

AVALIAÇÃO DE INDICADORES TÉCNICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS - EX ANTE

**Projeto de Restauração
SC-120, trecho Lebon Régis - Curitibanos**

Dezembro 2024

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Jorginho dos Santos Mello
Governador

Jerry Edson Comper
Secretário de Infraestrutura e Mobilidade

Alexandre Schaffer
Superintendente de Planejamento e Gestão

Daniela Barbosa Pacheco
Diretora de Planejamento

Bruna Regina Gonzaga Brito
Gerente de Captação de Recursos e Gestão de Projetos Especiais - SIE

APRESENTAÇÃO

O presente relatório apresenta os resultados da Avaliação de Indicadores Técnicos, Econômicos e Ambientais “Ex Ante” do Projeto de Restauração da Rodovia SC-120, trecho entre os municípios de Lebon Régis e Curitibanos. A obra iniciou em dezembro de 2022 e deverá ser concluída em março de 2026.

Para a realização desta avaliação foi utilizado como ferramenta principal o software computacional Highway Development and Management model - HDM-4 - versão V2.11 -, que permite avaliar a viabilidade econômica de investimentos em projetos rodoviários. No modelo, foram considerados todos os dados e informações disponíveis no Projeto, dados históricos e de simulações de tráfego obtidos junto à Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade (SIE), além de outras informações levantadas através de pesquisas de mercado ou em literaturas especializadas.

Florianópolis, dezembro de 2024.

SUMÁRIO

1	A ANÁLISE ECONÔMICA.....	2
1.1	ELEMENTOS E PARÂMETROS DAS ANÁLISES.....	3
1.2	DADOS E PARÂMETROS DA FROTA DE VEÍCULOS	3
1.3	IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO	5
1.4	DADOS DE TRÁFEGO.....	5
1.5	CUSTOS UNITÁRIOS DE SERVIÇOS.....	6
2	O PROJETO.....	8
2.1	DESCRIÇÃO.....	8
2.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA OBRA EXECUTADA.....	8
2.3	CUSTOS E PRAZO DE EXECUÇÃO.....	10
3	ANÁLISES E RESULTADOS	11
3.1	INDICADORES ECONÔMICOS	12
3.2	INDICADORES DE RESULTADOS OPERACIONAIS	14
3.2.1	<i>Índice de Irregularidade (IRI)</i>	14
3.2.1	<i>Velocidade Média</i>	16
3.2.2	<i>Tempo de Viagem</i>	17
3.2.3	<i>Custo de Transporte</i>	18
3.3	INDICADORES DE RESULTADOS AMBIENTAIS	19
3.3.1	<i>Gases do Efeito Estufa</i>	19
3.4	QUADRO RESUMO DOS RESULTADOS	21

1 A ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica foi realizada considerando as seguintes alternativas ou cenários:

- a) BASE - condição atual, sem a realização das obras e;
- b) PROJETO - considerando a realização das obras.

No estudo são analisados indicadores econômicos, desempenho (operacionais) e ambientais (emissão de gases poluentes e reciclagem de borracha), apresentando não só os benefícios econômicos globais do empreendimento, mas também os benefícios gerados diretamente aos usuários.

No prisma econômico, o benefício que viabiliza as obras é oriundo da diferença entre o Custo Total de Transporte da situação **b** versus o Custo Total de Transporte da situação **a**, sendo que os componentes destes Custos Totais de Transporte são medidos ao longo de um período de análise. Esse período foi definido para poder simular todo o ciclo de vida de desempenho das obras. As obras de restauração, nesse caso, são analisadas em um horizonte de vida útil de 10 anos e, portanto, foi este o período considerado nesta avaliação, contados a partir do ano de abertura ao tráfego (conclusão da obra).

Já no aspecto de desempenho são considerados indicadores diretamente ligados a condição de operação da malha rodoviária analisada, dando destaque às velocidades médias praticadas, aos tempos de viagem, aos custos de operação de transporte e a manutenção na rodovia.

No aspecto ambiental, com base em dados da taxa de emissão de gases poluentes pelos veículos, são estimados os volumes emitidos de Óxidos de Nitrogênio (NO e NO₂ – NO_x) e Dióxido de Carbono (CO₂). Esse conjunto de gases é o mais representativo na combustão dos motores e, em conjunto com o metano, formam os três principais gases responsáveis pelo efeito estufa. O CO₂ é o gás com maior contribuição para o aquecimento global, pois representa mais de 70% das emissões e o seu tempo de permanência na atmosfera é de, no mínimo, cem anos.

A solução de pavimentação adotada para essa obra não envolve a utilização de Asfalto-Borracha, motivo pelo qual não são apresentados dados de reciclagem.

Idealmente, para apuração correta dos resultados econômicos, devem ser considerados os custos de todos os segmentos direta ou indiretamente impactados pela obra executada, visando minimizar distorções nos resultados que poderiam inviabilizar economicamente o empreendimento.

Por esse motivo, na impossibilidade de uma análise completa, os resultados devem ser avaliados de forma global, analisando também indicadores de desempenho, outros dados disponíveis relacionados aos demais trechos que ficaram fora da análise e benefícios

subjettivos (atratividade de investimentos e a busca do desenvolvimento regional, econômico e social, por exemplo), ou ainda, problemas específicos a serem solucionados.

Assim, destaca-se que a avaliação econômica é realizada para obtenção de indicadores quantitativos e diretamente relacionados ao empreendimento. Seus resultados, então, devem ser considerados para *auxiliar* no processo de tomada de decisão, não devendo ser caracterizado, assim, como fator isolado e dissociado do contexto do projeto.

1.1 Elementos e parâmetros das análises

Os principais grupos de dados utilizados na avaliação econômica são:

- 1) Dados e parâmetros da frota de veículos;
- 2) Características técnicas dos trechos rodoviários;
- 3) Dados de tráfego;
- 4) Intervenções e serviços de conservação, manutenção e melhoria.

O projeto foi finalizado em 2022. Após conclusão dos processos licitatórios (obra e supervisão), a ordem de serviço foi emitida em dezembro de 2022. Porém, a obra só teve início efetivo a partir de 2024. Por esse motivo, como critério da análise, o período de execução considerado foi de 2 anos, entre 2024 e 2025, com abertura ao tráfego em 2026.

Na análise foi considerada uma taxa de oportunidade de capital de 12% ao ano, taxa utilizada normalmente no Brasil para análises de investimentos rodoviários. Os valores expressos na análise são em moeda vigente, ou seja, em Reais (R\$).

Os parâmetros técnicos dos trechos analisados foram adquiridos a partir dos projetos, obtidos em pesquisas aos Bancos de Dados da SIE e também em outros documentos técnicos disponíveis.

1.2 Dados e parâmetros da frota de veículos

A frota de veículos considerada neste estudo é composta de 4 categorias de veículos, sendo elas:

- 1) VL – Veículos Leves;
- 2) ON – Ônibus;
- 3) VC1 – Caminhões Leves e Médios;
- 4) VC2 – Caminhões Pesados;

Os carregamentos médios por eixo utilizado para os veículos comerciais foram obtidos a partir das pesquisas de Origem e Destino realizadas no Estado de Santa Catarina para a elaboração do Plano Diretor de Transporte Rodoviário do Estado no ano de 2007.

