



Contratação de serviços necessários à realização de estudos para a outorga de concessão dos serviços públicos de transporte ferroviário de passageiros na Região Metropolitana de Porto Alegre/RS, operado pela Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A. - Trensurb, e nas Regiões Metropolitanas de Belo Horizonte/MG, Maceió/AL, Recife/PE, João Pessoa/PB e Natal/RN, operados pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos - CBTU.

**- Estudo de Outorga de Concessão do Transporte Ferroviário -
Recife/PE**

RT07 – ESTUDO DE CUSTOS- BENEFÍCIOS

Revisão Ø

São Paulo, 08 de setembro de 2025

Consórcio:

TYLin

SYSTRA



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	4
SUMÁRIO EXECUTIVO.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. METODOLOGIA.....	7
2.1. INDICADORES DE BENEFÍCIOS SOCIAIS	8
2.1.1. Valor Social Presente Líquido (VSPL).....	8
2.1.2. Taxa de Retorno Econômica (TRE).....	9
2.1.3. Índice B/C	9
2.2. TAXA SOCIAL DE DESCONTO (TSD).....	9
2.2.1. Cálculo da TSD	10
2.3. OUTROS ASPECTOS METODOLÓGICOS	12
3. PREMISSAS GERAIS.....	13
3.1. Premissa Temporal.....	13
3.2. Correções Fiscais	13
1.1 Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Infraestrutura (REIDI).....	13
4. CÁLCULO DE BENEFÍCIOS SOCIAIS	15
4.1. BENEFÍCIOS QUANTITATIVOS.....	16
4.1.1. Redução do tempo de jornada dos passageiros	16
4.1.2. Redução de poluentes atmosféricos	22
4.1.3. Redução de emissão de gases efeito estufa.....	31
4.1.4. Redução de acidentes de trânsito.....	36
4.1.5. Redução com gastos de combustíveis.....	41
4.2. BENEFÍCIOS QUALITATIVOS.....	44
4.2.1. Redução de poluição sonora	44
4.2.2. Universalização da acessibilidade às instalações e equipamentos do sistema de transportes	45
4.2.3. Maximização do grau de inserção urbana do sistema de transporte	46
4.2.4. Aumento da população atendida pelo sistema de transporte	46
4.2.5. Migração do transporte individual motorizado para o sistema de transporte público coletivo	47
4.2.6. Redução dos congestionamentos	47
4.2.7. Redução dos gastos com operação e manutenção do sistema viário	47
5. CÁLCULO DE OPEX E CAPEX.....	49
5.1. OPEX	49
5.1.1. Metodologia e organização geral.....	49

5.1.2.	OPEX Total	64
5.2.	CAPEX	65
5.2.1.	Valor Residual	67
6.	ANÁLISE DE RESULTADOS	69
6.1.	Dados detalhados do fluxo de caixa	72
6.2.	ANÁLISES DE SENSIBILIDADES	74
7.	GESTÃO E INDICADORES SOB RESPONSABILIDADE DO CONCESSIONÁRIO	76
8.	OUTRA ÓTICA DE AVALIAÇÃO DO BENEFÍCIO DA CONCESSÃO	77
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
10.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	79

São Paulo, 08 de setembro de 2025.

Ao

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES

Av. República do Chile, nº 100, Rio de Janeiro-RJ

A/C Gestor(a) do Contrato

Apresentamos, neste documento, o trabalho desenvolvido para cumprir com os compromissos acordados no Contrato OCS nº 132/2020 - SRM 4400004281, e refere-se à entrega do Produto **Estudo de Custos-Benefícios**, Item 3.3.9 e subitens do Termo de Referência, Anexo I do Edital do Pregão Eletrônico nº 02/2020-BNDES, referente à **Região Metropolitana de Recife em Pernambuco**.

O profissional **GABRIEL FERIANCIC**, Responsável Técnico pelo Estudo de Custos-Benefícios, foi o responsável pela coordenação técnica e supervisão deste Produto.

Atenciosamente,

GABRIEL FERIANCIC

Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN

APRESENTAÇÃO

Este produto, **RT07 – Estudo de Custos-Benefícios**, foi desenvolvido de acordo com o contrato OCS 132/2020 SRM 4400004281 – Aditivo II, no âmbito da Fase 2 que engloba o escopo dos serviços técnicos contemplados no Serviço C, e tem por objetivo a formatação final do modelo de concessão do serviço público de transporte de passageiros em cada uma das regiões metropolitanas.

Considerando como referência inicial o subitem 3.3.9 do Termo de Referência, as melhores práticas para realização de estudos de custo-benefício e diálogo com o contratante o escopo desse estudo foi ajustado. Nesse contexto esse relatório contém uma análise detalhada dos indicadores de benefícios sociais com a projeção ao longo do tempo de concessão, além de análise custo-benefício levando em conta o cenário contrafactual *greenfield*. Foi construído um fluxo de caixa social, que permitiu o cálculo de indicadores de viabilidade visando entender os ganhos econômico-sociais de se fazer essa concessão.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Considerações sobre o estudo de Custos-Benefícios

O estudo de custos-benefícios da concessão da CBTU/STU Recife tem como objetivo analisar a viabilidade econômica e social para concessão à iniciativa privada do sistema atual e sua requalificação. Foi realizada modelagem econômica para avaliar como seria a operação do sistema por uma concessionária privada, com contrato de duração de 30 anos.

O modelo foi estruturado em valores reais e a data-base para os dados de entrada do modelo foi definida como sendo maio de 2024. O cenário base considerado neste estudo engloba a Linha Centro, Sul e Diesel atuais com requalificação do sistema a partir de novos investimentos. O Valor Social Presente Líquido (VSPL) da concessão (ou o resultante do Fluxo de Caixa Livre para a Firma) foi o principal indicador para análise. A Taxa Social de Desconto (TSD) utilizada no modelo foi de 8,5%, como será detalhado no corpo do estudo.

Para elaboração do modelo de simulação todos os pagamentos de impostos e encargos explícitos no orçamento e na operação do projeto são desconsiderados da contabilidade de custos econômicos.

Para alimentar o modelo foram considerados os seguintes dados de entrada: Benefícios Sociais e Custos (OPEX e CAPEX).

Sobre os Benefícios, foram calculados os valores para 7 benefícios quantitativos com base no relatório RT05 (Estudo de Demanda) e em dados secundários, e foram analisados qualitativamente 7 benefícios. A soma total dos Benefícios ao longo dos 30 anos de concessão é de aproximadamente R\$ 21,3 bilhões.

Sobre o OPEX, foi realizada uma modelagem *bottom-up* e construídos valores para os custos e despesas operacionais divididos em 9 categorias. Entende-se que é possível, nesse contexto, operar o sistema com nova lógica gerencial, menos pessoal e otimização em contratos de terceiros e em energia de tração e de estações. A soma total do OPEX ao longo dos 30 anos de concessão é de aproximadamente R\$ 8,7 bilhões.

Sobre o CAPEX, foi obtido por meio do relatório RT06 (Estudo Técnico-Operacional), e dividido em 12 categorias: Edificações-Civil, Via Permanente, Rede Aérea, Sinalização, Energia, CCO, Telecomunicações e Bilhetagem, Equipamentos de Via e Rede Aérea, Licenças Ambientais, Obras de Arte Especiais, Equipamentos de Proteção Coletiva e Material Rodante, Sobressalentes e Centro de Manutenção. A soma total do CAPEX ao longo dos 30 anos de concessão é de aproximadamente R\$ 3,2 bilhões. Sobre o CAPEX foram incluídos os benefícios do REIDI.

Com as premissas, dados de entrada e modelo construídos foi possível **analisar os resultados**. Como indicadores principais foram calculados o **VSPL e o Índice B/C**, que indicam o resultado líquido de ganhos para a sociedade oriunda do sistema. Para uma visão sumarizada inicial, segue indicado no quadro a seguir os valores calculados para esses indicadores no cenário base.

VSPL	Índice B/C
R\$ 1.809,90 milhões	1,30

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta o produto RT07 – Estudo de Custos-Benefícios, considerando como referência inicial o subitem 3.3.9 do Termo de Referência, as melhores práticas para realização de estudos de custos-benefícios e diálogo com o contratante para que o escopo fosse ajustado, também tornando esse relatório coerente e conectado com todo o estudo que visa avaliar e preparar a potencial concessão do sistema de transportes para a iniciativa privada.

Nesse contexto será adotada pelo Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN (doravante apenas Consórcio) a Análise Custo-Benefício (ACB) como ferramenta central para a obtenção de indicadores que devem orientar a seleção e a priorização de projetos de investimento, conforme referências metodológicas consagradas. Diversos artigos e estudos nacionais e internacionais (vide Referências Bibliográficas) nortearam o estudo em termos gerais. Algumas das diretrizes gerais para uma boa ACB são: considerar custo de oportunidade, ter perspectiva de longo prazo, calcular indicadores de viabilidade econômica expressos em termos monetários, abordagem microeconômica e incremental.

