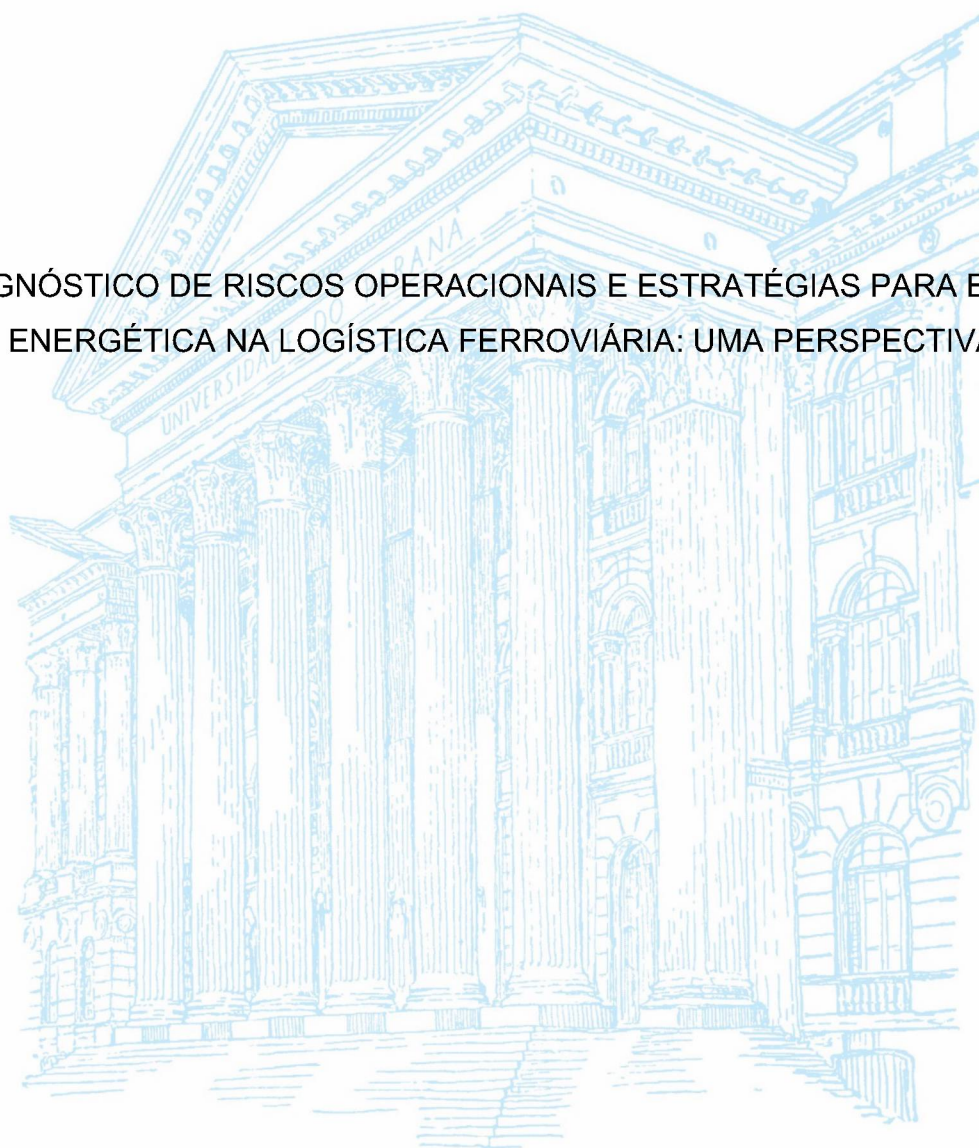


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ISABEL MARTINSKI DOS SANTOS

DIAGNÓSTICO DE RISCOS OPERACIONAIS E ESTRATÉGIAS PARA EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA NA LOGÍSTICA FERROVIÁRIA: UMA PERSPECTIVA ESG



CURITIBA

2025

ISABEL MARTINSKI DOS SANTOS

DIAGNÓSTICO DE RISCOS OPERACIONAIS E ESTRATÉGIAS PARA EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA NA LOGÍSTICA FERROVIÁRIA: UMA PERSPECTIVA ESG

Projeto Interdisciplinar apresentado ao curso de Especialização/MBA em ESG, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em ESG.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Nayane Thais Krespi Musial

CURITIBA

2025

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo propor uma solução técnica para a mitigação de riscos operacionais associados à eficiência energética no setor ferroviário, com foco na redução das emissões diretas (Escopo 1) provenientes do consumo de diesel por locomotivas. A metodologia foi estruturada em cinco etapas integradas, iniciando com a análise SWOT e a aplicação de uma matriz de priorização baseada na avaliação de probabilidade e impacto, considerando os aspectos de Eficiência Energética, Ambiental, Social e de Governança (ESG). Os riscos classificados como “muito altos” foram analisados por meio de uma matriz de avaliação das mitigações, com o cálculo do Índice de Ganho de Mitigação (IGM), permitindo uma priorização mais estratégica com base em critérios de viabilidade e impacto. Os riscos com maior retorno potencial foram desdobrados em metas claras e mensuráveis, utilizando o modelo OKR (Objectives and Key Results), fundamentado na metodologia SMART. Em seguida, foi elaborado um plano de ação detalhado com o uso da ferramenta 5W2H, orientado pelas diretrizes do GHG Protocol. Por fim, estruturou-se um plano de acompanhamento com indicadores de sucesso, frequência de monitoramento e responsáveis definidos. Todo o processo foi alinhado a frameworks internacionais de sustentabilidade, como o GHG Protocol, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o Global Reporting Initiative (GRI) e o Sustainability Accounting Standards Board (SASB). Como resultado, o trabalho apresenta um modelo prático e replicável de gestão de riscos operacionais com enfoque em eficiência energética, contribuindo para o fortalecimento da governança ambiental e o avanço da agenda ESG no setor ferroviário.

Palavras-chave: Eficiência energética; ESG; Setor ferroviário; GHG Protocol; ODS; SASB; GRI; Gestão de riscos.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	6
2 DIAGNÓSTICO PARA A CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA.....	8
3 PROPOSTA TÉCNICA PARA A SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	12
REFERÊNCIAS	18
APÊNDICE A – METODOLOGIAS APLICADAS NO CAPÍTULO 2	19
APÊNDICE B – METODOLOGIAS APLICADAS NO CAPÍTULO 3	21

1 APRESENTAÇÃO

A matriz de transporte logístico representa uma parcela representativa no comércio global, movimentando uma ampla variedade de cargas. Entre os modais disponíveis, o ferroviário e o rodoviário se destacam no transporte de importação e exportação, especialmente em operações conectadas a áreas portuárias. O transporte ferroviário, surgido na Inglaterra em 1825, consolidou-se como uma alternativa para deslocamentos de longa distância, utilizando locomotivas movidas a vapor, eletricidade ou diesel para o transporte de cargas e passageiros, em vagões interligados (Borges, 2011).