Os preços dos insumos da frota, como o preço de veículo novo, de pneus e combustíveis foram obtidos a partir de pesquisas de mercado em 2023, anuário de vendas de veículos e preços da tabela FIPE, além de dados dos postos de combustíveis de Santa Catarina¹. Outros custos, como mão de obra de manutenção, custo horário dos passageiros e atraso de cargas foram obtidos por pesquisas de mercado considerando os preços médios no mês de abril de 2019. Todos os valores foram atualizados por índices de inflação para **agosto de 2024** (mês considerado como referência para esta avaliação).

O valor referente ao tempo do passageiro foi calculado com base nos rendimentos médios divulgados pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Os demais parâmetros da frota foram definidos pela utilização do próprio Banco de Dados do HDM-4 ou são oriundos de pesquisas realizadas para outros Programas de Financiamento já efetuados em Santa Catarina.

Na conversão de valores financeiros para econômicos foram considerados os fatores apresentados na IS-17 - Instrução de Serviços para Análise Econômica de Projetos Rodoviário, vigente a SIE, utilizando um fator médio de conversão de 0,80.

O Quadro 1 a seguir exibe um resumo de todos os dados considerados para a frota de veículos:

Quadro 1 - Parâmetros da Frota de Veículos

Características dos Veículos					
Item	Unidade	VL - Veículo Leve	ON - Ônibus	Caminhão	
				VC1	VC2
Equivalente de Eixo (AASHTO)	-	0,000	0,470	0,427	1,428
PCSE	-	1	1,6	1,5	1,6
Carga Total Bruta	Ton	1,2	10,0	10,0	18,0
Número de Eixos	Unidade	2	2	2	3
Número de Pneus	Unidade	4	6	6	10
Nº de Passageiros/Veículos	Unidade	1,8	30	0	0
Utilização dos Veículos					
Item	Unidade	VL - Veículo Leve	ON - Ônibus	Caminhão	
				VC1	VC2
Vida de Serviço	Anos	13	13	13	13
Quilometragem Anual Média	km	36.000	140.000	100.000	130.000
Utilização Anual	horas	500	1.800	2.000	2.000
Viagens a Trabalho (Passageiro)	%	75	75	-	-
Custos Unitários					
Item	Unidade	VL - Veículo Leve	ON - Ônibus	Caminhão	
				VC1	VC2
Veículo Novo	R\$ / Veículo	131.000,00	972.000,00	420.000,00	747.000,00
Pneu Novo	R\$ / Pneu	716,00	3.170,00	1.330,00	3.172,00
Mão de Obra de Manutenção	R\$ / h	204,00	204,00	204,00	204,00
Mão de Obra de Tripulação	R\$ / h	-	20,47	17,40	17,40
Gasolina	R\$ / litro	5,70	-	-	-
Óleo Diesel	R\$ / litro	-	5,42	5,42	5,42

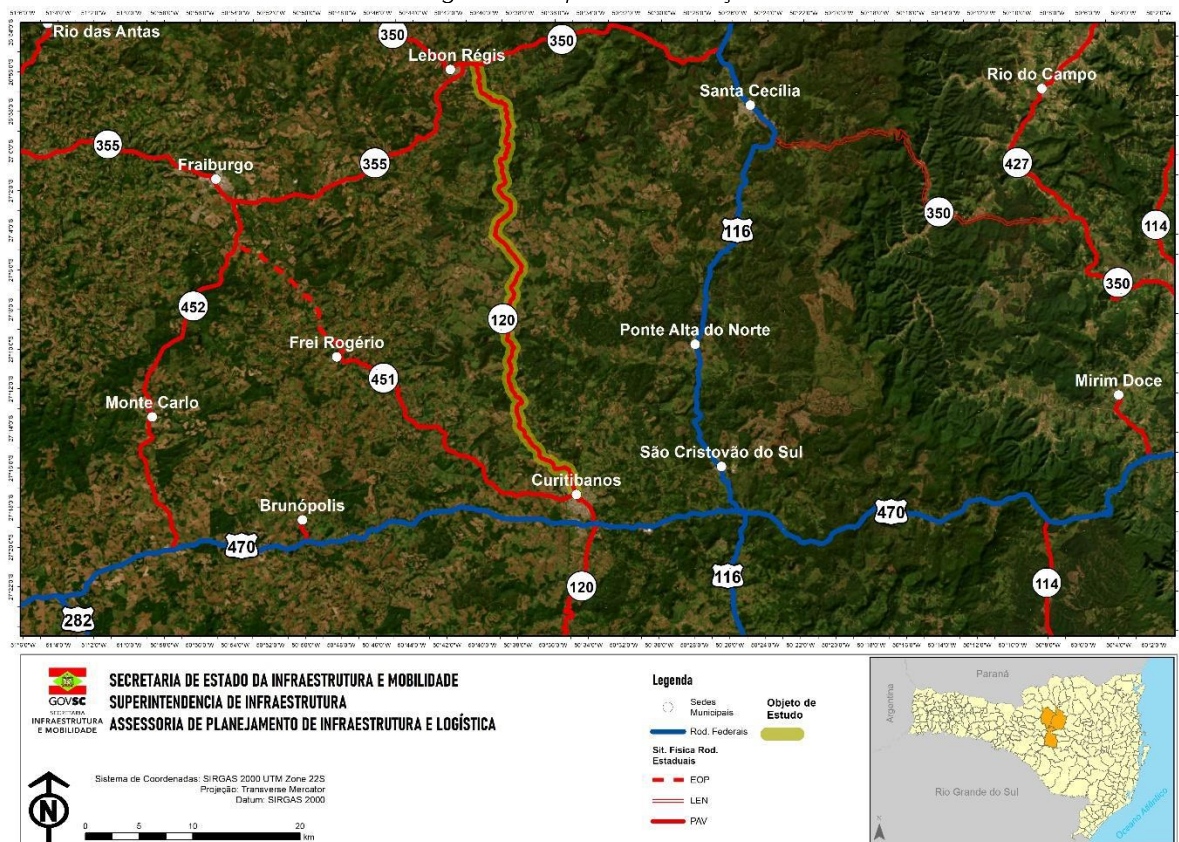
¹ <https://www.tabelasdefrete.com.br/planilha/historico-da-variacao-de-precos/25>

Óleo Lubrificante	R\$ / litro	27,00	27,00	27,00	27,00
Tempo do Passageiro (Trabalho)	R\$ / h	36,00	5,10	-	-
Tempo do Passageiro (Passeio)	R\$ / h	12,00	1,70	-	-
Atraso de carga	R\$ / h	-	-	11,60	11,60

1.3 Identificação do projeto

A Figura 1 apresenta a localização do trecho objeto do estudo. Trata-se da restauração com da rodovia estadual SC-120, no trecho compreendido entre os municípios de Lebon Régis e Curitibanos.

Figura 1 - Mapa de Localização



Fonte: Estudo de Demanda por Transporte (EDT) - Restauração com Aumento de Capacidade da Rodovia SC-120, trecho Lebon Régis - Curitibanos (SIE, 2024).

1.4 Dados de tráfego

As rodovias influenciadas, os respectivos volumes de tráfego e as suas composições foram extraídos do Estudo de Demanda por Transporte (EDT) da rodovia (2024).

Observa-se que a simulação resultou em uma variação de tráfego muito baixa (tráfego atraído para a rodovia) a partir da conclusão das obras em 2025. Se comparados os cenários Base e Projeto, houve uma variação de tráfego inferior a 1%. Ou seja, a restauração

da rodovia não gera impacto significativo na distribuição do tráfego na região. Motivo pelo qual a análise se deu apenas no trecho das obras.