Será utilizada uma abordagem indireta para calcular os benefícios sociais, a qual se baseia em calcular os custos evitados pelos usuários para consumir o mesmo bem ou serviço de uma fonte alternativa. No caso de um projeto de infraestrutura ferroviária para passageiros as fontes alternativas, para locomoção das pessoas, são representadas pelos demais meios de transporte como automóveis, motocicletas, ônibus, entre outros.

A ACB propõe-se a analisar os impactos sociais e econômicos do projeto proposto, explicitando os ganhos trazidos à sociedade por este, de modo a justificar os esforços, públicos e privados, para viabilizar o mesmo. Nessa análise, serão incluídos benefícios sociais quantitativa e qualitativamente, impactando diretamente a população local no entorno do Projeto, e principalmente, os beneficiários desse meio de transporte, que usufruirão de um ganho de tempo em suas viagens.

Para este estudo, foram utilizados diversos dados provenientes de pesquisa secundária (disponíveis publicamente), vindos dos demais relatórios do atual estudo, em particular do Estudo de Demanda (RT05) e do Estudo Técnico-Operacional (RT06), além de uma série de análises para a construção das projeções dos indicadores de benefício estudados.

Será realizada também, na **seção 7**, uma breve discussão sobre qual seria a responsabilidade futura (pós concessão) por parte do concessionário privado para que os indicadores de benefícios aqui estudados se tornem realidade, garantindo, assim, que os ganhos sociais possam ser obtidos no decorrer do período de concessão.

2. METODOLOGIA

O elemento metodológico central para a ACB é a construção de um modelo de simulação que permita analisar os fluxos de caixa sociais da operação futura conforme previsto no modelo adotado, no caso de uma concessão para operação privada do sistema. Esse modelo é alimentado por uma série de premissas e dados técnicos e, então, são calculados indicadores típicos, como o Valor Social Presente Líquido (VSPL), Taxa de Retorno Econômica (TRE) e o Índice B/C que, em conjunto, permitem avaliar o resultado esperado para a sociedade.

O estudo deve incorporar as perspectivas de ganhos e benefícios sociais como uma vertente de grande relevância para averiguar a viabilidade e priorização de projetos. Considerando que de acordo com o 'Evaluación Económica de Proyectos de Transporte' do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (2006), um projeto pode produzir um bom resultado de benefício social, porém não ser financeiramente viável. Da mesma forma, o resultado financeiro pode ser satisfatório, porém com benefícios sociais negativos. Temos assim as seguintes condições:

- Se o VPL social for negativo, o projeto não deve ser realizado.
- Se o VPL social for positivo, deve-se avaliar o VPL financeiro.
 - Se o VPL financeiro for positivo, o projeto deve ser realizado.
 - Se o VPL financeiro for negativo, o projeto não deve ser realizado ou deve-se calcular preço/demanda que torne o projeto viável. Podendo o projeto ser subsidiado.

Esse relatório apresentará o cálculo do VPL social, ao passo que o VPL financeiro será analisado posteriormente nesse projeto.

A modelagem será realizada considerando uma companhia concessionária dedicada a operar cada um dos sistemas a serem analisados, no caso desse relatório atual o Sistema da CBTU/STU Recife na região metropolitana de Recife. Ou seja, uma nova concessionária que fará a operação de todo sistema atual, mas sem considerar as especificidades da empresa pública atual.

Os dados de entrada foram organizados em três grandes categorias: (i) Dados para o cálculo dos Benefícios, (ii) OPEX (custos e despesas operacionais) e (iii) CAPEX (investimentos) para formar a base do modelo.

Para realizar a ACB do sistema da CBTU/STU Recife foi definido um cenário para ser avaliado, que envolve a requalificação das Linhas Centro, Sul e Diesel a partir de novos e importantes investimentos a serem realizados, sendo esse o cenário base a ser adotado também no Relatório de Avaliação Econômico-Financeira (RT08).

Uma premissa metodológica relevante foi a adoção, para esse estudo, do cenário contrafactual *greenfield*, realizando assim a comparação do projeto proposto com a perspectiva da inexistência do sistema de transporte metroviário. Essa escolha foi realizada para poder efetivamente mensurar o impacto dos benefícios sociais trazidos pelo projeto, e solicitados no edital de contratação do estudo.

Dada a natureza desse estudo e analisando as possibilidades existentes, chegamos à conclusão que faz sentido utilizarmos o cenário contrafactual *greenfield*, até porque o sistema já está completo em termos de estações e infraestrutura principal. Nesse contexto, uma análise considerando um cenário contrafactual *brownfield* não permitiria calcular adequadamente os indicadores de benefícios que esses projetos geram.

Apesar dessa premissa adotada para o corpo principal do relatório, também será realizada uma análise adicional do impacto econômico-social no contexto de se ter o cenário *brownfield* como contrafactual, com ênfase na eficiência que o sistema terá com a operação privada.

Essa será apresentada na **seção 8**.

Será construído um modelo parametrizado de análise a partir da estrutura geral estabelecida. Este será utilizado para realizar simulações diversas e calcular os principais valores e indicadores gerando as conclusões de benefícios sociais. Em caráter ilustrativo, espera-se uma estrutura similar à apresentada no ‘Uso de inteligência de dados para planejamento de transporte e logística – Análise Custo-Benefício para empreendimentos de infraestrutura de transportes’ disponibilizado pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL):

Figura 2-1 - Exemplo de Cálculo do Fluxo de Caixa Social

Aspecto	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	...	Ano 20	Ano 25	Ano 30
Investimento	-94,9	-92,1	-57,0	-	-	...	-	-	-
Custos de manutenção e operação	-	-	-	-0,8	-0,8	...	-0,8	-0,8	-0,9
Valor residual dos investimentos	-	-	-	-	-	...	-	-	151,0
Total dos custos econômicos	-94,9	-92,1	-57,0	-0,8	-0,8	...	-0,8	-0,8	150,2
Benefícios do valor do tempo	-	-	-	10,7	11,5	...	25,4	30,5	37,7
Benefícios do custo operacional dos veículos	-	-	-	1,3	1,4	...	2,4	2,7	3,0
Benefício de redução de acidentes	-	-	-	0,4	0,4	...	0,9	1,0	1,2
Benefício da menor emissão de CO2	-	-	-	0,1	0,1	...	0,3	0,4	0,5
Total de benefícios econômicos	-	-	-	12,5	13,5	...	28,9	34,6	42,3
Fluxo de caixa social	-94,9	-92,1	-57	11,8	12,8	...	28,1	33,7	192,5
Taxa de desconto social: 5% VPL social: 87,0									

Fonte: Uso de inteligência de dados para planejamento de transporte e logística – Análise Custo-Benefício para empreendimentos de infraestrutura de transportes – EPL (2019)

Conforme indicado acima, o método para a Análise de Custo-Benefício (ACB) materializa-se com o estabelecimento de Fluxo de Caixa Descontado que considera a somatória dos benefícios sociais (discutidos em mais detalhes na **seção 4** abaixo) como fluxos positivos e os valores de investimentos e custos operacionais como os fluxos negativos. A partir desse fluxo futuro são calculados os indicadores típicos da ACB.

2.1. INDICADORES DE BENEFÍCIOS SOCIAIS

2.1.1. Valor Social Presente Líquido (VSPL)

O cálculo do VPL social do projeto, principal indicador do estudo, é definido como a diferença entre o total de benefícios e custos descontados à Taxa Social de Desconto (benefícios econômicos líquidos), conforme fórmula apresentada a seguir:

$$\begin{aligned}
 VSPL &= \sum_{t=0}^T \frac{BL_t}{(1 + TSD)^t} + VR \\
 &= \frac{BL_0}{(1 + TSD)^0} + \frac{BL_1}{(1 + TSD)^1} + \dots + \frac{BL_T}{(1 + TSD)^T} + VR
 \end{aligned}$$

Na qual BL_t representa o fluxo de benefícios econômicos líquidos no período t ; TSD denota a taxa social de desconto, e VR corresponde ao valor residual do investimento. O VR será calculado com base nos investimentos realizados e ativos da concessão, por meio da depreciação deles ao longo do tempo, sendo assim atribuído um valor residual para os bens que não estejam totalmente depreciados ao final do período de concessão, conforme será detalhado na **subseção 5.2.1**.

2.1.2. Taxa de Retorno Econômica (TRE)

A TRE do projeto é definida como a taxa de desconto que iguala o VSPL a zero. O indicador é obtido pela solução da seguinte equação:

$$0 = \sum_{t=0}^T \frac{BL_t}{(1 + TRE)^t} + VR$$

Na qual BL_t representa o fluxo de benefícios econômicos líquidos no período t ; e VR corresponde ao valor residual do investimento.