No Brasil, a ferrovia é amplamente utilizada para o transporte de cargas pesadas, com destaque para os atendimentos aos portos de Santos (SP) e Paranaguá (PR), enquanto sua participação no transporte de passageiros é limitada. O sistema opera por meio de concessões, nas quais empresas logísticas administram a malha ferroviária. Este estudo foca na maior operadora ferroviária do país, que gerencia aproximadamente 14 mil quilômetros de trilhos, conectando oito estados brasileiros e os principais portos. A empresa opera uma frota de cerca de 1.400 locomotivas e 35.000 vagões, além de administrar armazéns e terminais de transbordo, totalizando uma capacidade de armazenagem estática de 900 mil toneladas para grãos, açúcar e outras *commodities* ([s.d.]).

O modal ferroviário é reconhecido por sua eficiência energética e menor impacto ambiental em comparação ao transporte rodoviário. Um único trem com 120 vagões pode movimentar até 13 mil toneladas de grãos, enquanto seriam necessários cerca de 271 caminhões articulados para transportar a mesma carga ([s.d.]). Essa eficiência reduz o consumo de combustíveis fósseis, as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e o desgaste da infraestrutura rodoviária, gerando benefícios ambientais e econômicos.

Entretanto, o consumo das locomotivas diesel-elétricas representa um desafio para a sustentabilidade do setor, contribuindo para as emissões de GEE e para os custos da operação. Diante das mudanças climáticas e da transição para uma economia de baixo carbono, há uma tendência de adoção de estratégias para reduzir o consumo de combustíveis fósseis e mitigar os impactos ambientais do transporte ferroviário. Nesse contexto, as ferrovias vêm sendo cada vez mais integradas aos *frameworks* de *Environmental, Social and Governance* (ESG), que orientam investidores na avaliação das práticas sustentáveis do setor. Ao adotar a integração

ESG, as operadoras ferroviárias podem aprimorar suas estratégias operacionais e tornar-se mais atrativas para investidores atentos à sustentabilidade (Ott et al., 2023).

Nesse contexto, a aplicação dos princípios ESG contribui para a promoção da gestão sustentável do setor ferroviário. Inicialmente concebido como um critério de investimento responsável, o ESG evoluiu para um modelo estratégico que influencia decisões operacionais, fortalece a reputação corporativa e atrai investimentos sustentáveis (Singhania et al., 2021). Empresas que incorporam métricas ESG aumentam sua competitividade no mercado e reduzem riscos associados a fatores ambientais, sociais e de governança. No setor ferroviário, a integração do ESG permite mitigar impactos ambientais do consumo de diesel, promovendo maior eficiência energética e redução das emissões de GEE. A adoção dessas práticas favorece o cumprimento de regulamentações ambientais e fortalece o engajamento com *stakeholders* (Zavala et al., 2023), garantindo maior transparência e sustentabilidade nas operações ferroviárias.

A mitigação de riscos no contexto ESG está diretamente relacionada à capacidade das empresas de fortalecer sua resiliência diante de desafios externos. De acordo com Moutinho e Silva (2024), empresas que adotam práticas ESG demonstram maior estabilidade financeira e menor volatilidade, especialmente em períodos de crise, como a pandemia da COVID-19. No setor ferroviário, essa abordagem envolve a minimização de riscos ambientais, como a redução das emissões de CO₂ (dióxido de carbono) e o desperdício de combustíveis fósseis, promovendo operações mais sustentáveis e alinhadas às exigências do mercado.

Este relatório técnico tem como objetivo diagnosticar os riscos operacionais que impactam a eficiência energética no setor ferroviário e, a partir dessa análise, propor estratégias de mitigação alinhadas às diretrizes ESG. A identificação dos principais fatores que influenciam o consumo de combustível permitirá a construção de um plano de ação para otimizar o uso de recursos, reduzindo impactos ambientais e custos operacionais, que representam uma parcela significativa dos gastos da empresa.

A relevância deste estudo está na necessidade de minimizar os impactos ambientais do setor ferroviário, com ênfase na eficiência energética e na redução do consumo de diesel, um dos principais emissores de gases de efeito estufa e maior custo operacional. A implementação de um diagnóstico preciso e a aplicação de estratégias de mitigação contribuem diretamente para a preservação ambiental,

alinhando-se às diretrizes de sustentabilidade e ao crescente rigor regulatório. Além dos benefícios ambientais, a otimização do consumo de combustível pode gerar impactos sociais positivos, como a melhoria das condições operacionais e a redução de riscos para trabalhadores e comunidades próximas. No campo da governança, a adoção de práticas sustentáveis fortalece a transparência e a conformidade regulatória, promovendo uma gestão mais eficiente dos recursos e um alinhamento com as expectativas do mercado e da sociedade. Dessa forma, este estudo reforça a importância da integração dos princípios ESG ao setor ferroviário, garantindo uma operação mais sustentável, segura e responsável.

2 DIAGNÓSTICO PARA A CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA

A eficiência energética diz respeito à capacidade de realizar uma determinada atividade com o menor consumo possível de energia, sem comprometer o resultado esperado. Segundo a ABNT PR 30 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022), melhorar a eficiência energética significa realizar o mesmo trabalho com menos energia ou, alternativamente, obter mais resultados a partir da mesma quantidade de energia. Essa prática pode ser viabilizada tanto pela adoção de tecnologias mais eficientes quanto por mudanças de comportamento e hábitos da sociedade. Quando aliada ao uso de fontes renováveis, a eficiência energética contribui para a redução de impactos socioambientais negativos. A implementação de mecanismos de gestão da energia impulsiona ações estruturadas de melhoria contínua do desempenho energético nas organizações, fortalecendo o compromisso com a sustentabilidade.

Os padrões do *Sustainability Accounting Standards Board* (SASB), sob gestão do *International Sustainability Standards Board* (ISSB), orientam empresas na divulgação de riscos e oportunidades de sustentabilidade que impactam sua performance. Com a crescente demanda por dados ESG padronizados, o SASB fornece métricas específicas para cada setor, incluindo o ferroviário, que prioriza emissões de gases de efeito estufa, qualidade do ar, segurança do trabalhador, concorrência e gestão de acidentes (TRANSPORTATION SECTOR, [s.d.]).

A empresa ferroviária em estudo adota frameworks como o *Global Reporting Initiative* (GRI) para estruturar seus relatórios ESG, alinhando temas materiais como mudanças climáticas, segurança operacional, governança, comunidades e diversidade às diretrizes do GRI 3-2 [s.d.]. O setor também está diretamente ligado

aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), promovendo eficiência logística, redução de emissões e inovação.

Para mapear desafios e oportunidades, foi realizada uma análise SWOT (Quadro 1), considerando fatores internos e externos (conforme Apêndice A). O ambiente externo traz oportunidades como a crescente adoção dos ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, [s.d.]) e a redução de riscos reputacionais, enquanto desafios incluem a necessidade de conformidade com o SASB e os riscos operacionais do setor. Internamente, os pontos fortes envolvem a governança sustentável e a eficiência energética, enquanto desafios incluem os custos da implementação ESG e o equilíbrio entre sustentabilidade ambiental, social e econômica.