Para o segmento em estudo, em relação ao tráfego, foram identificados dois segmentos homogêneos, com volumes de tráfego distintos:

- **SC-120, trecho Lebon Régis – Entr. SC-350 (p/ Santa Cecília) – Chamada Seção “S1”**
- **SC-120, trecho Entr. SC-350 (p/ Santa Cecília) – Curitibanos (Entr. SC-451) – Chamada Seção “S2”**

Dessa forma, para a realização da análise, e baseado nos resultados do EDT, foram considerados os seguintes dados de tráfego:

Quadro 2 - Dados de tráfego

Trecho	Tráfego	Ano	VL - Veículo Leve	On - Ônibus	Caminhão		Total	Representatividade Veículos de Carga
					VC1	VC2		
Volumes de tráfego								
S1: Lebon Régis - Entr. SC-350 (p/ Santa Cecília)	Base	2024	2.442	21	556	525	3.544	30,5%
	Base	2026	2.541	22	578	545	3.685	30,5%
	Projeto	2026	2.515	22	604	550	3.691	31,3%
	Atraído / Desviado	2026	-26	0	26	5	6	-
S2: Entr. SC-350 (p/ Santa Cecília) - Curitibanos (Entr. SC-451)	Normal	2024	1.370	5	315	190	1.880	26,9%
	Normal	2026	1.425	5	327	197	1.955	26,8%
	Projeto	2026	1.396	6	352	203	1.957	28,4%
	Atraído / Desviado	2026	-29	1	25	6	2	-
Taxas de Crescimento								
Taxa Crescimento - SAR/CUBE 2021/2025			2,4%	1,7%	2,4%	2,3%	-	-
Taxa Crescimento - SAR/CUBE 2026/2030			2,1%	2,3%	2,1%	2,0%	-	-
Taxa Crescimento - SAR/CUBE 2031/2035			1,9%	1,9%	1,8%	1,7%	-	-
Taxa Crescimento - SAR/CUBE 2036/2040			1,7%	1,8%	1,5%	1,5%	-	-
Taxa Crescimento - SAR/CUBE 2041/2045			1,5%	1,5%	1,3%	1,3%	-	-

Fonte: : Estudo de Demanda por Transporte (EDT) – Restauração com Aumento de Capacidade da Rodovia SC-120, trecho Lebon Régis - Curitibanos (SIE, 2024).

Maiores comentários sobre as variações de tráfego e os cenários da obra podem ser verificados no respectivo Estudo de Demanda por Transporte.

1.5 Custos unitários de serviços

Para o cálculo do custo econômico das obras e dos serviços rodoviários foi utilizado o percentual de 80% do valor contratado.

O Quadro 3 apresenta os custos considerados para os serviços de manutenção previstos, ou seja, custos de operação habituais das rodovias (conservação e manutenção rotineira).

Considerando que para o trecho identificado como S1 a solução de restauração prevista é em pavimento rígido (conforme será detalhado mais adiante), foram previstos também serviços de manutenção em pavimentos rígidos. Na sequência são apresentados os itens de manutenção previstos para cada tipo de pavimento.

Quadro 3 - Custos unitários de serviços de manutenção em rodovias pavimentadas - pavimento flexível - CAUQ (agosto/2024)

Rodovia Pavimentada				
Serviço	Unid.	Critério	Custo Unitário Financeiro R\$	Custo Unitário Econômico R\$
Conservação Rotineira	km/ ano	-	57.315,65	45.852,52
Tapa Buraco	m²	1 vez ao ano - 100% das panelas	143,25	114,60

Quadro 4 - Custos unitários de serviços de manutenção em rodovias pavimentadas - pavimento rígido - Concreto (agosto/2024)

Rodovia Pavimentada Concreto				
Serviço	Unid.	Critério	Custo Unitário Financeiro R\$	Custo Unitário Econômico R\$
Conservação Rotineira	km/ ano	-	57.315,65	45.852,52
Resselação de juntas	m	A cada 10 anos	93,32	74,66

Os custos de Conservação Rotineira foram obtidos a partir de valores dos contratos de conservação em andamento pela SIE em todo o Estado.

Os custos para execução de Tapa Buraco foram obtidos a partir das planilhas referências de serviços utilizadas nos contratos da SIE.

Os custos para Resselação de juntas para pavimentos rígidos foram obtidos da Tabela SICRO/DNIT.

Os quantitativos devem variar de acordo com a necessidade individual de cada trecho (conforme critérios gatilhos indicados), oscilando em função do tipo de pavimento, do volume de tráfego, e demais características particulares de cada trecho, nas situações BASE e PROJETO.

2 O PROJETO

2.1 Descrição

O projeto de restauração tem início na interseção com a Rodovia Estadual SC-350 e, com uma extensão aproximada de 51 quilômetros, termina na interseção com a rodovia estadual SC-451, na cidade de Curitibaanos.

O segmento projetado pertence ao Grupo de Categoria A - Categoria de Estrada A III - Estrada de Ligação Intermunicipal, apresentando como características principais:

- Seção transversal em pista simples;
- Sem acostamento;
- Interseções em nível único;
- Velocidades de projeto compreendidas entre 40 (perímetro urbano) e 80 km/h.

Atualmente, a rodovia tem grande densidade de patologias, deterioração generalizada do pavimento e péssima qualidade de rolamento da superfície.

O projeto prevê três soluções distintas:

1. Pavimento Rígido (Whitetopping) - Segmento de 2,5 km (5% da extensão) no perímetro Urbano de Lebon Régios, com maior volume de tráfego e concentração de veículos de carga;
2. Reciclagem do pavimento antigo + revestimento 8,5cm de CBUQ - Segmento de 16,3 km (32% da extensão);
3. Fresagem e recomposição 5cm + revestimento 7cm de CBUQ - Segmento de 31,7km (63% da extensão).

No aspecto geométrico, foi projetado o alargamento dos acostamentos para 1,25m em todo o projeto (exceção para perímetro urbano, onde existem faixas adicionais).

2.2 Características técnicas da obra executada

Para a realização da simulação no HDM-4 foram consideradas as informações referentes à geometria e ao pavimento contidos no Projeto, juntamente com os dados de tráfego. Dessa forma, foi necessária a divisão final em três segmentos homogêneos. O resumo dos parâmetros considerados é apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - Características técnicas da rodovia SC-120, Lebon Régis - Curitibaanos