A TRE é um número puro, invariante à escala, normalmente expresso em percentual. Em geral, é utilizado para julgar o desempenho futuro do investimento em comparação a outros projetos, e em relação a uma taxa de retorno mínima tida como referência (ex. Taxa Social de Desconto, que será apresentada na **seção 2.2**). É recomendado que para o projeto ser aceito a TRE precisa ser superior à Taxa Social de Desconto.

2.1.3. Índice B/C

O índice B/C é dado pelo quociente entre os valores presentes de benefícios e custos econômicos.

- Se o índice B/C for maior que 1, o projeto possui mais benefícios do que custos a valor presente.
- Se o índice B/C for menor que 1, o projeto possui menos benefícios do que custos a valor presente.

2.2. TAXA SOCIAL DE DESCONTO (TSD)

O fator de desconto na avaliação social de projetos é conhecido como Taxa Social de Desconto (TSD), e representa um parâmetro relevante para efetivar a metodologia ACB. Primeiro pois a TSD representa o critério de investimento, já que a decisão de executar o projeto deve ser afirmativa somente se o seu retorno socioeconômico superar o custo de oportunidade dos recursos consumidos – i.e. $TRE \geq TSD$. Segundo, porque a longa maturidade de investimentos em infraestrutura faz com que seu VSPL seja bastante sensível à taxa de desconto. Dessa forma, em algumas situações, diferentes valores para a TSD podem levar a uma inversão de ordenamento entre alternativas de solução com distintos perfis temporais de benefícios, para uma mesma intervenção, ou então, levar a uma priorização distinta entre projetos em uma carteira de investimento.

Após ampla pesquisa secundária sobre o tema decidiu-se como o mais coerente, para esse estudo, seguir o recente cálculo da TSD apontado na nota técnica SEI nº 19911/2020/ME, intitulada “Taxa social de desconto para avaliação de investimentos em infraestrutura: atualização pós consulta pública”, apresentada pela Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI) em 22 de maio de 2020. Vale ressaltar que se optou pelo uso da nota técnica de 2020, uma vez que não houve atualizações posteriores.

De acordo com a Nota Técnica da SDI, a TSD calculada é aplicável a ACB de projetos de investimento em infraestrutura, refletindo a percepção da sociedade quanto ao custo de oportunidade de capital e baseia-se em metodologia referenciada na literatura e experiência internacional.

Para estimar a TSD, a Nota Técnica da SDI utilizou uma metodologia amplamente aceita em nível internacional: a abordagem de eficiência, atribuída a Harberger (1972). Ademais, a estimativa se baseou em dados obtidos de fontes secundárias nacionais e internacionais para calcular o custo de oportunidade social de recursos investidos em projetos de infraestrutura.

A abordagem de eficiência define a TSD como uma média ponderada entre os custos das possíveis fontes de recursos para projetos de investimento, como a poupança privada, o investimento privado deslocado e a poupança externa, a cada qual está associada uma taxa de retorno distinta, uma vez que distorções sobre o mercado de capitais e sobre o setor externo, principalmente tributárias, causam um hiato entre o preço percebido por ofertantes e por demandantes no mercado. Os ponderadores refletem o impacto relativo do projeto de investimento sobre as diferentes fontes de financiamento, dependendo, portanto, das respectivas elasticidades a variações na taxa de juros.

2.2.1. Cálculo da TSD

Devido a distorções presentes no mercado de capitais, tais como impostos, subsídios e poder de mercado, ofertantes e demandantes no mercado de fundos emprestáveis se defrontam com custos de oportunidade distintos, descritos a seguir:

- A taxa social de preferência intertemporal, aproximada pela taxa real de captação da poupança doméstica (P);
- O custo social de oportunidade do capital, aproximado pela rentabilidade real do investimento privado (R); e
- O custo marginal do endividamento externo ($CMgX$).

O custo social de oportunidade dos recursos econômicos requeridos pelo projeto de investimento, representado pela TSD, corresponde, assim, a uma média ponderada:

$$TSD = w_1 \cdot P + w_2 \cdot R + w_3 \cdot CMgX$$

A primeira etapa da metodologia envolve calcular os ponderadores w_1 , w_2 e w_3 , que são proporcionais ao deslocamento relativo da poupança interna, do investimento privado e da poupança externa para acomodar um projeto de investimento marginal, e dependem também das elasticidades.

A segunda etapa corresponde à estimativa de valores de médio-longo prazo para a taxa de captação da poupança (P), a rentabilidade privada (R) e o custo marginal do endividamento externo ($CMgX$).

Optou-se, na nota técnica acima citada e aqui utilizada, por recorrer às projeções macroeconômicas da Instituição Fiscal Independente (IFI) do Senado Federal, reputada por seu zelo técnico e isenção de análise. Além de fornecer boa parte das informações requeridas pela TSD para o médio-longo prazo, a IFI apresenta suas projeções em cenários (base, otimista, pessimista), estrutura particularmente conveniente para as combinações de variáveis que são consideradas no cálculo da TSD.

Assim, para estimar a taxa de captação da poupança interna (P) foram utilizadas projeções macroeconômicas da IFI, considerando uma média das projeções para o período 2020-2030.

A rentabilidade do investimento privado (R) tende a ser o principal elemento da taxa social de desconto segundo a abordagem de eficiência. Devido à sensibilidade empírica do investimento privado à taxa de juros, o ponderador para este componente costuma ser relativamente maior, razão pela qual a estimação do retorno privado precisa ser especialmente cuidadosa.

Na Nota Técnica da SDI, optou-se por utilizar um indicador desenvolvido pelo Centro de Estudos em Mercado de Capitais da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (CEMEC-Fipe), denominado retorno sobre capital investido (ROIC). Tal indicador também se baseia no método microeconômico (amostra de empresas), mas sua construção denota maior simplicidade e robustez.

Utilizando uma série de ROIC de 2009 a 2019, foi calculado para o médio-longo prazo a rentabilidade do investimento privado (R) para cada um dos cenários, correspondendo a 9% (base), 7% (otimista) e 11% (pessimista).

Por fim, o último parâmetro a ser calculado nessa segunda etapa é o custo marginal da poupança externa ($CMgX$), que se calcula a partir do custo médio de endividamento externo ($CMeX$) e da elasticidade da poupança externa com respeito ao custo marginal externo (ES_x), com base na seguinte relação:

$$CMgX = CMeX \cdot \left(1 + \frac{1}{ES_x}\right)$$

Por sua vez, o custo médio de endividamento externo é obtido de forma *bottom-up*, principalmente para evitar a excessiva volatilidade observada em métricas explícitas de custo externo.

A Tabela 2-1 detalha os cálculos da TSD, utilizando as combinações de valores de ponderadores e os cenários para os custos de oportunidade das fontes de financiamento. Como pode-se perceber, a TSD flutua entre 5,7% e 11,4%, com valor médio de aproximadamente 8,5%.

Tabela 2-1 - Detalhamento dos cálculos da TSD

	w1	w2	w3	P	R	CMgX	TSD
Cenário Base	0,3%	96,9%	2,7%	1,87	9,02	9,58	9,01
	0,4%	96,6%	3,1%	1,87	9,02	9,58	9,01
	0,6%	94,9%	4,6%	1,87	9,02	9,58	9,01
	0,6%	94,3%	5,1%	1,87	9,02	9,58	9,00
	13,1%	84,5%	2,4%	1,87	9,02	9,58	8,10
	14,4%	83,0%	2,6%	1,87	9,02	9,58	8,00
	20,1%	76,3%	3,7%	1,87	9,02	9,58	7,61
Cenário Otimista	21,9%	74,1%	4,0%	1,87	9,02	9,58	7,48
	0,3%	96,9%	2,7%	1,48	7,00	4,84	6,92
	0,4%	96,6%	3,1%	1,48	7,00	4,84	6,91
	0,6%	94,9%	4,6%	1,48	7,00	4,84	6,87
	0,6%	94,3%	5,1%	1,48	7,00	4,84	6,86
	13,1%	84,5%	2,4%	1,48	7,00	4,84	6,23
	14,4%	83,0%	2,6%	1,48	7,00	4,84	6,15
Cenário Pessimista	20,1%	76,3%	3,7%	1,48	7,00	4,84	5,81
	21,9%	74,1%	4,0%	1,48	7,00	4,84	5,71
	0,3%	96,9%	2,7%	2,61	11,04	19,98	11,26
	0,4%	96,6%	3,1%	2,61	11,04	19,98	11,28
	0,6%	94,9%	4,6%	2,61	11,04	19,98	11,40
	0,6%	94,3%	5,1%	2,61	11,04	19,98	11,44
	13,1%	84,5%	2,4%	2,61	11,04	19,98	10,15
	14,4%	83,0%	2,6%	2,61	11,04	19,98	10,06
	20,1%	76,3%	3,7%	2,61	11,04	19,98	9,68
	21,9%	74,1%	4,0%	2,61	11,04	19,98	9,55

Mínimo	5,71
Máximo	11,44
Média	8,48

Fonte: Nota técnica SEI nº 19911/2020/ME

Portanto, para projetos de investimento em infraestrutura avaliados a partir de 2020, o recomendado pelo Governo Federal passou a ser a adoção da taxa social de desconto de **8,5% real ao ano**.

