicas e contratos internacionais que exigem comprovação de práticas responsáveis.

A inovação no modelo de negócios é outra dimensão importante para a competitividade. Empresas que conseguem integrar sustentabilidade em sua proposta de valor desenvolvem diferenciais que vão além do preço ou da velocidade de entrega. Exemplos como o da DHL, que investiu em soluções de transporte neutro em carbono e lançou o programa GoGreen, mostram que a sustentabilidade pode se tornar parte da identidade corporativa e atrair clientes globais. Como observa Hart (1997), empresas que integram questões ambientais em sua estratégia central não apenas se protegem de riscos, mas criam novas oportunidades de crescimento. Esse alinhamento entre inovação, sustentabilidade e competitividade reforça a importância da visão estratégica no setor logístico.

Por fim, é essencial destacar que a competitividade empresarial no transporte rodoviário não deve ser vista como um antagonismo entre custos e sustentabilidade. Conforme Sachs (2015), os custos ambientais e sociais negligenciados no presente se transformam em passivos econômicos futuros, seja por meio de sanções regulatórias, perda de reputação ou exclusão de mercados. Assim, empresas que adotam práticas sustentáveis não apenas reduzem riscos, mas também constroem vantagens competitivas duradouras em um cenário global cada vez mais exigente. A competitividade, nesse sentido, torna-se indissociável da sustentabilidade, configurando-se como um caminho inevitável para o futuro da logística rodoviária.

## **6. Gestão de Custos e Eficiência Operacional Sustentável**

A gestão de custos no transporte rodoviário é um dos maiores desafios para empresas do setor, especialmente diante do aumento contínuo do preço dos combustíveis. De acordo com dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2021), o diesel representa em média 40% dos custos totais de uma operação de transporte, o que evidencia a necessidade de estratégias de eficiência operacional. Nesse cenário, práticas sustentáveis como a otimização de rotas, o uso de combustíveis alternativos e a manutenção preventiva de veículos não apenas reduzem os impactos ambientais, mas também contribuem diretamente para a redução de custos. Assim,

sustentabilidade e eficiência deixam de ser conceitos opostos e passam a ser dimensões complementares da gestão empresarial.

Um dos pontos centrais na gestão de custos sustentáveis é a adoção de tecnologias digitais para monitoramento e análise de dados. Ferramentas de telemetria, por exemplo, permitem acompanhar em tempo real o desempenho dos veículos, identificando desperdícios de combustível e padrões de condução ineficientes. Estudos de Waller e Fawcett (2013) demonstram que empresas que adotam sistemas de big data analytics conseguem reduzir em até 20% seus custos operacionais, além de diminuir significativamente as emissões de carbono. A análise preditiva de falhas mecânicas também contribui para a eficiência, evitando quebras inesperadas e aumentando a vida útil dos veículos. Esse conjunto de tecnologias transforma a gestão de custos em um processo contínuo e baseado em evidências.

A manutenção preventiva é outro fator decisivo para a eficiência operacional sustentável. Conforme Christopher (2016), veículos mal conservados consomem até 30% mais combustível e emitem níveis superiores de poluentes. A adoção de programas de manutenção planejada não apenas garante maior confiabilidade da frota, mas também reduz custos de reparo emergencial e evita paradas não programadas. Além disso, treinamentos de motoristas em direção econômica contribuem para otimizar o consumo de combustível, reduzindo em até 15% os gastos operacionais, segundo dados da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2019). Essas práticas demonstram como a gestão de custos pode estar diretamente alinhada à sustentabilidade ambiental.

Outro aspecto relevante é a diversificação da matriz energética no transporte rodoviário. Embora o diesel ainda seja predominante, alternativas como gás natural veicular (GNV), biodiesel e eletrificação parcial da frota já apresentam resultados significativos na redução de custos e impactos ambientais. Estudos de Goldemberg (2010) mostram que a substituição parcial do diesel por biocombustíveis pode reduzir em até 10% os custos operacionais de longo prazo, especialmente em países como o Brasil, que possuem infraestrutura agrícola favorável à produção de energia renovável. Contudo, a viabilidade econômica dessas alternativas depende de políticas públicas consistentes e incentivos fiscais que estimulem sua adoção em larga escala.