Segmentos		S1: Lebon Régis - Entr. SC-350 (p/ Santa Cecília)		S2: Entr. SC-350 (p/ Santa Cecília) - Curitibaanos (Entr. SC-451)		S2': Entr. SC-350 (p/ Santa Cecília) - Curitibaanos (Entr. SC-451)	
Característica da rodovia	Unid.	Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições Futuras
Rodovia							
Extensão	km	2,54	2,54	16,31	16,31	31,74	31,74
Largura de pista	m	10,50	10,50	6,60	7,00	6,60	7,00
Largura do acostamento	m	-	-	-	1,25	-	1,25
Número de faixas de tráfego	nº	3	3	2	2	2	2
Geometria		Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições Futuras
Active-Declive	m/km	25,75	25,75	46,17	46,17	28,92	28,92
Curvacidade	°/km	30,00	30,00	75,00	75,00	75,00	75,00
Velocidade Diretriz	km/h	40	40	80	80	80	80
Altitude do terreno	m	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Número de subidas e descidas	nº/km	1,97	1,97	2,27	2,27	2,17	2,17
Superelevação	%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Estrutura do Pavimento - Base		Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições Futuras
CBR	%	11%	-	11%	-	11%	-
Material		Rachão	-	Rachão	-	Rachão	-
Espessura	cm	15	-	15	-	15	-
Estrutura do Pavimento - Base		Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições atuais	Condições atuais	Condições atuais
Material		Material Rochoso	-	Material Rochoso	Reciclagem	Material Rochoso	Fresagem 5+5
Espessura	cm	20	-	20	30	20	
Revestimento		Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições Futuras
Material		CBUQ	Whitetopping	CBUQ	CBUQ	CBUQ	CBUQ
Espessura	cm	10,00	24,00	10,00	8,50	10,00	7,00
Condições do Pavimento		Condições atuais	Condições Futuras	Condições atuais	Condições atuais	Condições atuais	Condições atuais
Área total de trincas	%	15,00		15,00		15,00	
Trincamento (FC2+FC3)	%	9,50		9,50		9,50	
Irregularidade (IRI)	m/km	4,50	2,00	4,50	2,00	4,50	2,00
Desgaste/desagregação	%	20,00		20,00		20,00	
Área de bordo quebrada	m²/km	100,00		100,00		100,00	
Panelas	%	5,00		5,00		5,00	
Média das trilhas de roda	mm	30,00		30,00		30,00	
Deflexão	mm	0,30		0,30		0,30	
Observação							

Os segmentos foram "nomeados" conforme indicação prévia da segmentação pelos volumes de tráfego. Os segmentos S2' mantém o volume de tráfego de S2, porém apresenta, conforme demonstrado no Quadro, características geométricas ou soluções de pavimentação distintas.

2.3 Custos e prazo de execução

Os custos de execução das obras e supervisão foram obtidos dos contratos. As datas base são junho/2022 para a obra e abril/2022 para a supervisão.

Para a realização da avaliação econômica é necessário que os valores do projeto estejam na mesma base referencial. Os preços de operação de veículos, manutenção da rodovia etc., conforme descrito anteriormente, foram pesquisados/atualizados para a data base de agosto/2024. Por esse motivo, os custos da obra e da supervisão foram atualizados, utilizando os índices correspondentes para cada grupo de serviço e consultoria, disponíveis no site do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)². Os valores para obras e supervisão são apresentados a seguir.

Quadro 6 – Obra

Contrato de execução de obra - CT-346/2022					
Base	CT-346/2023		Referência financeira HDM		
Referência do orçamento	jun-22		ago-24 / jun-22		
Discriminação	Valor em Real (R\$)		Fator	Valor em Real (R\$)	
	Total Grupo	Preço km		Total Grupo	Preço km
Terraplanagem	7.614.607,22	150.507,13	1,017	7.747.676,92	153.137,33
Pavimentação	81.988.538,75	1.620.551,04	1,068	87.560.174,49	1.730.677,65
Drenagem	23.552.450,25	465.527,84	1,049	24.696.942,04	488.149,39
Sinalização	2.080.583,41	41.123,94	1,022	2.127.178,32	42.044,91
Obras Complementares	1.721.772,12	34.031,82	1,002	1.725.838,81	34.112,21
Serviços Diversos	5.947.596,01	117.557,69	1,079	6.419.689,25	126.888,88
Meio Ambiente	1.935.288,28	38.252,10	1,002	1.939.859,28	38.342,44
Instalações e Trabalhos Preliminares	3.021.398,53	59.719,70	1,079	3.261.223,46	64.459,97
Administração local	9.606.471,60	189.877,49	1,079	10.368.989,81	204.949,10
TOTAL	137.468.706,17	2.717.148,74	-	145.847.572,38	2.882.761,89

Quadro 7 – Supervisão

Contrato de supervisão - CT-031/2023					
Base	CT-031/2023		Referência financeira HDM		
Referência do orçamento	abr-22		Índices de consultoria - ago-24 / abr-22		
Discriminação	Valor em Real (R\$)		Fator	Valor em Real (R\$)	
	Total Grupo	Preço km		Total Grupo	Preço km
Supervisão	5.080.999,77	100.428,91	1,025	5.208.677,00	102.952,52
TOTAL	5.080.999,77	100.428,91	-	5.208.677,00	102.952,52

O contrato teve ordem de serviço em dezembro de 2022. Porém, com início efetivo e medições expressivas a partir de 2024, ano esse considerado para o início. O término foi estimado para 2025 – os efeitos serão percebidos a partir de 2026. A seguir é apresentado um resumo dos dados considerados na análise.

- Valor financeiro total / valor por km: R\$ 151.056.249,38 / R\$ 2.985.714,41
- Custo econômico (80%) / valor por km: **R\$ 120.844.999,50 / R\$ 2.388.571,53**
- Período de execução: 2 anos (2024-2025).
- Conclusão da obra: **2025 (reflexo dos resultados a partir de 2026).**

² <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/indices-de-reajustamentos/indices-de-reajustamentos-de-obras-rodoviario>

3 ANÁLISES E RESULTADOS

A análise econômica foi realizada com a utilização do modelo HDM-4 versão V 2.11.

Este estudo concentrou-se na determinação dos custos totais de transporte de duas alternativas para a rodovia envolvida e, conseqüentemente, na comparação entre estes custos totais de transporte.

O custo total de transporte nestes estudos, para cada uma das alternativas inclui:

- a) Custos de Capital do órgão rodoviário: são os custos das obras de implantação, restauração e melhorias diretamente empregadas pelo órgão administrador rodoviário.
- b) Custos Recorrentes do órgão rodoviário: são os recursos necessários para a manutenção e conservação rotineiras das rodovias e empregados pelo órgão rodoviário;
- c) Custo de operação de veículos: são os custos dos usuários referentes aos insumos empregados para a utilização da rodovia, como depreciação de veículo, combustível, pneus, mão de obra de manutenção, peças de reposição, óleo lubrificante, custo de tripulação e outros.
- d) Custo do tempo de viagem: são referentes aos custos horários de salário dos viajantes a serviço.

O HDM-4 determina custos anuais para cada um destes componentes em cada alternativa estudada a partir da simulação do ciclo de vida da rodovia, especialmente do pavimento. A simulação do ciclo de vida do pavimento leva em conta a deterioração que o mesmo sofre pela aplicação de cargas, principalmente. O HDM-4 possui modelos de deterioração para a maioria dos tipos de pavimentos e atualiza a estrutura quando são programados serviços de melhoria, conservação e manutenção. Ano após ano do período de análise, o HDM-4 simula a situação média dos pavimentos para as diferentes alternativas.

Nas análises dos Projetos foram simuladas duas alternativas para serem comparadas entre si:

- a) **Alternativa BASE:** representa deixar a rodovia em estudo exatamente como se encontra hoje, sem a execução das obras previstas no projeto. Considerando o avanço da sua deterioração e a realização de manutenções rotineiras ao longo do período analisado.
 - Política de Manutenção

A rodovia pavimentada receberia uma manutenção básica composta por um valor destinado a conservação rotineira, execução serviços de remendos e tapa-buraco 1 vez ao ano.