QUADRO 1 – PANORAMA AMPLO DO CENÁRIO FERROVIÁRIO UTILIZANDO A SWOT

	Fatores positivos	Fatores negativos
Fatores internos	FORÇAS - Consciência sobre a importância do ESG; - Governança corporativa estruturada; - Vantagem competitiva no transporte sustentável; - Infraestrutura consolidada e integração logística.	FRAQUEZAS - Impactos financeiros na operação; - Desafios no equilíbrio do triple bottom line; - Necessidade de aprimoramento contínuo; - Dependência de combustíveis fósseis.
	OPORTUNIDADES - Adoção dos ODS fortalece a imagem e a competitividade do setor; - Redução de riscos de imagem e reputação; - Eficiência operacional e inovação tecnológica - Transporte de baixo impacto ambiental; - Pressão regulatória crescente (IFRS S1 e S2 e os padrões SASB).	AMEAÇAS - Conformidade com o SASB; - Riscos comuns do setor não tratados; - Concorrência com outros modais; - Custos de adaptação às novas exigências.
Fatores externos		

FONTE: A autora (2025).

Internamente, os principais pontos fortes incluem a já consolidada governança sustentável e a eficiência energética do transporte ferroviário. No entanto, desafios como os custos da implementação de práticas ESG e o equilíbrio entre sustentabilidade ambiental, social e econômica ainda exigem atenção, especialmente no que diz respeito à redução do consumo de diesel, um dos principais focos da gestão de eficiência operacional e impacto ambiental no setor.

Para aprofundar a análise dos riscos operacionais e estratégicos, foi adotada uma abordagem baseada nos 6Ms do Diagrama de Ishikawa, adaptada para o contexto ferroviário e aplicada às áreas críticas da operação: via permanente, locomotivas, maquinistas, vagões, abastecimento de diesel e financeiro (Apêndice A). A matriz de diagnóstico foi desenvolvida a partir da interseção entre os ODS, os

padrões SASB e a materialidade setorial, permitindo a identificação de riscos e oportunidades, considerando tanto fatores internos, como pontos fortes e fracos, quanto externos, como desafios regulatórios e competitivos.

A partir dessa análise, foram identificados os principais riscos associados a cada área da ferrovia, categorizando-os conforme suas consequências e impactos na segurança, eficiência operacional, conformidade regulatória e sustentabilidade. O consumo de diesel foi considerado um aspecto central da análise, dado seu impacto direto nos custos operacionais e nas emissões de carbono. Como resultado, a matriz (Quadro 2) sintetiza um panorama dos desafios enfrentados pela operação ferroviária, permitindo a construção de estratégias mais robustas para mitigação de riscos, otimização da gestão ESG e, sobretudo, minimização do consumo de combustível.

QUADRO 2 – MATRIZ DE DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE DIESEL DA OPERAÇÃO FERROVIÁRIA

ÁREAS	PRINCIPAIS RISCOS	CONSEQUÊNCIAS	IMPACTOS
1. Via Permanente (Infraestrutura Ferroviária)	Defeitos estruturais nos trilhos (rachaduras, desalinhamentos, desgaste prematuro)	Aumento do atrito e da resistência à rodagem, elevando o consumo de diesel	Eficiência energética comprometida – ODS 7 e 13
	Inspecções e manutenções irregulares	Maior incidência de falhas estruturais e necessidade de força extra para tração	SASB – Gestão de Segurança
	Obras na via sem mitigação ambiental	Impacto sobre a eficiência operacional e necessidade de desvios que aumentam o consumo de combustível	ODS 15 e SASB – Relacionamento com Comunidades
2. Locomotivas	Alto consumo de diesel devido a tecnologia defasada	Aumento das emissões de carbono e maior custo operacional	ODS 7 e 13 – Gestão de Emissões
	Falta de modernização da frota	Redução da competitividade frente a modais mais eficientes em consumo energético	ODS 9 – Inovação e Infraestrutura
	Falhas mecânicas e baixa manutenção preventiva	Aumento do consumo de diesel devido ao mau funcionamento dos sistemas de combustão e tração	ODS 12 – Produção Responsável
3. Maquinistas	Fadiga e carga horária excessiva	Redução da eficiência operacional, aumentando tempos de resposta e consumo desnecessário de combustível	ODS 8 – Trabalho Decente
	Falta de capacitação em técnicas de condução eficiente	Operação inadequada e maior consumo de diesel por acelerações e frenagens desnecessárias	ODS 4 – Educação de Qualidade
	Segurança operacional insuficiente	Necessidade de paradas e retomadas frequentes, elevando consumo	SASB – Segurança e Riscos Operacionais
4. Vagões	Falta de manutenção e inspeção preventiva	Maior resistência ao deslocamento devido a problemas mecânicos, elevando o consumo de combustível	ODS 12 – Gestão de Resíduos e Segurança Operacional
	Falta de padronização na gestão da carga	Desbalanceamento que gera esforço extra na tração e maior consumo de diesel	ODS 9 – Infraestrutura Sustentável
	Vazamentos e impactos ambientais	Danos à biodiversidade e desperdício de combustível, agravando os custos operacionais	ODS 15 – Vida Terrestre
5. Abastecimento de Diesel	Falta de controle sobre o consumo e desperdício de combustível	Aumento dos custos operacionais e de emissões de GEE	ODS 13 – Mudanças Climáticas
	Dependência de combustíveis fósseis sem alternativas sustentáveis	Dificuldade na transição energética e desalinhamento às metas de descarbonização	ODS 7 – Energia Limpa
	Riscos ambientais no armazenamento e transporte	Possíveis vazamentos e contaminação, além de perdas de combustível	SASB – Gestão de Emissões e Qualidade do Ar
6. Financeiro	Impactos financeiros da transição para combustíveis mais eficientes	Risco de inviabilidade econômica se a sustentabilidade não for integrada à estratégia	Triple Bottom Line
	Falta de investimentos em eficiência energética	Aumento contínuo dos custos operacionais devido à ineficiência no uso do diesel	ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura
	Dependência de subsídios e incentivos para viabilidade da operação	Riscos financeiros diante de mudanças políticas e regulatórias	SASB – Governança e Ética

FONTE: A autora (2025).

3 PROPOSTA TÉCNICA PARA A SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

A análise SWOT evidenciou que a eficiência energética no setor ferroviário enfrenta desafios críticos, como a dependência de combustíveis fósseis, os altos custos operacionais do diesel e os desafios no equilíbrio do *triple bottom line*. No entanto, a infraestrutura consolidada e a vantagem competitiva do modal ferroviário no transporte sustentável representam forças que podem ser alavancadas. A eficiência operacional e a inovação tecnológica surgem como oportunidades para reduzir o consumo de combustível e minimizar impactos ambientais.

O diagnóstico do consumo de diesel reforça a necessidade de medidas estratégicas para reduzir desperdícios e otimizar a operação ferroviária. A influência de fatores operacionais, como estilo de condução e características das rotas, destaca a importância de soluções estruturadas. Com base nesses achados, foram elaboradas propostas para mitigar os riscos identificados e impulsionar melhorias na eficiência energética, garantindo maior sustentabilidade e viabilidade econômica para o setor.