Assim, de forma sumarizada:

Tabela 2-2 - Detalhamento dos cálculos da TSD

Premissa	Descrição	Valor	Referência
Taxa Social de Desconto (TSD)	Taxa de desconto utilizada para o cálculo do VSPL	8,5% a.a.	Percentual estipulado por nota técnica SEI nº 19911/2020/ME

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRA-CESCON-RHEIN, 2025

Tomando outras referências internacionais acerca da temática de taxa de desconto relacionadas a projetos de infraestrutura, tem-se uma nota técnica bastante detalhada, porém já um pouco antiga, do Banco Mundial (2005) que recomenda uma taxa de 12% a.a., e a justificativa para o uso de uma taxa de desconto relativamente alta para a valoração econômica é que dada a escassez de recursos para investimento, faz-se necessário priorizar os projetos que oferecem maior rentabilidade. Por outro lado, o Guia da Comissão Europeia (2014) apontou valores de 3% a 5% de acordo com características culturais de cada país do referido continente.

Dessa forma, comparativamente com essas outras fontes, optou-se por utilizar a TSD da Nota Técnica da SDI que é mais atual, do ano de 2020, e passou por consulta pública, além de ser específica para o mercado nacional. Na **seção 6.2** de análise de sensibilidade será realizada uma avaliação do impacto da variação da taxa em relação aos resultados alcançados.

2.3. OUTROS ASPECTOS METODOLÓGICOS

Segundo o Guia do Ministério da Economia (2020), quando os impactos não ocorrem em transações diretas entre o ofertante e os usuários dos serviços do projeto, mas recaem sobre terceiros sem devida compensação, estes são denominados externalidades, sendo assim caracterizado como um custo ou benefício que extravasa do projeto para partes externas, e não apresenta compensação monetária. Efeitos ambientais são as externalidades mais comuns dessa natureza no contexto da ACB.

A avaliação das externalidades torna-se relativamente simples: requer uma estimativa do volume da externalidade (ex. aumento de ruído em decibéis para a população exposta), a ser multiplicado pelo preço unitário apropriado (ex. R\$ por decibel por pessoa) e pela população afetada.

As duas externalidades que estão sendo levadas em conta quantitativamente no estudo são: emissões de poluentes atmosféricos e emissões de gases de efeito estufa.

A valoração por preços sociais dos insumos e produtos do projeto, bem como a monetização das externalidades, já contabilizam os principais impactos relevantes do projeto sobre o bem-estar. Por consequência, os efeitos indiretos sobre mercados secundários não devem ser incluídos na análise de custos e benefícios do projeto, como por exemplo os efeitos sobre o setor de turismo ou mercado imobiliário.

A principal razão para não incluir efeitos indiretos não é por serem mais difíceis de serem identificados ou quantificados que efeitos diretos, mas sim porque se os mercados secundários forem aproximadamente eficientes, os efeitos indiretos são irrelevantes em termos de equilíbrio geral. Acrescentar tais efeitos aos custos e benefícios mensurados nos mercados primários geralmente resulta em dupla contagem, e alguns exemplos são: a geração de atividades econômicas ao longo de uma rodovia e a geração de empregos devido ao projeto.

3. PREMISSAS GERAIS

Este capítulo apresenta as premissas adotadas para a realização da modelagem econômica do estudo de custo-benefício.

O modelo é estruturado em valores reais, ou seja, sem considerar a inflação no período.

3.1. PREMISA TEMPORAL

Para efeitos de modelagem, assume-se uma duração de 30 anos a partir da data de vigência da concessão.

Tabela 3-1 - Premissas Temporais

Premissa	Descrição	Valor	Justificativa
Prazo Total do Contrato de Concessão	Duração do contrato a partir do momento em que a iniciativa privada assume a operação	30 anos	Escolha de acordo com o padrão das concessões do setor e alinhado com o que será utilizado no estudo financeiro
Data de início da projeção	Data considerada como início da duração da concessão	01/2027	Considerado como ano 0 para modelagem atual de modo a calcular os indicadores econômicos

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAC-ESCON-RHEIN, 2025

3.2. CORREÇÕES FISCAIS

Os impostos e subsídios são meras transferências que não representam, na realidade, custos ou benefícios econômicos para a sociedade, envolvendo tão somente a transferência de controle sobre determinados recursos de um grupo da sociedade para outro. Dessa forma, todos os pagamentos de impostos e encargos explícitos no orçamento e na operação do projeto serão excluídos da contabilidade de custos econômicos, com exceção dos impostos indiretos (ou subsídios) que existem para corrigir externalidades, como a emissão de poluentes.

Além disso, os preços de insumos do projeto podem ser considerados líquidos de impostos diretos e indiretos, como por exemplo o ICMS. E os preços utilizados como proxy para o valor de insumos relevantes do projeto devem ser considerados líquidos de todo subsídio, ou outras transferências efetuadas por entidades públicas.

3.3. REGIME ESPECIAL DE INCENTIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE INFRAESTRUTURA (REIDI)

O REIDI consiste em um incentivo fiscal para fomentar a realização de obras de infraestrutura no Brasil, suspendendo o PIS e COFINS na venda no mercado interno ou na importação de bens e materiais que forem adquiridos diretamente pelo beneficiário. O Decreto Nº 6.144/2007 regulamenta a forma de habilitação do REIDI, e a Portaria Nº 519/2014 estabelece o procedimento de aprovação dos projetos de infraestrutura no setor de transporte e da mobilidade urbana para fins de habilitação ao REIDI.

Por representar um desconto tributário para o fornecedor, o que diminui o valor do CAPEX para o projeto, a redução do REIDI foi considerada neste estudo, pois o impacto para o projeto, sob a ótica da sociedade, será o efetivo valor de CAPEX que deverá ser desembolsado para efetivar o mesmo.

Para o cenário base das simulações, o REIDI foi aplicado para todas as categorias de CAPEX, no valor de 7,08% pela média ponderada de 12 projetos do segmento de transporte metro-ferroviário de passageiros, que são atualmente apresentados no website do Ministério do Desenvolvimento

Regional¹. Foi utilizada apenas a aprovação mais atual dos projetos em caso de duplicidades, conforme apresentado na Tabela 3-2 a seguir:

Tabela 3-2 - Cálculo do valor do REIDI

Projeto	Valor do Projeto sem o incentivo (R\$)	Valor do Projeto com o incentivo (R\$)	% de Redução
Concessão dos serviços de gestão, operação, manutenção e ampliação da rede – Minas Gerais	3.465.331.219,00	3.244.360.112,00	6,38%
Implantação do Terminal Intermodal Gentileza (TIG) – Rio de Janeiro	269.702.259,13	254.938.038,70	5,47%
Linhas 8 e 9 da CPTM – São Paulo	3.884.368.122,00	3.583.017.223,00	7,76%
Linha 6 do metrô – São Paulo	13.052.671.222,00	11.965.610.530,00	8,33%
Linhas 5 e 17 do metrô – São Paulo	81.674.988,84	77.757.628,73	4,80%
VLT do Subúrbio - Bahia	3.115.931.237,97	2.843.121.594,34	8,76%
VLT Goiânia – Goiás	1.684.236.738,98	1.571.859.159,85	6,67%
Monotrilho linha 18 – São Paulo	4.349.489.795,22	4.073.474.884,52	6,35%
Linha 6 do metrô – São Paulo	15.376.463.000,00	14.467.942.000,00	5,91%
VLT Carioca – Rio de Janeiro	1.379.985.127,01	1.286.652.875,11	6,76%
Sistema Metroviário de Salvador e Lauro de Freitas – Bahia	4.494.066.000,00	4.277.450.000,00	4,82%
Tramo III linha q do SMSL – Bahia	793.821.856,00	738.929.596,00	6,91%
Média Aritmética Simples	N/A	N/A	6,58%
Média Ponderada	N/A	N/A	7,08%

Fonte: Website do Ministério do Desenvolvimento Regional

¹ <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/mobilidade-urbana/reidi>

4. CÁLCULO DE BENEFÍCIOS SOCIAIS

Para o cálculo dos benefícios sociais foram analisados inicialmente os 15 indicadores apresentados no edital do BNDES. Os benefícios listados foram então comparados com referências e recomendações nacionais e internacionais que tratavam de análises de custo-benefício e com a realidade conhecida dos projetos atuais em análise. Com isso foram definidos 2 formatos de análises desses indicadores:

- **Análises quantitativas**

Baseadas nas metodologias e referências para monetização disponíveis, serão realizados os cálculos para avaliar, ao longo do tempo, os benefícios econômicos percebidos pela população.