- I. Conservação Rotineira
- II. Tapa buraco 1 vez ao ano, cobrindo 100% das painéis

b) **Alternativa PROJETO:** representa executar as obras previstas no projeto.

- Política de Manutenção

O pavimento concluído receberia a mesma manutenção básica, padrão para as rodovias.

3.1 Indicadores econômicos

Os indicadores econômicos que permitem concluir sobre a viabilidade econômica do investimento são o **Valor Presente Líquido (VPL)**, a **Taxa Interna de Retorno (TIR)**, a **Relação Benefício/Custo** e a **Variação dos Custos de Manutenção**.

Os valores de VPL são os valores que representam a soma de todos os benefícios ao longo do período de análise, trazidos para o valor presente. Ou seja, representam o valor final quando se traz para a data zero o fluxo de caixa do projeto, somados aos seus investimentos individuais.

Da mesma forma, os valores obtidos para a TIR e para o B/C também podem ser obtidos diretamente da análise dos fluxos de caixa. O primeiro representa o valor percentual de retorno quando o VPL é igual a zero, ou seja, quando os benefícios se igualam aos custos. O segundo pode ser obtido da própria relação entre os benefícios e os custos do projeto.

Aplicando-se o mesmo conceito é possível realizar análises de sensibilidade, considerando, por exemplo, um aumento dos custos de obra, variações nos volumes de tráfego, entre outras. O objetivo é obter novos resultados para TIR, B/C e VPL conforme cada novo cenário indicado.

Neste sentido, foi analisada a sensibilidade com o aumento em 25% nos custos do projeto, levando em consideração que esse é o valor limite legal para aditivos.

Conforme descrito anteriormente nas considerações sobre a “análise econômica”, para apuração correta dos resultados econômicos, deveriam ser considerados os custos de todos os segmentos direta ou indiretamente impactados pela obra executada, visando atenuar distorções que poderiam inviabilizar economicamente o empreendimento.

De acordo com o apontado nos dados de VMD, as variações de tráfego na rodovia em estudo não são relevantes. Ou seja, os resultados econômicos aqui apresentados – mesmo analisando apenas o segmento objeto das obras – podem ser considerados confiáveis.

A Figura 2 apresenta o resumo dos indicadores econômicos.

Figura 2 - Indicadores econômicos – cenário original (Base Sensitivity Scenario) e sensibilidade de 25%

HDM - 4 Economic Indicators Summary HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT Study Name: Restauração SC-120, Lebon Régis - Curitiba Run Date: 03-12-2024 Currency: Real (millions) Discount Rate: 12,00%									
Sensitivity: Base Sensitivity Scenario									
Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase i Agency Cost (C)	Decrease i User Cost (B)	Net Exogenous Benefit (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cos Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cos Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
BASE	22.957	6.548	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
PROJETO	122.921	110.446	99.963	143.720	0.000	43.757	0,356	0,396	19,0 (1)
Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900									
Sensitivity: Base Sensitivity Scenario +25%									
Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase i Agency Cost (C)	Decrease i User Cost (B)	Net Exogenous Benefit (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cos Ratio (NPV/RAC)	NPV/Cos Ratio (NPV/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
BASE	22.957	6.548	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
PROJETO	122.921	110.446	125.938	143.720	0.000	17.782	0,145	0,161	14,4 (1)
Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900									

A partir dos dados indicados no Resumo foi possível montar o Quadro 8, que apresenta os principais indicadores econômicos (VPL, B/C e TIR).

Quadro 8 - Resumo indicadores econômicos

Trecho	VPL (R\$ Milhões)	B/C	TIR (%)
Cenário Base	43,8	1,4	19,0
Cenário Sensibilidade +25% custo do projeto	17,8	1,14	14,4

Verifica-se que, mesmo no cenário mais pessimista, com uma TIR de 14,4%, o investimento se mostra viável.

Ainda, considerando as políticas de manutenção utilizadas na análise de viabilidade, através da soma dos valores dispendidos pela agência administradora da rodovia nas intervenções necessárias, pode ser estimado o valor que representa a economia relacionada à manutenção da via durante o horizonte de análise. Ou seja, comparando-se o custo de manutenção da rodovia para a situação Base (sem obra) versus a situação de Projeto (com obra) ao longo do período de análise.

Deve-se atentar que essa economia se refere apenas as atividades de manutenção da rodovia, onde não são considerados os valores relacionados aos benefícios que a intervenção proposta deve gerar (custos operacionais, custo de tempo de viagem, redução de acidentes, entre outros) e que possuem um montante bastante superior aos valores relacionados apenas à manutenção.

O Quadro 9 apresenta o comparativo entre os custos de manutenção nos cenários Base e Projeto.

Quadro 9 - Custos de manutenção no período de análise - 10 anos (R\$ x 1 milhão)

Ano	Alternativa	Manutenção (R\$)
2026-2035	Base	34,17
	Projeto	23,60
	Variação	-30,94%

No final do período de 10 anos, há uma redução de 31%, refletindo em uma economia de R\$ 10,6 milhões em manutenção.

Destaca-se que são considerados apenas custos de **manutenção**, conforme padrão previamente apresentado.

Após verificação dos indicadores econômicos, serão apresentados os resultados operacionais, ou seja, aqueles que são verificados diretamente no dia a dia pelos usuários da rodovia, e passíveis de verificação logo após a conclusão das obras.

3.2 Indicadores de resultados operacionais

Os benefícios diretos da execução do projeto são resultados das melhorias operacionais no trecho, consequência da restauração do pavimento. Estas melhorias resultam em aumento da **velocidade média** e, consequentemente, na redução no **tempo de viagem**. As melhores condições de rodagem proporcionam também a redução dos **custos de transporte**.

O custo de transporte é o somatório dos custos operacionais e do tempo de viagem dos veículos, que também variam em função da velocidade de operação. O tempo de viagem é afetado diretamente pela velocidade de operação dos veículos. Já o custo operacional é afetado principalmente pela condição da superfície de rolamento – que pode ser apurada através do **Índice de Irregularidade (IRI)** – e das características geométricas da rodovia. É a redução do custo de transporte que viabiliza ou não o empreendimento, em conjunto com a redução dos investimentos necessários em manutenção e melhorias nas rodovias.

3.2.1 Índice de Irregularidade (IRI)

A irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico que afeta a dinâmica do veículo, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem da via.³