Com base nos achados da análise SWOT e no diagnóstico operacional apresentados no Capítulo 2, foi elaborada uma matriz de priorização com o objetivo de organizar as propostas de ação de acordo com os riscos identificados em cada área da ferrovia. A priorização foi realizada por meio de uma avaliação conjunta de probabilidade e impacto, a metodologia utilizada encontra-se detalhada no Apêndice B e a Quadro 3, a seguir, apresenta a matriz de priorização.

QUADRO 3 – MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO A PARTIR DOS RISCOS MAPEADOS

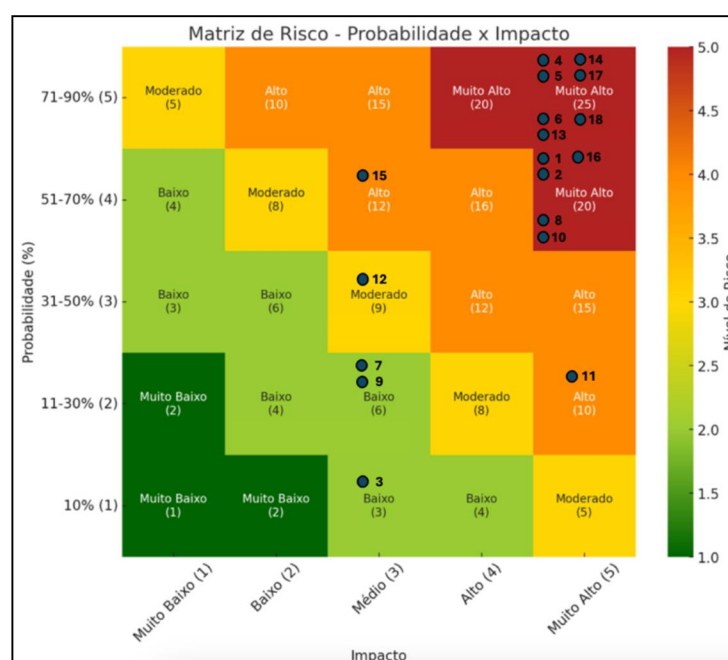
ÁREAS	N° RISCO	RISCO	PROBAB.	IMP. E.E.	IMP. SOC.	IMP. AMB.	IMP. GOV.	NR. E.E.	NR. SOC.	NR. AMB.	NR. GOV.
VIA PERMANENTE	1	Defeitos estruturais nos trilhos	4	5	3	4	3	20	12	16	12
	2	Inspeções e manutenções irregulares	4	5	3	3	3	20	12	12	12
	3	Obras sem mitigação ambiental	1	3	5	5	4	3	5	5	4
LOCOMOTIVAS	4	Alto consumo de diesel (tecnologia defasada)	5	5	5	5	4	25	25	25	20
	5	Falta de modernização da frota	5	5	3	5	4	25	15	25	20
	6	Falhas mecânicas e baixa manutenção preventiva	5	5	2	5	4	25	10	25	20
MAQUINISTAS	7	Fadiga e carga horária excessiva	2	3	5	1	3	6	10	2	6
	8	Falta de capacitação eficiente	4	5	5	5	3	20	20	20	12
	9	Segurança operacional insuficiente	2	3	5	3	4	6	10	6	8
VAGÕES	10	Falta de manutenção preventiva	4	5	2	4	2	20	8	16	8
	11	Falta de padronização da carga transportada	2	5	1	4	2	10	2	8	4
	12	Vazamentos e impactos ambientais	3	3	5	5	4	9	15	15	12
ABASTECIMENTO DE DIESEL	13	Falta de controle sobre consumo e desperdício	5	5	4	5	5	25	20	25	25
	14	Dependência de combustíveis fósseis	5	5	4	5	4	25	20	25	20
	15	Riscos ambientais no armazenamento e transporte	4	3	5	5	4	12	20	20	16
FINANCEIRO	16	Impactos financeiros da transição energética	4	5	3	4	5	20	12	16	20
	17	Falta de investimentos em eficiência energética	5	5	5	5	5	25	25	25	25
	18	Dependência de subsídios e incentivos	5	5	2	4	5	25	10	20	25

LEGENDA		
PROBAB.: Probabilidade	 Risco muito alto	 Maior N.R. entre os aspectos Sociais, Ambientais e de Governança
IMP.: Impacto	 Risco alto	
E.E.: Eficiência Energética	 Risco moderado	
AMB.: Ambiental	 Risco baixo	
SOC.: Social	 Risco muito baixo	
GOV.: Governança		
N.R.: Nivel de Risco		

FONTE: A autora (2025).

A partir das avaliações, os maiores níveis de risco (NR. E.E.>20) relacionados ao aspecto de Eficiência Energética foram tratados como “riscos muito altos”. No total, foram considerados 12 riscos potenciais. Em complementação, foi desenvolvida uma matriz de probabilidade e impacto dos riscos, apresentada na Figura 1, a qual organiza os 18 riscos mapeados anteriormente com base na combinação entre probabilidade de ocorrência e impacto sobre quatro dimensões: “Eficiência Energética”, “Ambiental”, “Social” e de “Governança”, da matriz de priorização.

FIGURA 1 – MATRIZ DE RISCO



FONTE: A autora (2025).

Observa-se uma concentração de riscos nos quadrantes classificados como de “risco muito alto” — especialmente nas áreas de Locomotivas e Financeiro, com destaque para os riscos associados ao alto consumo de diesel, falta de investimentos em eficiência energética e impactos da transição energética. Esses riscos apresentaram os maiores Níveis de Risco (NR), evidenciando a criticidade dos aspectos relacionados à sustentabilidade operacional da ferrovia.

A matriz também permite identificar quais dimensões são mais afetadas por cada risco. Representando a importância de considerar os riscos de forma multidimensional, contribuindo para uma abordagem mais estratégica e orientada à mitigação em si.

Entretanto, mesmo com a matriz de priorização, observou-se que muitos riscos permaneciam classificados como “muito altos”, tornando necessário um segundo nível de avaliação para apoiar a definição de prioridades de ação. Para isso, foi

desenvolvida uma matriz de avaliação das mitigações, apresentada no Quadro 4, com o objetivo de identificar quais riscos oferecem maior retorno estratégico e operacional frente à viabilidade de sua mitigação.