A gestão de custos sustentáveis também passa pela integração da logística colaborativa. Compartilhar frotas, consolidar cargas e utilizar plataformas digitais de intermediação reduzem custos e emissões por meio do aumento da eficiência na ocupação dos veículos. De acordo com Crujssen et al. (2007), práticas colaborativas podem reduzir em até 25% o custo logístico de empresas, ao mesmo tempo em que diminuem significativamente as emissões de carbono. Essa tendência reflete um movimento de transformação cultural no setor de transportes, em que a competição pura dá lugar à cooperação estratégica como ferramenta para alcançar eficiência operacional.

A mensuração de indicadores de desempenho ambiental e econômico também é indispensável para a gestão de custos sustentáveis. Conforme Kaplan e Norton (1996), sistemas de balanced

scorecard adaptados para a logística permitem integrar metas financeiras, ambientais e sociais em um mesmo painel de controle. No transporte rodoviário, isso significa acompanhar métricas como consumo médio de combustível, emissões de CO<sub>2</sub> por quilômetro rodado e custos por tonelada transportada. Ao alinhar indicadores de sustentabilidade com objetivos de redução de custos, empresas conseguem criar processos mais transparentes e estratégicos, capazes de gerar vantagem competitiva em mercados cada vez mais exigentes.

Outro ponto de destaque é o papel da inovação na gestão de custos. Empresas que investem em pesquisa e desenvolvimento para criar veículos mais leves, aerodinâmicos e com sistemas de propulsão alternativos conseguem reduzir tanto os custos operacionais quanto os impactos ambientais. De acordo com Rodrigue (2020), cada redução de 10% no peso dos caminhões pode gerar economia de até 6% no consumo de combustível, o que mostra a importância de repensar o design dos veículos de transporte. A adoção de pneus de baixa resistência ao rolamento e tecnologias de recuperação de energia, como sistemas híbridos, também reforçam a conexão entre eficiência e sustentabilidade.

Por fim, é importante ressaltar que a gestão de custos sustentáveis não deve ser vista apenas como um conjunto de práticas operacionais, mas como uma mudança estratégica de mentalidade empresarial. Conforme observa Sachs (2015), a sustentabilidade representa uma nova lógica de desenvolvimento econômico, na qual os custos ambientais e sociais são internalizados como parte da estratégia competitiva. Nesse sentido, empresas de transporte que adotam práticas de gestão de custos sustentáveis não apenas sobrevivem em um mercado desafiador, mas se posicionam como líderes em inovação e responsabilidade, alinhando seus resultados ao desenvolvimento de uma economia mais justa e equilibrada.

## 7. Inovação Tecnológica e Futuro da Logística Sustentável

A inovação tecnológica desempenha um papel determinante no futuro da logística sustentável aplicada ao transporte rodoviário. Nos últimos anos, avanços como a eletrificação de frotas, a conectividade veicular e a utilização de inteligência artificial (IA) para gerenciamento logístico têm se consolidado como ferramentas-chave para conciliar eficiência econômica e responsabilidade ambiental. Conforme relatam Rodrigue, Comtois e Slack (2020), a evolução tecnológica transforma a logística em uma área cada vez mais orientada por dados e tomada de decisões baseadas em algoritmos, o que possibilita ganhos expressivos de eficiência. No caso específico do transporte rodoviário, a inovação não se limita apenas aos veículos, mas engloba toda a cadeia de processos de planejamento, monitoramento e execução, tornando a logística mais inteligente, sustentável e competitiva.

A eletrificação da frota é considerada uma das transformações mais impactantes no setor. Empresas como Tesla, Volvo e Scania têm liderado pesquisas e lançamentos de caminhões elétricos de grande porte, enquanto no Brasil começam a surgir projetos-piloto em parcerias com montadoras e operadores logísticos. Estudos da Agência Internacional de Energia (IEA, 2022)

indicam que a eletrificação do transporte rodoviário pode reduzir em até 60% as emissões de gases de efeito estufa até 2050, desde que acompanhada por uma matriz energética limpa. Contudo, os desafios de infraestrutura, como a falta de estações de carregamento em larga escala e os altos custos de aquisição, ainda representam barreiras para sua difusão em mercados emergentes. Esse cenário reforça a necessidade de políticas públicas consistentes e incentivos governamentais que tornem viável a transição tecnológica.