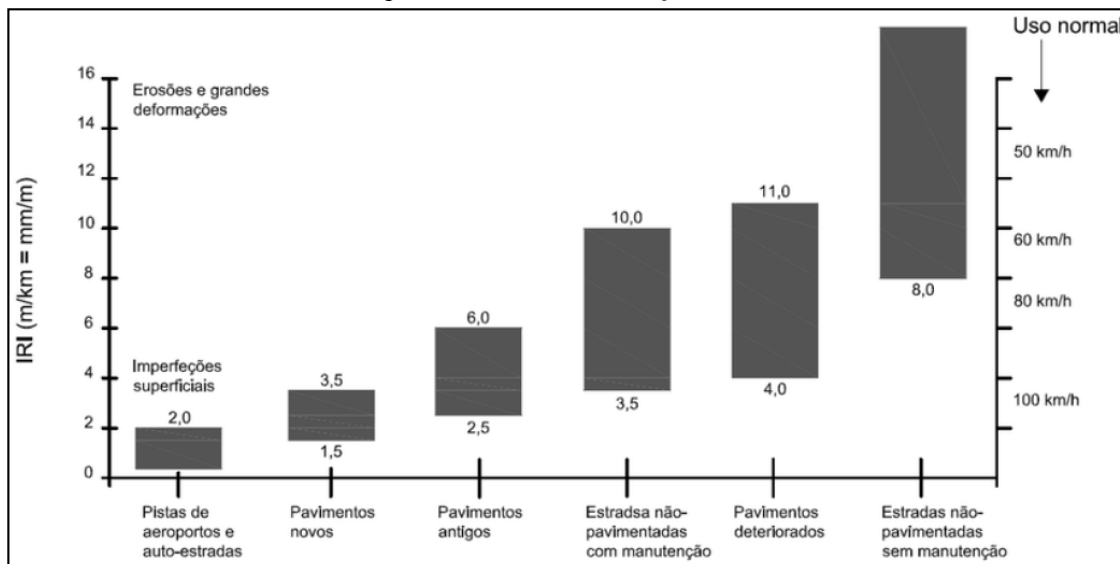
Para medir a irregularidade foi criado este índice, o IRI – International Roughness Index (Índice de Irregularidade Internacional). O índice é composto a partir de uma análise

³ BERNUCCI, L.B. et al. **Pavimentação Asfáltica**. Formação Básica Para Engenheiros. Rio de Janeiro. PETROBRAS – ABEDA, 2010.

estatística da superfície do pavimento, expressada em m/km (ou mm/m), que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação a prevista em projeto.

A seguir, é apresentado um gráfico com as faixas estimadas de variação do IRI para variados tipos de situações.

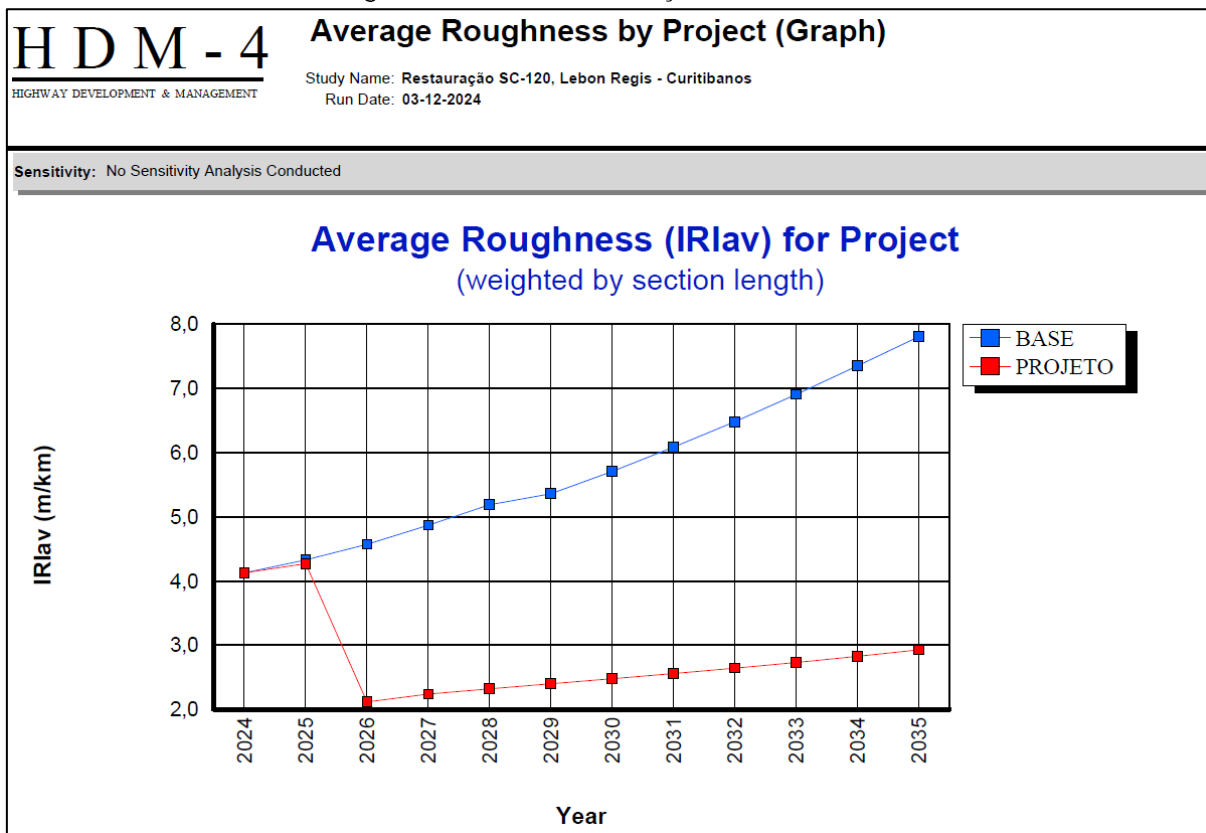
Figura 3 - Faixas de variação do IRI



Fonte: The little book of profiling. Basis information about measuring and interpreting road profiles (SAYERS E KARAMIHAS, 1998)

A seguir, é apresentado o gráfico de evolução do IRI, para os segmentos das obras, estimado pelo programa HDM-4, nas situações BASE e de PROJETO.

Figura 4 - Gráfico de evolução do IRI (m/km)



Pelo gráfico, percebe-se o acentuado aumento no IRI da rodovia no cenário Base. Apenas a manutenção rotineira não seria suficiente para manter os padrões mínimos de qualidade da rodovia. Com o indicador atualmente já próximo de 4 m/km (classificado pelo ábaco da Figura 3 como pavimento antigo/deteriorado), passará a ter um efeito de trafegabilidade similar a uma estrada não pavimentada, chegando a uma irregularidade de quase 8 m/km ao fim dos 10 anos. O reflexo será facilmente percebido posteriormente nos quadros das Velocidades Médias e Custos de Transporte.

A partir da conclusão da restauração, o IRI é reiniciado em 2 m/km⁴, seguindo parâmetros de um pavimento novo. Com o tempo, tem sua progressão suavizada de forma natural com o envelhecimento e a exposição as cargas, resistindo adequadamente a partir das manutenções previstas. No fim do período, começa a se aproximar novamente de um IRI de 3 m/km, momento em que deverá ser considerada uma nova restauração.

3.2.1 Velocidade Média

A comparação da velocidade média foi destacada para o ano atual, considerado como início das obras (2024), para o ano seguinte a conclusão (2026) e para 2035, último ano da

⁴ Os serviços de fresagem e recomposição do pavimento - que será complementado posteriormente por mais uma camada de CAUQ borracha - já tem o seu efeito percebido no segundo ano de obra.

análise. Pelo fato da conclusão das obras estarem previstas para o ano de 2025, seus resultados somente poderão ser auferidos de forma completa no ano de 2026.

O Quadro 10 abaixo mostra o resumo da avaliação da velocidade média.

Quadro 10 - Velocidade Média por tipo de veículo (Km/h)

Ano	Alternativa	VL	ON	VC1	VC2
2024	Base	70,69	67,69	62,48	61,71
2026	Base	67,88	65,47	60,86	60,47
	Projeto	74,69	70,08	64,98	63,19
	Variação	10%	7%	7%	4%
2035	Base	43,54	42,03	42,87	42,90
	Projeto	73,99	69,71	64,44	62,90
	Variação	70%	66%	50%	47%

Pode-se perceber o impacto do IRI nas velocidades médias já no primeiro ano após a conclusão da obra, com aumento de 10% para Veículos Leves. Com o pavimento novo, o limite de velocidade passa a ser limitado apenas pelas restrições de geometria e tráfego.