QUADRO 3 – MATRIZ DA AVALIAÇÃO DAS MITIGAÇÕES

Nº RISCO	RISCOS AVALIADOS	FACILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO				IMPACTO NO ENTORNO			IMPACTO NO NEGÓCIO		ÍNDICE DE GANHO DE MITIGAÇÃO
		Custo de implementação	Tempo de implementação	Necessidade de inovação	Resistência interna	Atratividade investidores ESG	Reputação corporativa	Conformidade com padrões globais (ODS, SASB, GRI)	Redução de custos operacionais	Ganho competitivo no setor	
1	Defeitos estruturais nos trilhos	2	3	4	3	3	2	2	4	3	2,89
2	Inspeções e manutenções irregulares	4	4	5	2	2	3	2	5	2	3,22
4	Alto consumo de diesel (tecnologia defasada)	2	4	3	4	5	4	5	5	4	4,00
5	Falta de modernização da frota	1	4	1	5	5	5	4	4	5	3,78
6	Falhas mecânicas e baixa manutenção preventiva	3	3	3	3	3	3	2	4	2	2,89
8	Falta de capacitação eficiente	2	4	5	4	3	3	2	4	1	3,11
10	Falta de manutenção preventiva	3	4	3	5	2	2	1	5	2	3,00
13	Falta de controle sobre consumo e desperdício	2	3	2	3	4	4	5	5	5	3,67
14	Dependência de combustíveis fósseis	1	2	1	2	5	5	5	5	4	3,33
16	Impactos financeiros da transição energética	3	3	3	4	5	3	4	3	1	3,22
17	Falta de investimentos em eficiência energética	3	4	2	5	5	5	4	5	3	4,00
18	Dependência de subsídios e incentivos	3	4	3	2	3	5	4	3	1	3,11

FONTE: A autora (2025).

Essa segunda matriz (Quadro 3) considerou três grandes eixos de análise: “Facilidade de Implementação”, “Impacto no Entorno” e “Impacto no Negócio”. A Facilidade de Implementação foi avaliada a partir de quatro critérios: custo e tempo de implementação, necessidade de inovação e resistência interna. Já o Impacto no Entorno e no Negócio, foram considerados os efeitos positivos tanto no entorno quanto no negócio. No Entorno, foram avaliadas a atratividade para investidores ESG, a reputação corporativa e a conformidade com padrões globais (ODS, SASB, GRI). No Negócio, analisaram-se a redução de custos operacionais e o ganho competitivo no setor.

Com base nesses parâmetros, foi calculado um Índice de Ganho de Mitigação (IGM), para cada risco avaliado, permitindo a comparação e hierarquização de acordo com o potencial de retorno (Apêndice B). Os riscos que apresentaram os maiores índices — sendo: o alto consumo de diesel, a falta de modernização da frota, a falta de controle sobre consumo e desperdício, e os investimentos em eficiência energética — foram destacados como prioritários para ação, por combinarem alto impacto com viabilidade de implementação.

Dando continuidade ao processo de priorização e planejamento das ações, foi desenvolvido um OKR (*Objectives and Key Results*) com foco na mitigação dos riscos considerados críticos nas etapas anteriores. A construção desse OKR teve como base os riscos que apresentaram os maiores Índices de Ganho de Mitigação,

alinhando-os a resultados-chave mensuráveis, com prazos definidos e metas claras, conforme Quadro 4.

QUADRO 4 – OKR

ÁREA DE LOCOMOTIVAS	
RISCO 4	Alto consumo de diesel devido a tecnologia defasada
KR1	Reduzir em 8% o consumo médio de diesel por tonelada de quilômetro bruto (L/TKB) rodado até dezembro de 2025.
RISCO 5	Falta de modernização da frota
KR2	Modernizar 25% da frota de locomotivas ativas com tecnologias de maior eficiência até dezembro de 2025.
ÁREA DE ABASTECIMENTO DE DIESEL	
RISCO 13	Falta de controle sobre o consumo e desperdício de combustível
KR3	Implementar sistema de monitoramento de consumo e perdas de diesel em 80% das locomotivas até junho de 2025.
ÁREA FINANCEIRA	
RISCO 17	Falta de investimentos em eficiência energética
KR4	Destinar R\$ 6 milhões para projetos de eficiência energética até dezembro de 2025, via orçamento interno ou captação externa.

FONTE: A autora (2025).

O objetivo central do OKR é promover a eficiência energética na operação ferroviária até 2025, atuando de forma estratégica sobre os principais fatores identificados: o consumo de diesel, a modernização da frota, o controle do abastecimento e os investimentos voltados à sustentabilidade.

As metas definidas nos resultados-chave foram elaboradas com base na metodologia SMART (conforme Apêndice B). Como desdobramento do objetivo principal, estabeleceu-se a meta de reduzir em 8% o consumo médio de diesel por tonelada de quilômetro bruto (L/TKB) rodado até dezembro de 2025. Também foi definida a modernização de 25% da frota de locomotivas ativas com tecnologias de maior eficiência até o mesmo prazo. Além disso, prevê-se a implementação de um sistema de monitoramento do consumo e das perdas de diesel em 80% das locomotivas até junho de 2025. Por fim, está prevista a destinação de R\$ 6 milhões para projetos de eficiência energética até dezembro de 2025, por meio de orçamento interno ou captação externa.

Com os riscos prioritários definidos e as metas estabelecidas por meio do OKR, foi estruturado um plano de ação detalhado utilizando a ferramenta 5W2H, com base nas diretrizes do GHG Protocol conforme ABNT PR 30 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022). Considerando que os Resultados-Chave definidos no OKR tratam, em sua maioria, de emissões diretas — classificadas como Escopo 1, oriundas da queima de diesel nas locomotivas — o foco da estruturação recaiu sobre três frentes principais: eficiência energética, controle operacional e investimentos sustentáveis.

A aplicação do 5W2H (Quadro 5) permitiu desdobrar os KRs em ações claras e objetivas, organizadas segundo sete dimensões contextualizadas no Apêndice B. Com isso, foram estabelecidas ações como a medição das emissões de Escopo 1 por meio de fator de emissão do GHG Protocol; a redução do consumo médio de diesel por tonelada de quilômetro bruto (L/TKB); a modernização parcial da frota com tecnologias mais eficientes; a instalação de sistemas de monitoramento de consumo e perdas; a alocação de recursos financeiros para projetos voltados à eficiência energética; e o desenvolvimento de indicadores integrados aos painéis de gestão operacional e ESG.