- **Análises qualitativas**

Indicação qualitativa detalhada dos benefícios sociais e ganhos indiretos pela população oriundos da concessão. Nesta análise serão justificados os ganhos não monetizados dos indicadores de benefício social.

O tipo de análise de cada indicador apresentado no edital do BNDES se dará conforme a tabela abaixo:

Tabela 4-1 - Indicadores sociais apresentados no Edital do BNDES (2020), ordenados pelo tipo de análise a ser apresentada

#	Indicadores	Análise
1	redução do tempo de deslocamento;	Quantitativa
2	redução do tempo de espera do usuário para ser atendido (headway);	Quantitativa
3	redução de distância percorrida / tempo despendido para acesso/utilização de diferentes modos de transportes;	Quantitativa
7	redução de emissões de poluentes atmosféricos;	Quantitativa
8	redução de emissões de gases de efeito estufa;	Quantitativa
12	redução do número de acidentes de trânsito;	Quantitativa
11	redução do consumo de energia;	Quantitativa
14	redução da poluição sonora;	Desconsiderado (duplicidade)
9	redução de poluição sonora;	Qualitativa
13	redução dos gastos com operação e manutenção do sistema viário;	Qualitativa
4	universalização da acessibilidade às instalações e equipamentos do sistema de transportes;	Qualitativa
10	maximização do grau de inserção urbana do sistema de transporte;	Qualitativa
15	aumento da população atendida pelo sistema de transporte público coletivo;	Qualitativa
5	migração do transporte individual motorizado para o sistema de transporte público coletivo;	Qualitativa
6	redução dos congestionamentos;	Qualitativa

Fonte: Edital BNDES (2020) com inclusões de tipo de análise feita por desenvolvimento próprio do autor

O tipo de análise selecionado para cada benefício social se baseia em referências tais como o guia divulgado pela Comissão Europeia (2014) 'Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects' e o manual do BID (2006) 'Manual de evaluación económica de proyectos de transporte', onde são mencionados que os benefícios de redução do tempo de traslado da população como um dos principais benefícios que podem ser gerados por projetos de infraestrutura, assim como redução de impactos ambientais e acidentes de trânsito que geram tanto custos materiais para a sociedade, tais como impactos gerais de segurança e conforto no ambiente urbano.

Ademais, para benefícios, por sua natureza indireta ou intrínseca, ou mesmo pela escassez de dados disponíveis ou metodologias padronizadas, serão analisadas de forma qualitativa em capítulos posteriores.

4.1. BENEFÍCIOS QUANTITATIVOS

4.1.1. Redução do tempo de jornada dos passageiros

Na seção 3.3.9 do edital do BNDES, item (b), são apresentados indicadores sociais que constituem a composição do cálculo de custo-benefício, e dentre eles o benefício social oriundo da redução do tempo durante a jornada de traslado dos usuários da linha ferroviária urbana.

Conforme salientado por Ortúzar (2011), as economias de tempo de viagem são um dos benefícios mais importantes percebidos nos projetos de transporte. Outros autores como Mackie et al (2003) e Brito et Strambi (2007) afirmam que, em alguns projetos de transporte, a economia do tempo de viagem pode representar cerca de 80% dos benefícios sociais. Desta forma, na análise de projetos de infraestrutura o impacto no tempo em traslado dos passageiros é um fator de central relevância visto que é diretamente percebido pelos usuários do meio de transporte, e assim apresentando grande impacto social.

Para uma visão monetária do valor do tempo de passageiros em deslocamento existem atualmente diversas referências a serem utilizadas, que podem se diferenciar segundo aspectos culturais ou comportamentais de cada país onde se realizou cada tipo de pesquisa.

Para a modelagem deste benefício foi considerada a priori a consolidação dos tempos de acesso, espera (headway) e traslado para todos os beneficiários da matriz de transportes da Região Metropolitana de Recife (RMR), calculados com o mesmo método e em conjunto com o estudo de demanda realizado (RT05). As proporções de tempos ganhos ao longo do tempo serão indicadas ao final do capítulo como referência.

4.1.1.1. Metodologia de Cálculo

O valor do ganho monetizado do tempo dos passageiros se deu pela seguinte expressão:

$$\text{Benefício do tempo}_i = (VP)_i * (VT) * [(T_{\text{proj}}) - (T_{\text{gf}})]$$

Onde:

i – Indicação de cada ano referente ao período de concessão

VP – Volume de passageiros transportados

VT – Valor do tempo estimado

T_{proj} – Tempo médio de traslado dos passageiros considerando o uso do sistema ferroviário

T_{gf} – Tempo médio de traslado dos passageiros simulada em cenário de inexistência do metrô

Para a modelagem dos ganhos oriundos das diminuições de tempo, a estrutura de simulação foi configurada tomando os usuários de todo o sistema de transportes de mobilidade urbana, considerando assim os passageiros que utilizam todos os modos de transporte disponíveis na RMR.

Dessa forma, os ganhos de tempo, nesta modelagem, serão absorvidos por todas as pessoas na chamada Matriz de Mobilidade Urbana, denominados 'beneficiários' na comparativa do cenário de concessão contrafactual *greenfield*.

4.1.1.2. Dados de Entrada

Dados gerais utilizados na modelagem:

Na Tabela 4-2 estão indicados os dados gerais que serão utilizados na modelagem do benefício do ganho de tempo para visão anual dos minutos ganhos por beneficiário do sistema urbano:

Tabela 4-2 - Dados gerais para anualizar volumes de beneficiários do sistema de mobilidade baseado em dias úteis típicos em um ano

Dado de entrada	Referência	Valor
Horas trabalhadas por dia	Cálculo interno	8 horas
Dias trabalhados/mês	Cálculo interno	21 dias
Dias trabalhados/ano	Cálculo interno	252 dias
Dias úteis típicos no ano	Systra	304,28 dias

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

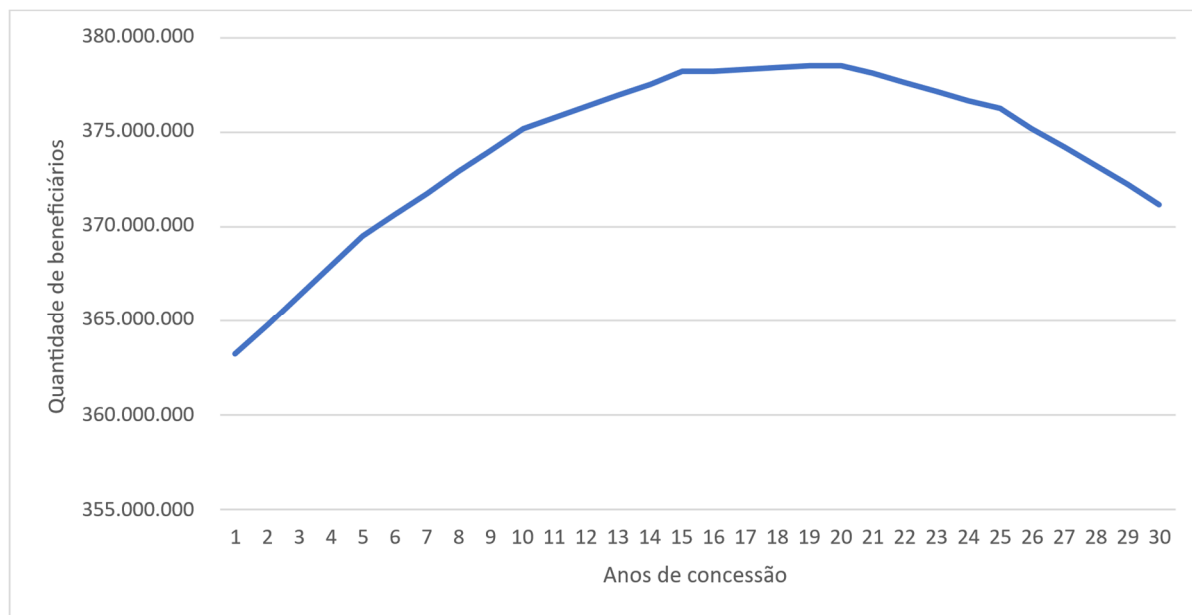
O número de dias úteis típicos no ano pondera o valor do fim de semana, e será utilizado para passar os valores de diários para anuais quando necessário.

Dados de demanda de beneficiários:

Como resultado das simulações foi gerado o ganho por cada beneficiário da RMR durante sua jornada de traslado. Este ganho é proveniente da diferença de 2 cenários de simulação, um com o projeto do metrô e outro com cenário de inexistência do metrô.