3.2.2 Tempo de Viagem

O tempo de viagem é inversamente proporcional ao aumento da velocidade e a uma possível variação de extensão: maior velocidade, menor tempo de viagem.

A comparação dos tempos de viagem foi destacada para o ano atual, considerado como início das obras (2024), para o ano seguinte a conclusão (2025) e para 2035, último ano da análise. Pelo fato da conclusão das obras estarem previstas para o ano de 2025, seus resultados somente poderão ser auferidos de forma completa no ano de 2026.

O Quadro 11 abaixo mostra o resumo dos tempos de viagem.

Quadro 11 - Tempo de Viagem (minutos)

Ano	Alternativa	VL	ON	VC1	VC2
2024	Base	42,9	44,8	48,6	49,2
2026	Base	44,7	46,4	49,9	50,2
	Projeto	40,6	43,3	46,7	48,0
	Variação	-9%	-7%	-6%	-4%
2035	Base	69,7	72,2	70,8	70,8
	Projeto	41,0	43,5	47,1	48,3
	Variação	-41%	-40%	-33%	-32%

Inversamente proporcional a velocidade média. Quanto maior a velocidade, menor o tempo para percorrer o trecho. Novamente, verifica-se o impacto da deterioração do pavimento ao longo do tempo, e a importância da restauração.

3.2.3 Custo de Transporte

A comparação dos custos de transporte foi destacada para o ano atual, considerado como início das obras (2024), para o ano seguinte a conclusão (2026) e para 2035, último ano da análise. Pelo fato da conclusão das obras estarem previstas para o ano de 2025, seus resultados somente poderão ser auferidos de forma completa no ano de 2026.

O Quadro 12 abaixo mostra o resumo dos custos de transporte por quilômetro percorrido.

Quadro 12 - Custo de Transporte (R\$/veic.km)

Ano	Alternativa	VL	ON	VC1	VC2
2024	Base	2,8	9,3	7,2	11,55
2026	Base	2,9	9,6	7,3	11,84
	Projeto	2,7	8,5	6,7	10,79
	Variação	-7%	-11%	-9%	-9%
2035	Base	3,7	12,4	8,7	14,10
	Projeto	2,7	8,6	6,7	10,86
	Variação	-26%	-31%	-23%	-23%

O Quadro 13 abaixo mostra o resumo dos custos de transporte para a rota completa (34,4 km).

Quadro 13 - Custo de Transporte (R\$/veic)

Ano	Alternativa	VL	ON	VC1	VC2
2024	Base	141,9	470,1	362,1	584,2
2026	Base	145,2	486,2	371,2	598,8
	Projeto	135,6	430,7	338,8	545,8
	Variação	-7%	-11%	-9%	-9%
2035	Base	185,2	629,1	442,2	713,3
	Projeto	136,3	433,8	340,8	549,3
	Variação	-26%	-31%	-23%	-23%

A qualidade da rodovia tem impacto direto nos custos de transporte de quem por ela trafega. Os Custos logísticos correspondem a 13% do faturamento das empresas (média estadual), sendo aproximadamente 4% só o transporte⁵. Considerando apenas os veículos de carga, uma redução de 9% nos custos de transporte em 2026 poderia representar uma economia de aproximadamente 0,36% no faturamento. Se considerar uma escala de faturamento a nível Estadual, apenas o Agronegócio, por exemplo, respondeu por 64,4% do valor total das exportações catarinenses em 2022, o que gerou um valor de US\$ 7,5 bilhões⁶. Ou seja, 0,34% equivaleria a uma “economia” de aproximadamente US\$ 25,5

⁵ Estudo: - Eficiência Logística e a Competitividade Industrial (Laboratório de Desempenho Logístico - UFSC, 2022)

⁶ SC bate recorde no valor da produção e das exportações da agropecuária em 2022. (Portal da Transparência, Governo de Santa Catarina, 2023. Disponível em: <https://www.agricultura.sc.gov.br/sc-bate-recorde-no-valor->

milhões de dólares (sem considerar todos os impactos positivos indiretos em arrecadação, possibilidade de redução de preço de produtos para a população etc.).

É evidente que a ótima condição de tráfego da rodovia objeto deste estudo, após a realização das obras, não reflete a condição das demais rodovias por onde passam as cargas. Tampouco, a condição da malha rodoviária estadual como um todo. Mas demonstra o impacto que a manutenção de uma rede viária em boas condições de tráfego pode gerar, direta e indiretamente, para Estado, para empresas e para população.

3.3 Indicadores de resultados ambientais

Como indicador de resultados relacionado com a conservação e melhoria ambiental, foi selecionado aquele relacionado a emissão de gases do efeito estufa pelos veículos que utilizam a rodovia contemplada no estudo.

3.3.1 Gases do Efeito Estufa

Os dados foram obtidos a partir da utilização do HDM-4, da mesma forma que os demais indicadores já comentados. O critério considerado foi o total da emissão de gases ao longo do período de análise (10 anos: 2026 – 2035) para o cenário Base, comparado ao cenário de Projeto, na situação da obra concluída.

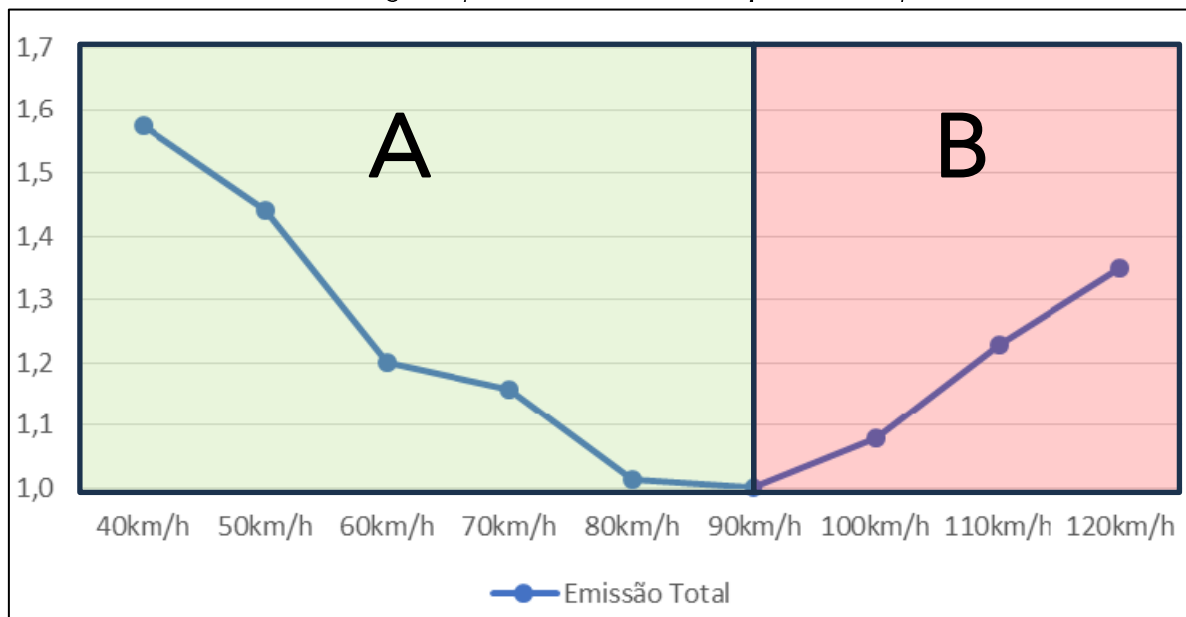
São relacionados então, os volumes emitidos de Óxidos de Nitrogênio (NO e NO₂ – NO_x) e Dióxido de Carbono (CO₂). Esse conjunto de gases é o mais representativo na combustão dos motores, em conjunto com o metano. Por fim, os indicadores são representados em Toneladas de CO₂ equivalente, por se tratar do gás que tem maior contribuição para o aquecimento global, representando mais de 70% das emissões e o seu tempo de permanência na atmosfera é de, no mínimo, cem anos.