QUADRO 5 – 5W2H

RISCO ASSOCIADO	KR ASSOCIADO	WHAT?	WHY?	WHO?	WHEN?	WHERE?	HOW?	HOW MUCH?	ASPECTOS EM FOCO
4 e 13	1 e 3	Medir as emissões de Escopo 1 provenientes da queima de diesel em locomotivas	Para entender a linha base de emissões e acompanhar os ganhos com as ações de eficiência	ESG + Engenharia de Locomotivas + Diesel	Início em Mai/2025, atualização mensal	Operação ferroviária	Aplicar fator de emissão do GHG Protocol ao volume consumido (diesel)	R\$ 2 mi	SOCIAL, AMBIENTAL E GOVERNANÇA
13	1	Reduzir o consumo médio de diesel por tonelada de quilômetro bruto (L/TKB) rodado em 8% rodado até dezembro de 2025.	Para mitigar emissões diretas e reduzir custos operacionais	Engenharia de Operações + Engenharia de Locomotivas + Operação	Mai/2025 a Dez/2025	Todas as locomotivas ativas	Treinamento em condução econômica, uso de telemetria, revisão de rotas	R\$ 1 mi	AMBIENTAL E GOVERNANÇA
5	2	Modernizar 25% da frota com tecnologias mais eficientes (ex. motores Tier 3) até dez/2025	Para reduzir emissões por máquina e modernizar a operação	Engenharia de Manutenção + Financeiro + Suprimentos	Mai/2025 a Dez/2025	Depósitos estratégicos	Retrofit ou produção de novas locomotivas em parceria com Wabtec ou Progress Rail, com foco em tecnologias mais eficientes	US\$ 500 mi a US\$ 800 mi por unidade de motor ou R\$ 650 mi em 50 locomotivas	AMBIENTAL
13	3	Instalar sistema de monitoramento de consumo e perdas em 80% da frota	Para ter controle sobre o combustível e evitar desperdícios (emissões não contabilizadas)	Abastecimento + TI + Engenharia	Mai/2025 a Jun/2025	Pátios e pontos de abastecimento	Sensores, sistemas integrados e análise de perdas	R\$ 900 mil	AMBIENTAL E GOVERNANÇA
17	4	Destinar R\$ 6 milhões para projetos de eficiência energética até dez/2025	Para garantir orçamento para ações estruturais de mitigação	Financeiro + ESG + Diretoria	Até Dez/2025	Administração Central	Proposta de ROI ambiental e operacional, captação via incentivos ESG	R\$ 6 mi (interno ou externo)	SOCIAL E AMBIENTAL
4	1	Incluir indicador de emissões tCO ₂ e/ton km nos dashboards operacionais e ESG	Para acompanhar o impacto das ações em tempo real e prestar contas (IFRS S2, CDP, etc.)	ESG + Planejamento Estratégico + Engenharia de Operações	Até Jun/2025	Centro de Controle Operacional	Desenvolvimento de KPI integrado ao sistema de gestão	R\$ 5 mil	SOCIAL E AMBIENTAL

FONTE: A autora (2025).

Cada ação foi associada aos respectivos riscos e KRs, contando com responsáveis definidos, prazos viáveis, local de aplicação, metodologia de execução e estimativas orçamentárias. Além disso, os aspectos ESG (Ambiental, Social e de Governança) foram mapeados em cada iniciativa, reforçando a proposta de alinhamento estratégico com compromissos sustentáveis e indicadores globais de desempenho.

Na sequência, foi elaborado um plano de acompanhamento das ações (conforme Quadro 6), integrando os desdobramentos do OKR e do 5W2H, com base nas diretrizes do GHG Protocol. Esse plano teve como objetivo garantir o monitoramento contínuo das metas estabelecidas, promovendo a rastreabilidade dos avanços e a responsabilização das áreas envolvidas.

QUADRO 6 – PLANO DE ACOMPANHAMENTO DAS AÇÕES

AÇÃO RELACIONADA AO SW2H	INDICADOR DE SUCESSO	META	FREQUÊNCIA DE ACOMPANHAMENTO	RESPONSÁVEL PELO MONITORAMENTO	STATUS ATUAL	
Medir as emissões de Escopo 1 provenientes da queima de diesel	tCO ₂ e emitidos/mês	Estabelecer linha base até mai/2025 e atualizar mensalmente	Mensal	ESG + Engenharia de Locomotivas + Diesel	Planejamento em andamento	
Reduzir o consumo de diesel por km rodado	Litros de diesel por km rodado (L/km)	Redução de 8% até dez/2025	Mensal	Engenharia de Operações + Engenharia de Locomotivas + Operação	Aguardando início dos treinamentos	
Modernizar 25% da frota com tecnologias mais eficientes	% da frota modernizada	25% da frota até set/2025	Trimestral	Engenharia de Manutenção + Financeiro + Suprimentos	Em fase de análise de viabilidade técnica	
Instalar sistema de monitoramento de consumo e perdas	% dos pontos com monitoramento ativo	80% dos pontos até jun/2025	Bimestral	Abastecimento + TI + Engenharia	Mapeamento dos pontos de abastecimento	
Destinar R\$ 5 milhões para projetos de eficiência energética	Valor destinado (R\$) a projetos de eficiência	R\$ 5 milhões até dez/2025	Semestral	Financeiro + ESG + Diretoria	Proposta em elaboração	
Incluir indicador de emissões tCO ₂ e/ton.km nos dashboards	Indicador implementado e atualizado no sistema	Indicador operacional até jun/2025	Trimestral	ESG + Planejamento Estratégico + Engenharia de Operações	Dashboard em desenvolvimento	

FONTE: A autora (2025)

Cada ação foi associada a um indicador de sucesso, com metas específicas, periodicidade de acompanhamento, responsáveis definidos e status de andamento. Entre os principais indicadores estão: toneladas de CO₂ equivalente emitidas por mês (tCO₂e), litros de diesel por quilômetro rodado (L/km), percentual da frota modernizada, pontos com monitoramento ativo, valor destinado a projetos de eficiência e implementação de indicadores de emissões em dashboards operacionais. O acompanhamento foi estruturado em diferentes frequências — mensal, bimestral, trimestral e semestral — de acordo com a natureza e a complexidade de cada ação. As responsabilidades pelo monitoramento foram distribuídas entre áreas técnicas e estratégicas, incluindo ESG, Engenharia de Operações, Engenharia de Locomotivas, Manutenção, Suprimentos, TI e Diretoria.

No momento de consolidação do plano, a maioria das ações encontrava-se em estágio inicial, com status como “planejamento em andamento”, “proposta em elaboração” ou “dashboard em desenvolvimento”. Mesmo assim, o detalhamento do plano de acompanhamento representa um passo importante para a governança do projeto, permitindo que os resultados sejam acompanhados com base em evidências concretas e em conformidade com os princípios de mensuração do GHG Protocol.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT PR 2030:Ambiental, social e governança (ESG) — Conceitos, diretrizes e modelo de avaliação e direcionamento para organizações. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

Borges, Barsanufu. Ferrovia & Modernidade. **Dossiê Ferrovias**, Universidade Federal de Goiás, v. XII, n. 11, p. 27 – 36, dez. 2011. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/48382>>. Acesso: 24 abr. 2025.