No Gráfico 4-1 é indicada a quantidade de beneficiários ao longo do tempo que percebe a diminuição do tempo em traslado na RMR:

Gráfico 4-1 - Volume de Beneficiários do sistema de mobilidade urbana por ano

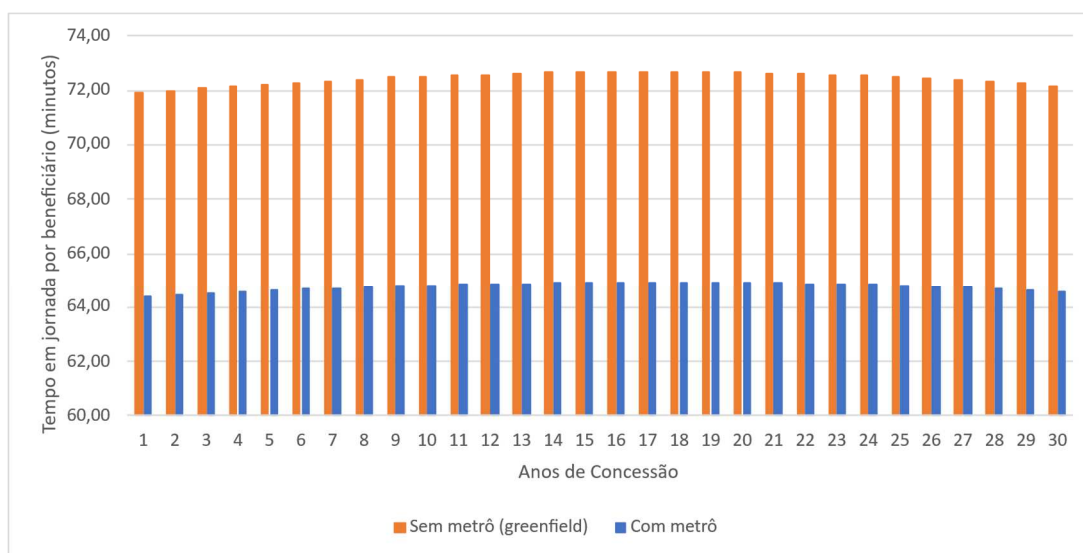


Fonte: RT05: 'Estudo de Demanda' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

No Gráfico 4-2 são representadas as diferenças de tempos em traslado ao longo do período de concessão, indicando perceptível ganho na redução de tempo à medida que cresce também o público de beneficiários da RMR.

Destacando números de relevância, no ano 1 é verificado que cada beneficiário da RMR ganharia cerca de 7,47 minutos em jornada, este valor aumenta em alguns segundos ao longo do período de concessão, mantendo um ganho sempre superior aos 7,4 minutos.

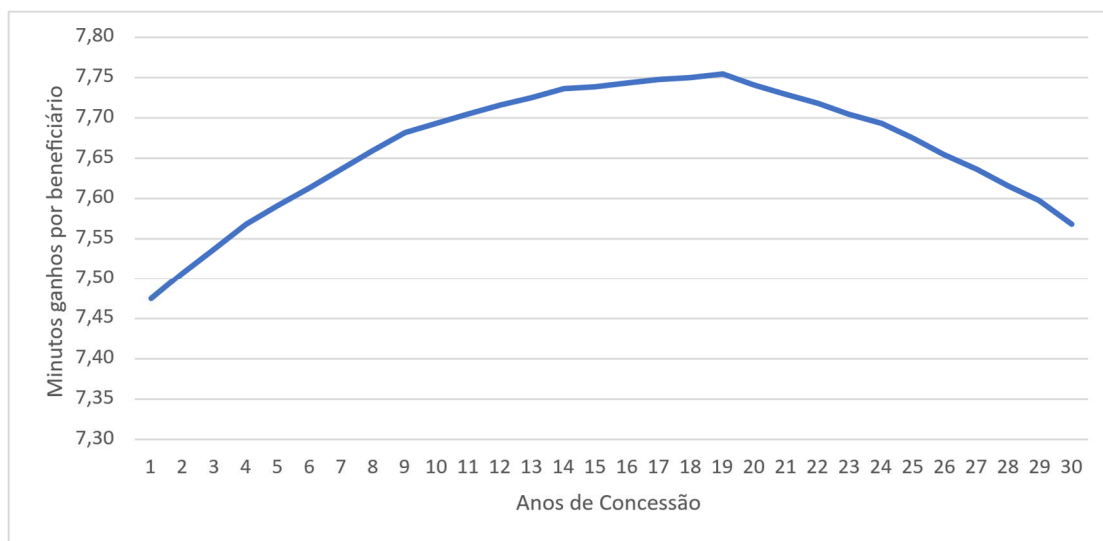
Gráfico 4-2 - Diferenças de tempos (minutos) despendidos na jornada de traslado por beneficiário, por dia, comparando cenários com e sem metrô



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Como resultado das diferenças de tempo apresentadas, no Gráfico 4-3, abaixo, está sintetizada uma visão dos ganhos de tempo por beneficiário, em minutos, ao longo do período de concessão:

Gráfico 4-3 - Tempo ganho por beneficiário durante a jornada de traslado devido a existência do metrô no sistema de mobilidade



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Assim, em relação aos ganhos de tempo dos beneficiários da matriz urbana, verifica-se um ganho de tempo da ordem de 7,4 minutos por dia por beneficiário no início da concessão, sendo um ganho que se mantém estável durante toda a concessão.

4.1.1.3. Valor do Tempo

Após a aferição do tempo ganho para cada beneficiário ao longo do período de concessão é necessária a monetização desse benefício.

Para o cálculo do valor do tempo foi considerado como referência para a abordagem o indicado pelo World Bank (2005) 'Notes on the Economic Evaluation of Transport Projects – TRN15' (p.10), em que é indicado o valor do tempo utilizando como base salário médio nacional ajustado por fatores de especificidade.

Tabela 4-3 - Abordagem para monetização do Valor do Tempo

Método para avaliar a economia de tempo de trabalho	
Abordagem a ser adotada (dependente de dados e recursos)	Método
Abordagem de base (ou mínima) (Valor único de economia de tempo de trabalho)	taxa de salário média nacional ajustada por fatores de ajuste observados

Fonte: 'Notes on the Economic Evaluation of Transport Projects – TRN15 ', World Bank (2005), em tradução livre

Assim, para a modelagem deste benefício foi considerado o salário-mínimo base de 2024 ponderado pelo percentual da população ocupada segundo indicado pelo IBGE e considerando o percentual da população não-ocupada. Com base nos valores mais recentes disponibilizados pela Pesquisa Origem Destino do Recife 2021 (atualizado em 2024), foi definida a quantidade de Salários-Mínimos de trabalhadores formais, no valor de **1,21**, pela média ponderada da distribuição da faixa de renda de usuários do transporte coletivo (Figura 4-2).

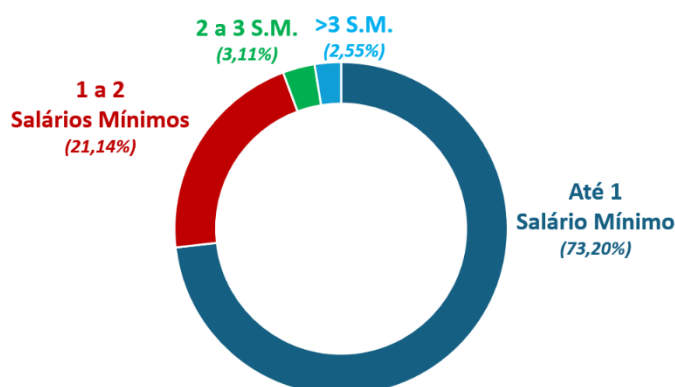
Para a população não-ocupada foi assumido 1 salário-mínimo. Este cálculo ponderado visa considerar o valor do tempo da população usuária do metrô.

Figura 4-1 - Salários-Mínimos e população ocupada de Recife

TRABALHO E RENDIMENTO	
Pessoal ocupado [2022]	783.498 pessoas
População ocupada [2022]	52,62 %

Fonte: Portal do IBGE (dados de 2022)

Figura 4-2 – Distribuição da Faixa de Renda de usuários do Transporte Coletivo em Recife (2024)



Fonte: Adaptado da Pesquisa Origem Destino do Recife 2021 (Atualizado em dez/2024).

Tendo esses dados de entrada o cálculo do valor do tempo está definido pela seguinte fórmula:

$$\text{Valor do tempo} = (\% \text{pop. ocupada}) * (\# \text{ SM}) * (\text{Valor SM}) + (\% \text{pop. ociosa}) * (1) * (\text{Valor SM})$$

Em valores numéricos:

$$\begin{aligned} \text{Valor do tempo} &= (52,62\%) * (1,21) * (1.412,00) + (47,38\%) * (1) * (1.412,00) \\ &= \text{R\$ } 1.568,03 \end{aligned}$$

Convertendo o valor mensal na ordem de minutos para cálculo interno, utilizando as premissas mencionadas anteriormente que cada usuário trabalha 8 horas diárias e 21 dias por mês, tem-se um valor do tempo de **R\$ 0,156 por minuto**.