Outro campo de inovação é a digitalização de processos logísticos, com destaque para o uso de big data, blockchain e inteligência artificial. Sistemas de blockchain aplicados à logística permitem rastrear e registrar todas as etapas de transporte de forma segura e transparente, garantindo confiabilidade na cadeia de suprimentos. Já a inteligência artificial pode ser utilizada para prever demanda, ajustar rotas em tempo real e otimizar o consumo de energia, conforme argumentam Waller e Fawcett (2013). Além disso, o uso de algoritmos de machine learning tem potencial para prever falhas mecânicas com antecedência, reduzindo custos de manutenção e minimizando impactos ambientais associados a interrupções inesperadas no transporte. Dessa forma, a inovação tecnológica contribui para a construção de um modelo logístico mais resiliente e sustentável.

A integração entre inovação e sustentabilidade também se manifesta no desenvolvimento de novos materiais e designs veiculares. Caminhões mais leves, com estruturas em ligas metálicas avançadas ou compostos de fibra de carbono, permitem maior eficiência energética, como apontam Rodrigue (2020) e Hart (1997). Além disso, a aerodinâmica dos veículos tem sido aprimorada por meio de estudos em engenharia mecânica e simulações computacionais, resultando em significativa redução no consumo de combustível. Essa busca por eficiência no design não apenas reduz custos operacionais, mas também reforça os compromissos ambientais do setor de transporte rodoviário, alinhando engenharia e sustentabilidade.

No âmbito da sustentabilidade operacional, os biocombustíveis permanecem como uma alternativa viável e estratégica para países em desenvolvimento. O Brasil, por exemplo, destaca-se como líder mundial na produção de etanol e biodiesel, o que confere ao país vantagens competitivas em termos de diversificação da matriz energética. Estudos de Goldemberg (2010) confirmam que a utilização de biocombustíveis pode reduzir em até 80% as emissões de gases de efeito estufa quando comparada ao diesel fóssil, desde que acompanhada de práticas agrícolas sustentáveis. Essa perspectiva reforça que a inovação tecnológica não deve se restringir a soluções globais de alto custo, mas também incorporar realidades locais que possam ampliar a competitividade e reduzir impactos ambientais.

Outro eixo de inovação tecnológica na logística rodoviária é o desenvolvimento de sistemas de transporte autônomo. Empresas como Google (Waymo) e Daimler têm investido em caminhões autônomos capazes de operar longas distâncias com menor consumo energético e maior segurança. Conforme relatório da McKinsey & Company (2021), o uso de caminhões autônomos pode reduzir em até 45% os custos de transporte, ao mesmo tempo em que diminui acidentes e

emissões de carbono. Embora ainda distante da realidade brasileira, a tendência global aponta para uma transformação radical do setor, na qual a automação será elemento central de competitividade e sustentabilidade.

A inovação também se conecta com os conceitos de economia circular aplicados à logística. Isso inclui desde a utilização de pneus reciclados até a adoção de práticas de reaproveitamento de componentes veiculares, reduzindo a extração de recursos naturais. De acordo com o relatório da Ellen MacArthur Foundation (2019), a economia circular no setor de transporte pode gerar benefícios econômicos superiores a US\$ 4,5 trilhões até 2030, reforçando o potencial da sustentabilidade como motor de competitividade. Na logística rodoviária, isso significa criar um ciclo de vida mais longo para equipamentos e componentes, diminuindo custos e impactos ambientais.

Por fim, o futuro da logística sustentável dependerá de um alinhamento entre inovação tecnológica, políticas públicas e comportamento empresarial. Conforme Sachs (2015), a sustentabilidade deve ser encarada como um novo paradigma de desenvolvimento, no qual a inovação é motor fundamental para gerar competitividade e assegurar a preservação ambiental. Portanto, as empresas que conseguirem internalizar a inovação como parte de sua identidade organizacional estarão melhor posicionadas para liderar a transição rumo a uma logística rodoviária mais sustentável e eficiente. O futuro do setor, nesse sentido, será marcado não apenas pela redução de custos, mas também pela construção de novos modelos de negócio que integrem economia, sociedade e meio ambiente em um ciclo virtuoso.

## Conclusão

A análise da logística sustentável aplicada ao transporte rodoviário permite compreender que competitividade e responsabilidade socioambiental não são dimensões antagônicas, mas complementares. O estudo dos diversos aspectos aqui abordados demonstra que empresas que internalizam práticas de sustentabilidade em seus processos logísticos não apenas reduzem custos operacionais, mas também conquistam vantagens competitivas em mercados cada vez mais exigentes. Conforme defendem Porter e Kramer (2011), a criação de valor compartilhado é hoje um dos principais caminhos para integrar objetivos empresariais e sociais, e no transporte rodoviário essa lógica se concretiza em investimentos em inovação, eficiência e responsabilidade ambiental.