Garcia-Zavala, C., Ordens, C. M., Pagliero, L., Lèbre, É., Aitken, D., & Stringer, M. (2023). An approach for prioritising environmental, social and governance (ESG) water-related risks for the mining industry: The case of Chile. *The Extractive Industries and Society*, 14(101259), 101259. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101259>

Moutinho, R., & Silva, R. L. M. da. (2024). Investimentos ESG na pandemia da Covid-19: Houve desempenhos financeiros e acionários superiores? *Revista Catarinense da Ciência Contábil*, 23, e3430. <https://doi.org/10.16930/2237-7662202434301>

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. ([s.d.]). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas em Brasil. Recuperado 15 fev. 2025, de <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

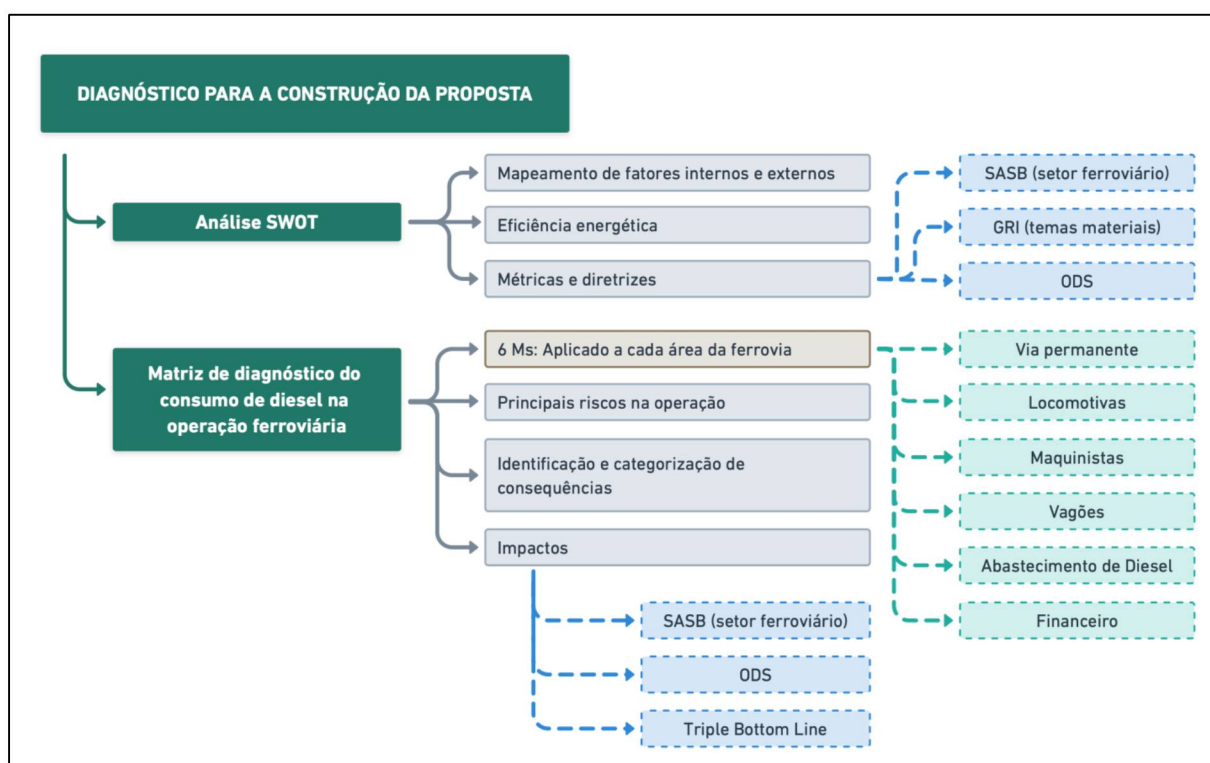
Ott, A., Pokotilo, V., Sandri, N., & Sheremet, E. (2023a, June 15). *Good, better, best: Railways are advancing their ESG agenda*. Mckinsey.com; McKinsey & Company. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/infrastructure/our-insights/good-better-best-railways-are-advancing-their-esg-agenda?>>. Acesso em: 24 abr. 2025.

([s.d.]). Rumolog.com. Recuperado 8 de fevereiro de 2025, de https://rumolog.com/wp-content/uploads/2024/04/240424_Rumo_RAS23_v13-1.pdf

Singhania, M., & Saini, N. (2023). Institutional framework of ESG disclosures: comparative analysis of developed and developing countries. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 13(1), 516–559. <https://doi.org/10.1080/20430795.2021.1964810>

TRANSPORTATION SECTOR. ([s.d.]). Sustainability Accounting Standard. Cloudfront.net. Recuperado 15 de fevereiro de 2025, de https://d3flraxduht3gu.cloudfront.net/latest_standards/rail-transportation-standard_en-gb.pdf