Tabela 4-4 - Dados de entrada para cálculo do Valor do Tempo

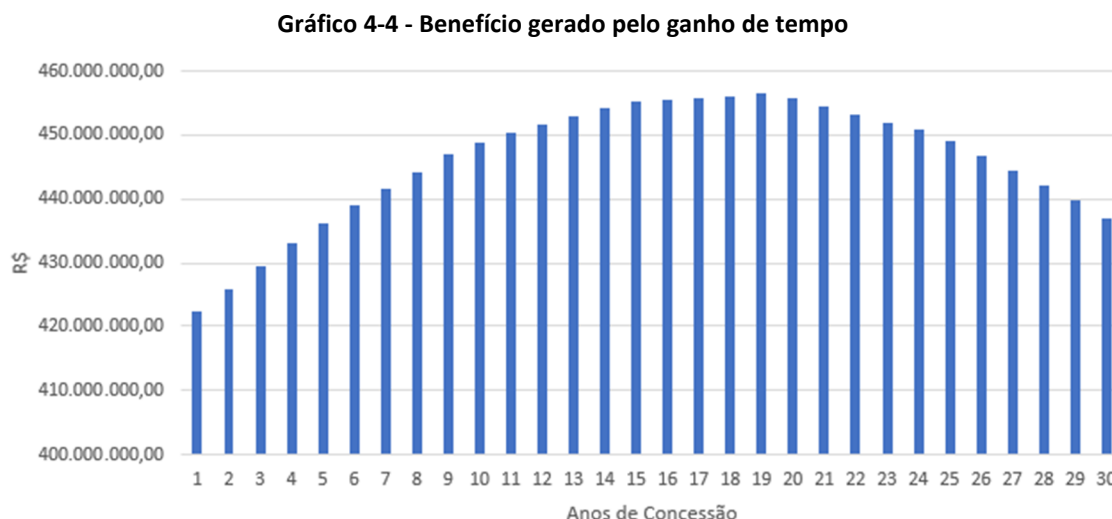
Dado de entrada	Referência	Ano	Valor
Valor do Salário-Mínimo (SM)	IPEADATA	Base 2024	R\$ 1.412,00
Percentual da População Ocupada em Recife	IBGE	Base 2022	52,62%
Quantidade de SMs recebidos pela População Ocupada	IBGE	Base 2022	1,21
Salário da população Ocupada	Cálculo interno	Base 2025	R\$ 1.708,52
Percentual da População Ociosa em Recife	IBGE	Base 2022	47,38%
Quantidade de SMs recebidos pela População Ociosa	Cálculo interno	Base 2022	1
Salário da população Ociosa	Cálculo interno	Base 2025	R\$ 1.412,00

Valor Mensal Ponderado	Cálculo interno	Base 2025	R\$ 1.568,03
Valor do Tempo/minuto	Cálculo interno	Base 2025	R\$ 0,156/minuto

Fonte: IBGE (2022), IPEADATA (2025) e Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

4.1.1.4. Benefício Gerado

Consolidando o valor do tempo ganho por todos os beneficiários ao longo do tempo obtém-se os seguintes ganhos monetizados:



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Observa-se um ganho de tempo que equivale a aproximadamente R\$ 422 milhões no primeiro ano de concessão, superando R\$ 456 milhões em seu maior ponto no ano 19. O fluxo com as informações detalhadas será apresentado em capítulos posteriores.

De forma sumarizada, sob uma perspectiva do início, meio e fim da concessão, temos a quantificação dos benefícios por:

Figura 4-3 – Sumarização dos ganhos sociais pelo benefício do tempo

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
 Ganho de tempo	1º	R\$ 422.330.233
	16º	R\$ 455.565.033
	30º	R\$ 436.942.316

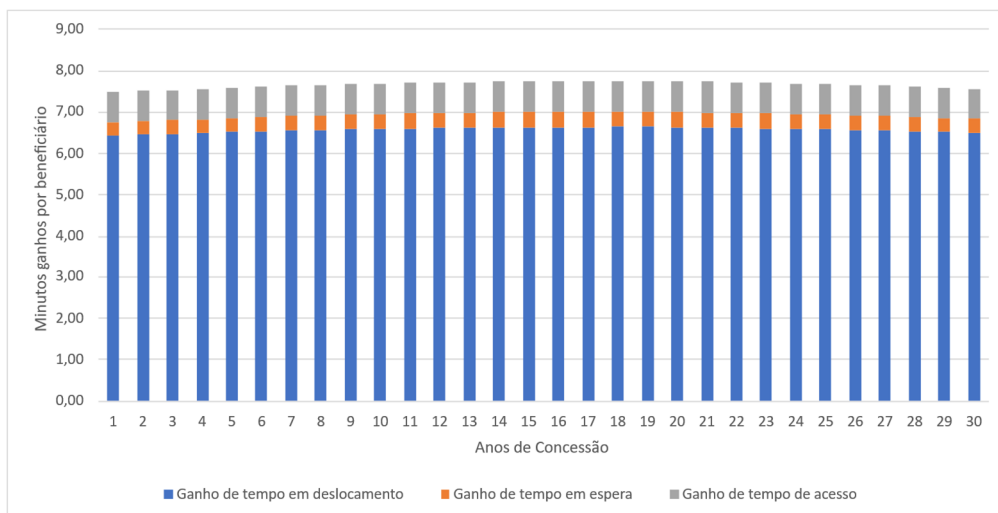
Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

4.1.1.5. Componentes do Ganho de Tempo na Jornada de Deslocamento dos Beneficiários

Para uma visão de contribuição de cada componente do tempo durante a jornada de deslocamento de cada beneficiário considere o Gráfico 4-5. Nele é observado que o tempo em deslocamento é, sem dúvida, o principal fator contributivo para a redução do tempo despendido em jornada para cada beneficiário do sistema de mobilidade urbana.

Ainda é indicado que os tempos de acesso, considerando ingresso e egresso até o modo de transporte, representam aumento no tempo da jornada, logo diminuindo o ganho de tempo total, na comparação entre o cenário de concessão (projeto) e o *greenfield* (sem metrô).

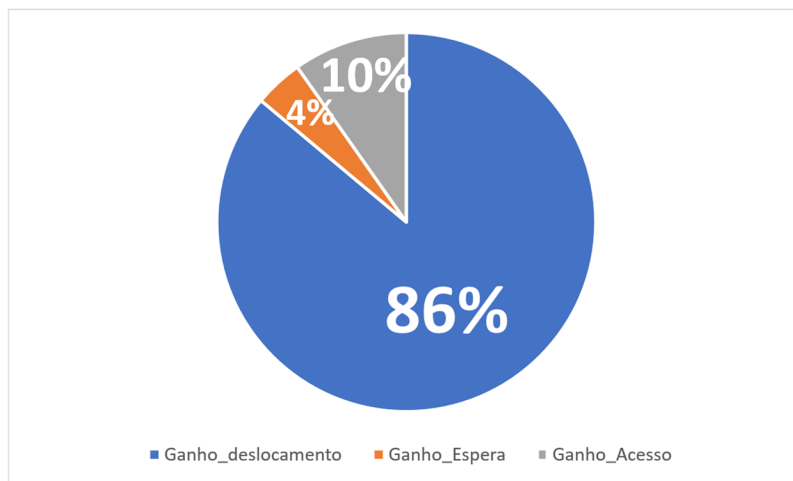
Gráfico 4-5 - Componentes do ganho de tempo (em minutos)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Pensando em valores percentuais das contribuições dos ganhos de tempo, observa-se que o tempo em deslocamento representa 86% da redução do tempo no primeiro ano de concessão e mantendo consistência em sua parcela de contribuição até o 30º ano de concessão, reforçando seu papel como o componente de maior contribuição para o ganho de tempo.

Gráfico 4-6 - Distribuição do ganho de tempo, entre etapas de traslado



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

4.1.2. Redução de poluentes atmosféricos

Com o uso do sistema urbano de trens, os passageiros usuários do sistema estão deixando de utilizar outros meios de transporte tais como veículos privados, motos e ônibus que são fontes geradoras de material poluente. Dos diversos agentes químicos emitidos, é indicado que alguns dos principais agressores são dados pelos gases NOx (categorias de óxido nitroso e variantes), SO₂, MPx (material

particulado e variantes) e COV (Compostos Orgânicos Voláteis), de acordo com estudos diversos analisados, em particular CETESB (2019), “Emissões Veiculares no Estado de São Paulo”.

Desta forma, pela utilização do metrô, se verifica um ganho de benefício ambiental pela sociedade, representado pelo indicador 8 da seção 3.3.9 do edital do BNDES.