O papel das políticas públicas também se revela essencial para viabilizar a transformação do setor. Programas de incentivo à eletrificação de frotas, regulamentações ambientais mais rígidas e apoio à pesquisa em combustíveis alternativos são condições indispensáveis para alinhar as empresas brasileiras a padrões internacionais de sustentabilidade. Nesse sentido, observa-se que países que adotaram legislações ambientais avançadas, como os membros da União Europeia,

estão à frente na transição para uma logística verde, criando barreiras de entrada para concorrentes que ainda operam com modelos tradicionais (European Commission, 2019).

A inovação tecnológica se apresenta como um dos pilares centrais para o futuro do transporte rodoviário sustentável. Ferramentas digitais de monitoramento, veículos elétricos, combustíveis renováveis e automação logística representam soluções que, além de mitigar impactos ambientais, aumentam a eficiência operacional e reduzem custos. Entretanto, como alertam autores como Rodrigue (2020) e Sachs (2015), a inovação precisa ser acompanhada de mudanças estruturais na mentalidade empresarial, para que sustentabilidade deixe de ser vista como custo e se torne uma estratégia de crescimento e liderança setorial.

O estudo evidencia ainda que a sustentabilidade no transporte rodoviário não é apenas uma questão ambiental, mas também social e econômica. Crianças, comunidades e trabalhadores são diretamente impactados pelas escolhas logísticas de empresas, o que torna a responsabilidade socioambiental um compromisso ético. A adoção de práticas colaborativas, como a consolidação de cargas e o compartilhamento de frotas, reforça a necessidade de repensar a lógica de competição no setor, substituindo-a por modelos mais inclusivos e cooperativos (Crujssen et al., 2007).

Portanto, conclui-se que a logística sustentável aplicada ao transporte rodoviário representa um caminho inevitável para empresas que desejam se manter competitivas em longo prazo. Mais do que reduzir custos imediatos, a sustentabilidade deve ser compreendida como um investimento estratégico que assegura resiliência, reputação e acesso a mercados de maior valor agregado. A liderança no setor, nesse sentido, será conquistada por organizações capazes de equilibrar eficiência, inovação e responsabilidade ambiental, consolidando-se como protagonistas de um futuro logístico mais justo e sustentável.

## Referências

- CHRISTOPHER, Martin. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos*. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.
- CRUIJSSEN, F.; Cools, M.; Dullaert, W. Horizontal cooperation in logistics: opportunities and impediments. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 43, n. 2, p. 129-142, 2007.
- ELKINGTON, John. *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Oxford: Capstone Publishing, 1997.
- EUROPEAN COMMISSION. *Directive 2019/1161 on the promotion of clean and energy-efficient road transport vehicles*. Brussels: European Union, 2019.
- GOLDEMBERG, José. *Ethanol for a sustainable energy future*. *Science*, v. 315, n. 5813, p. 808-810, 2010.

- HART, Stuart L. Beyond greening: strategies for a sustainable world. *Harvard Business Review*, v. 75, n. 1, p. 66-76, 1997.
- IEA – International Energy Agency. *Global EV Outlook 2022*. Paris: IEA, 2022.
- JABBOUR, Charbel J.C.; JABBOUR, Ana Beatriz Lopes de Sousa. *Gestão ambiental e sustentabilidade*. São Paulo: Atlas, 2016.
- KAPLAN, Robert; NORTON, David. *The balanced scorecard: translating strategy into action*. Boston: Harvard Business School Press, 1996.
- MCKINSEY & COMPANY. *Disruptive trends that will transform the transport industry*. New York: McKinsey, 2021.
- NIELSEN. *The Sustainability Imperative*. New York: Nielsen Company, 2018.
- PORTER, Michael; KRAMER, Mark. Creating shared value. *Harvard Business Review*, v. 89, n. 1/2, p. 62-77, 2011.
- RODRIGUE, Jean-Paul; COMTOIS, Claude; SLACK, Brian. *The geography of transport systems*. 5. ed. New York: Routledge, 2020.
- SACHS, Ignacy. *Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento*. São Paulo: Cortez, 2015.
- WALLER, Matthew; FAWCETT, Stanley. Data science, predictive analytics, and big data: a revolution that will transform supply chain design and management. *Journal of Business Logistics*, v. 34, n. 2, p. 77-84, 2013.