APÊNDICE A – METODOLOGIAS APLICADAS NO CAPÍTULO 2

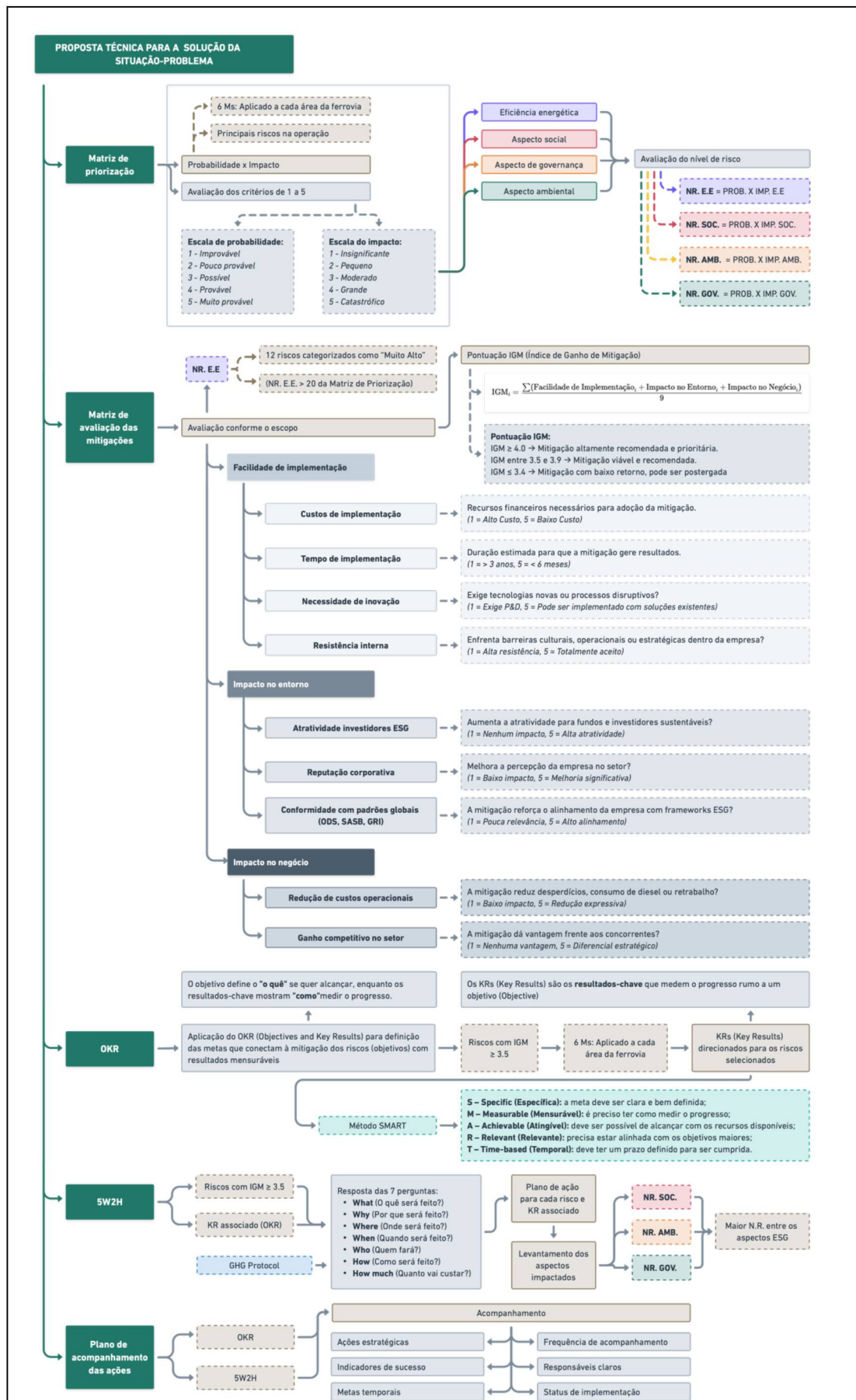


A metodologia adotada para o diagnóstico e construção da proposta deste trabalho foi estruturada em duas frentes complementares: a Análise SWOT e a elaboração de uma matriz específica para o diagnóstico do consumo de diesel na operação ferroviária, conforme fluxograma a seguir (página 20). Inicialmente, a Análise SWOT foi aplicada com o objetivo de mapear os fatores internos e externos que influenciam o desempenho energético da ferrovia. Essa etapa contemplou a identificação de elementos que representam forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, sempre com foco na eficiência energética, no levantamento de métricas existentes e na compreensão das diretrizes que orientam a operação. A análise foi alinhada com marcos e referenciais de sustentabilidade amplamente reconhecidos, como os padrões do Sustainability Accounting Standards Board (SASB) voltados ao setor ferroviário, os temas materiais da Global Reporting Initiative (GRI) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), permitindo contextualizar as informações em um cenário mais amplo de responsabilidade ambiental e social.

Na sequência, foi desenvolvida a matriz de diagnóstico do consumo de diesel na operação ferroviária, com o intuito de aprofundar a análise nas especificidades do setor. Essa matriz utilizou a lógica dos 6 Ms – Método, Máquina, Medida, Mão de obra,

Meio ambiente e Materiais – aplicada a diferentes áreas da ferrovia, como via permanente, locomotivas, maquinistas, vagões, abastecimento de diesel e aspectos financeiros. Com base nessa estrutura, foram identificados os principais riscos associados à operação e realizadas análises sobre potenciais consequências. Essas consequências foram então categorizadas de forma sistemática, considerando seus impactos nas dimensões econômica, social e ambiental. Para tanto, recorreu-se novamente ao referencial do SASB para o setor ferroviário, aos ODS da Agenda 2030 e ao conceito de Triple Bottom Line, que propõe uma visão integrada da sustentabilidade a partir dos pilares “pessoas, planeta e lucro”. Essa abordagem metodológica permitiu compreender os fatores que afetam o desempenho energético da operação e propor soluções alinhadas às boas práticas de governança ambiental e social.

APÊNDICE B – METODOLOGIAS APLICADAS NO CAPÍTULO 3



O fluxograma da proposta técnica desenvolvida para solucionar a situação-problema identificada neste relatório. A metodologia foi estruturada em cinco etapas principais, de forma sequencial e integrada, com base em ferramentas consolidadas de gestão de riscos, sustentabilidade e desempenho operacional, como a matriz de priorização, a matriz de avaliação das mitigações, o modelo OKR, o 5W2H e o plano de acompanhamento. O processo foi orientado pelas diretrizes do GHG Protocol, com foco específico nas emissões de Escopo 1, relacionadas ao consumo de diesel das locomotivas.

A primeira etapa consistiu na aplicação de uma matriz de priorização, fundamentada na metodologia dos 6M adaptada (conforme Apêndice A), aplicada a cada área da ferrovia. Para cada risco identificado, foi realizada uma análise com base nos critérios de probabilidade de ocorrência e impacto, ambos avaliados em uma escala de 1 a 5. Como resultado, foram atribuídos quatro diferentes Níveis de Risco (NR), considerando os aspectos de Eficiência Energética, Social, Ambiental e de Governança. O valor de cada NR foi obtido a partir da multiplicação da probabilidade pelo impacto em cada uma dessas dimensões. Os riscos com NR. E.E. (Eficiência Energética) iguais ou superiores a 20 foram classificados como “muito altos” e encaminhados para a próxima etapa da análise.

Na sequência, foi aplicada uma matriz de avaliação das mitigações, com o objetivo de refinar a priorização a partir de uma perspectiva de viabilidade e retorno. Nessa etapa, foi calculado o Índice de Ganho de Mitigação (IGM), levando-se em conta três eixos principais: facilidade de implementação, impacto no entorno e impacto no negócio. A facilidade de implementação foi avaliada com base em critérios como custo, tempo, necessidade de inovação e resistência interna. O impacto no entorno considerou a atratividade para investidores ESG, a reputação corporativa e a conformidade com padrões globais como ODS, SASB e GRI. Já o impacto no negócio foi medido pela capacidade de reduzir custos operacionais e gerar vantagem competitiva. A partir da pontuação final do IGM, as ações foram classificadas como altamente recomendadas ($IGM \geq 4,0$), viáveis e recomendadas (IGM entre 3,5 e 3,9), ou com retorno baixo, podendo ser postergadas ($IGM < 3,5$).

Com base nos riscos com IGM igual ou superior a 3,5, foi estruturado um conjunto de metas utilizando a metodologia OKR (Objectives and Key Results). O objetivo central definido foi promover a eficiência energética na operação ferroviária até 2025. Os resultados-chave (KRs) foram elaborados a partir dos riscos priorizados

e construídos com base na metodologia SMART, garantindo que cada meta fosse específica, mensurável, atingível, relevante e temporal. Assim, foram estabelecidas metas como a redução do consumo médio de diesel, a modernização da frota e a implementação de sistemas de monitoramento.

Para viabilizar a execução prática dos KRs, foi adotada a ferramenta 5W2H, estruturando o plano de ação a partir de sete perguntas fundamentais: o que será feito, por que será feito, por quem, quando, onde, como e quanto custará. Esse desdobramento permitiu detalhar todas as ações de forma objetiva e operacional, associando os recursos necessários, prazos de execução, áreas responsáveis e justificativas técnicas. O 5W2H também foi construído com base no GHG Protocol, assegurando que todas as iniciativas estivessem alinhadas às boas práticas de gestão e mensuração das emissões de gases de efeito estufa.

Como etapa final, foi desenvolvido um plano de acompanhamento das ações, reunindo os desdobramentos do OKR e do 5W2H em uma estrutura de monitoramento contínuo. Para cada ação foram definidos indicadores de sucesso, metas quantitativas, frequência de acompanhamento, responsáveis pelo monitoramento e o status atual da implementação. Essa estrutura garantiu a governança do plano, permitindo o acompanhamento dos resultados com base em evidências concretas e promovendo maior transparência e controle durante a execução. O plano de acompanhamento foi desenhado para estar em conformidade com os princípios do GHG Protocol, fortalecendo o compromisso com a sustentabilidade, a eficiência energética e a melhoria contínua da performance ESG no setor ferroviário.