A conversão das Toneladas de NO_x em equivalência de CO₂ ocorre na proporção de 1 para 296, em função do potencial de promoção do efeito estufa do CO₂ representar 296 vezes o de NO_x.

A taxa de emissão dos gases é uma função da velocidade do veículo. Já o total emitido leva em consideração também o tempo que o veículo permanece na rodovia. Em termos gerais (varia para cada tipo de veículo), quanto maior a velocidade, maior a taxa de emissão. Entretanto, menos tempo o veículo leva para percorrer a rodovia. Em consequência, menos tempo emitindo os gases. Ou seja, existe uma curva gráfica de emissão total para cada tipo de veículo, que, de forma simplificada, pode ser representada pelo gráfico a seguir.

da-producao-e-das-exportacoes-da-agropecuaria-em-2022-aponta-levantamento-da-
epagri/#:~:text=No%20ano%20de%202022%2C%20Santa,R%24%2061%2C4%20bilh%C3%B5es.

Gráfico 1 - Emissão de gases poluentes - modelo simplificado ao percorrer 100 km



Do gráfico, verifica-se, portanto, que existe uma velocidade ótima (destaca-se que diferente para cada veículo - Leve, Ônibus, VC1 e VC2) para redução da emissão total de gases ao passar pelo trecho.

Para o veículo do modelo, há redução na emissão total conforme aumenta a velocidade (área A do Gráfico 1) até atingir 90 km/h - seu ponto ótimo. A partir dessa velocidade (área B do Gráfico 1), quanto mais veloz, maior a emissão total. No exemplo, as demais velocidades representam, proporcionalmente, uma relação da emissão para a velocidade ótima.

Com essa consideração, segue quadro comparativo, em toneladas de CO₂ equivalentes, analisando as alternativas BASE e PROJETO.

Quadro 14 - Emissão de Gases do Efeito Estufa - (Toneladas de CO₂ equivalente)

Alternativa	2026	2035	2026-2035
Base	69.051	80.195	742.702
Projeto	65.258	77.143	713.070
Variação	-5%	-4%	-4%

Para todos os períodos pode ser verificada a redução na emissão de poluentes em função das melhores condições da rodovia, e velocidade praticada, chegando a uma redução de 4% no horizonte de 10 anos, correspondendo a uma redução de 29,6 mil toneladas de CO₂ emitidos na atmosfera.

3.4Quadro resumo dos resultados

A seguir, é apresentado um quadro resumo com os indicadores.

Quadro 15 - Quadro Resumo de Indicadores

Impacto/Indicador	Unidade de Medida	Valor de Linha de Base (2024)	Metas 2026		% Alcançado	Meios de verificação
			Referência	Valor		
Restauração de Rodovias						
SC-120, Lebo Régis - Curitibaanos						
Extensão rodoviária						
Rotas alternativas de tráfego	km	50,59	BASE	50,59	0,0%	% Alcançado: variação na extensão percorrida no trecho
Custos Operacionais dos veículos por quilômetro no trecho						
Automóveis	R\$/km	2,80	BASE	2,68	-4,5%	Variação do custo de viagem por quilômetro, considerada referência do ano e o dado da linha base
Ônibus	R\$/km	9,29	BASE	8,51	-8,4%	
Caminhões VC1	R\$/km	7,16	BASE	6,70	-6,4%	
Caminhões VC2	R\$/km	11,55	BASE	10,79	-6,6%	
Média Ponderada (pelo volume de tráfego)	R\$/km	4,47	BASE	4,22	-5,6%	
Custos Operacionais dos veículos para percorrer todo o trecho						
Automóveis	R\$ x km	141,89	BASE	135,56	-4,5%	Variação do custo de viagem para percorrer todo o trecho, considerada referência do ano e o dado da linha base
Ônibus	R\$ x km	470,06	BASE	430,71	-8,4%	
Caminhões VC1	R\$ x km	362,12	BASE	338,82	-6,4%	
Caminhões VC2	R\$ x km	584,20	BASE	545,83	-6,6%	
Média Ponderada (pelo volume de tráfego)	R\$ x km	226,14	BASE	213,51	-5,6%	
Tempos de viagem no trecho						
Automóveis	min	42,94	BASE	40,64	-5,4%	Variação do tempo de viagem, considerada referência do ano e o dado da linha base
Ônibus	min	44,85	BASE	43,32	-3,4%	
Caminhões VC1	min	48,58	BASE	46,71	-3,8%	
Caminhões VC2	min	49,19	BASE	48,03	-1,1%	
Média Ponderada (pelo volume de tráfego)	min	44,54	BASE	42,44	-4,7%	
Custo de Manutenção no trecho						
Custo de manutenção rodoviária (conservação, tapa-buracos)	R\$ x 1 milhão	34,17	2026-2035	23,60	-30,9%	Variação do custo de manutenção rodoviária na rodovia ao longo do período de análise
Percentual da composição de Veículos de Carga na rodovia no trecho						
Veículos de carga na rota original	% veículos de carga	27,2%	Base	27,2%	0,0%	Variação na composição do tráfego de veículos de carga em relação ao total
Emissão de gases poluentes CO ₂ (Equivalente de CO ₂) na malhar analisada						
Emissão de Equivalente CO ₂ e NOx ¹	Toneladas	742.702	2026-2035	713.070	-4,0%	Variação na emissão de gases poluentes ao longo do período de análise
Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI)						
IRI	m/km	10,0	2026-2035	3,2	-68,0%	Variação do IRI médio ao longo do período de análise
TIR	%	19,0				
Benefício / Custo (B/C)	-	1,4				
VPL	R\$ x 1 milhão	43,8				



Assinaturas do documento



Código para verificação: **7S7I41UK**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:



JERRY EDSON COMPER (CPF: 986.XXX.239-XX) em 16/05/2025 às 17:27:30

Emitido por: "SGP-e", emitido em 27/02/2023 - 13:38:02 e válido até 27/02/2123 - 13:38:02.

(Assinatura do sistema)



ALEXANDRE SCHAFFER (CPF: 028.XXX.369-XX) em 19/05/2025 às 12:30:41

Emitido por: "SGP-e", emitido em 28/08/2019 - 15:00:33 e válido até 28/08/2119 - 15:00:33.

(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/U0IFXzY5NjVfMDAwMTgyNjJfMTgyNjNfMjAyNV83UzdJNDFVSw==> ou o site

<https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **SIE 00018262/2025** e o código **7S7I41UK** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.