Para contextualização desse ganho social, utilizou-se como referência metodológica o documento “Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects” da European Commission (2014), que destaca que os danos causados por estes gases são diversos, tendo diferentes impactos:

- **Danos à saúde:** Risco de contrair doenças respiratórias e cardiovasculares, cujo principal causador são os materiais particulados (MP)
- **Dano a materiais e construções:** principais danos estão relacionados a i) formação de poeira e outras partículas que afetam construções nos arredores, ii) degradação de fachadas e construções por conta de corrosões causados por poluentes ácidos (NOx e SO₂).
- **Danificação em plantações:** Ozônio como poluente secundário (formado pela emissão de CO, COV e NOx) e poluentes ácidos (NOx e SO₂). Significando que um aumento da concentração dessas substâncias na atmosfera causa danos nas plantações.
- **Impactos no ecossistema e biodiversidades:** danos a ecossistemas causados por poluentes que causam acidificações (NOx e SO₂) e eutrofização (NOx e NH₃).
- **Gases efeito estufa:** Gases emitidos por veículos responsáveis pelo aquecimento global, sendo os principais o CO₂, N₂O, CH₄.

4.1.2.1. Metodologia de Cálculo

Para o cálculo do valor monetário desses danos foi utilizada a abordagem que considera 2 aspectos a serem quantificados:

1. **Estimativa do volume de poluentes emitidos ou evitados.** Esse passo pode ser calculado através do número de veículos retirados de circulação, podendo variar de acordo com o tipo de frotas presentes em uma determinada região (motocicletas, ônibus, carros...) multiplicado pelo volume de poluentes emitidos por toneladas.
2. **Avaliação do total de custos de poluentes:** Volume de poluentes atmosféricos evitados é multiplicado por um preço estipulado por tipo de poluente, a ser aferido pelo custo social por tonelada do tipo de poluente emitido (R\$/tonelada).

Em síntese, a relação de cálculo se apresenta com seguinte fórmula:

$$\text{Redução de poluentes}_i = \frac{(VP)_i}{(DM)_j} * (TC)_k * (VSEP)_m$$

Onde:

i – Indicação de cada ano referente ao período de concessão;

VP – Volume de passageiros transportados;

DM – Divisão modal estimada, representando os modos que seriam utilizados em um cenário de inexistência do metrô para o transporte dos passageiros;

j – Representa os modos utilizados no cenário *greenfield*;

TC – Tipo de combustíveis utilizados por cada modo alternativo no cenário *greenfield*;

k – Representa os diferentes combustíveis utilizados em cada modo de transportes no cenário de não utilização do metrô;

VSEP – Valor Social de emissão de poluentes representa os custos por tonelada de poluentes emitidos na queima de combustíveis utilizados pelos modos alternativos de transporte;

m – Representa os diferentes valores de acordo com o tipo de gás emitido pela queima de combustíveis.

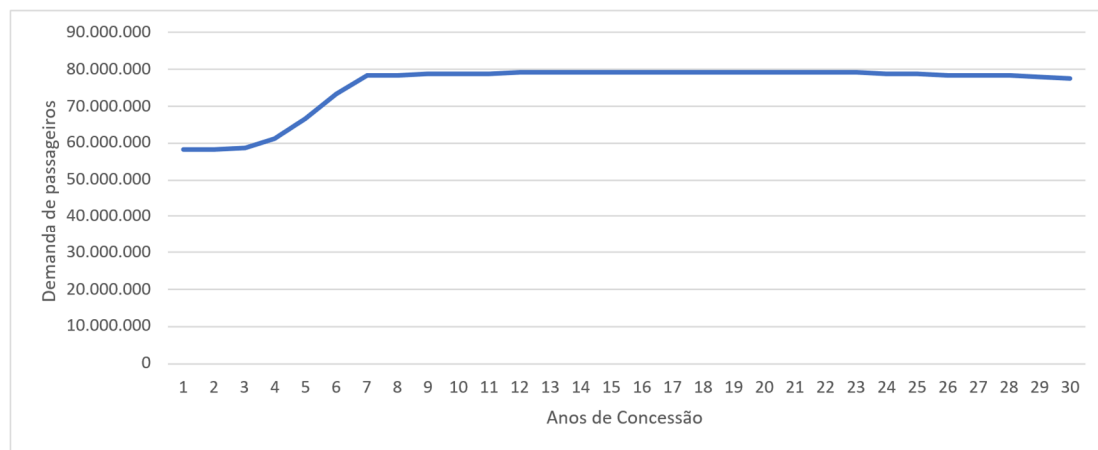
4.1.2.2. Dado de Entrada

Demanda de passageiros:

Para a estimativa de ganho de volumes de poluentes evitados devido a preferência do uso do metrô é utilizado o racional de passageiros usuários do sistema viário e sua conversão equivalente em carros, motos e ônibus evitados.

O comportamento anual da demanda de passageiros do metrô, projetada ao longo do período de concessão está apresentada no Gráfico 4-7:

Gráfico 4-7 - Demanda de passageiros



Fonte: RT05: 'Estudo de Demanda' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Veículos reduzidos:

Inicialmente, para avaliar a quantidade de veículos reduzidos foi considerada uma migração modal de passageiros, que representa as distribuições das alternativas de mobilidade que seriam escolhidas pelos passageiros em um cenário de inexistência do metrô. Para fins ilustrativos, considerando que 1.000 passageiros deixam de utilizar o metrô, 249 seriam transportados por carros movidos a Gasolina, 55 se deslocariam por carros movidos a Etanol, 635 iriam de ônibus e 61 iriam utilizar motocicletas.

Para encontrar a proporção entre modais foi utilizado como base os valores obtidos na Pesquisa Origem-Destino (OD) do Recife (2016), refletindo um comportamento local por preferências entre modais. Esse comportamento é coerente com o público usuário dos sistemas públicos de transporte, sendo que este público em grande maioria irá manter a preferência por transportes coletivos, ou seja, ônibus, ao invés de transportes individuais. Vale destacar que, a versão mais atual da Pesquisa OD de Recife, elaborada em 2021, não disponibiliza a proporção entre ônibus e metrô, trazendo os dados de ambos os modais, agregados em um único conjunto denominado "Transporte Coletivo Público", assim, optou-se por utilizar o documento de 2016.

Foi adicionado a peculiaridade de divisão entre carros que consomem gasolina e carros que consomem etanol hidratado, baseado no volume total vendido de cada um desses combustíveis em Recife no ano 2023, disponível no portal da Agência Nacional do Petróleo.

Tabela 4-5 - Migração entre modais de transporte

Dados Gerais	Complementar	Valor
Migração de passageiros	Migração do Metrô para Carros que utilizam Gasolina Comum	24,84%
	Migração do Metrô para Carros que utilizam Etanol Hidratado	5,5%
	Migração do Metrô para Ônibus	63,54%
	Migração do Metrô para Motocicletas que utilizam Gasolina Comum	6,11%

Fonte: Estudo OD Recife (2016)

Em relação a carros e motocicletas, para se verificar quantas unidades de cada veículo foram reduzidas deve-se considerar quantos passageiros cada carro e cada moto transportaria por ano, em média. Para realizar esta estimativa foi considerada a taxa média de ocupação de cada um destes veículos (CET 2019, 'Mobilidade no Sistema Viário Principal Volumes e Velocidades').

Um carro transporta 1,43 passageiros em média por viagem, em uma jornada de ida e volta transporta por dia 2,86 passageiros (ou potenciais viagens de passageiros nos trens); multiplicando este valor pelo fator de expansão DU-ANO², que vale 304,28, tem-se que cada carro transporta 870 passageiros por ano. O racional é análogo para motocicletas.

Tabela 4-6 - Volume de passageiros transportados por ano por modo de transporte

Dado de entrada	Detalhamento	Referência	Ano	Valor
Passageiros transportados/ano (Volume de passageiros transportados anualmente por tipo de veículo)	Carro (Gasolina Comum)	Cálculo interno	2019	870 pax/ano
	Carro (Etanol Hidratado)	Cálculo interno	2019	870 pax/ano
	Ônibus (Diesel)	Consórcio Grande Recife	2019	196.151 pax / ano
	Moto Gasolina Comum	Cálculo interno	2019	694 pax/ano
Proporção de uso de combustível entre carros	Carros (Gasolina Comum)	ANP	2023	81,82%
	Carros (Etanol Hidratado)	ANP	2023	18,18%
Taxa média de ocupação veicular (passageiros transportados por viagem)	Carro	CET	2019	1,43 pax/carro
	Moto	CET	2019	1,14 pax/moto

² O fator de expansão DU-ANO converte demanda no dia útil para demanda no ano (Demanda dia útil X fator de expansão = Demanda ANO). Esse número não corresponde ao número de dias úteis do ano, o qual seria um valor menor. O fator de expansão DU-ANO, por simplificação, é um fator médio de todo o sistema de trilhos, calculado como a razão entre a demanda resultante da simulação PM (pico-manhã), do cenário Nada a Fazer expandida para o ANO, e a demanda resultante da simulação PM (pico-manhã), do cenário Nada a Fazer expandida para o DIA ÚTIL. Os processos de expansão e fatores aplicados a essas variáveis, Demanda DU (2025) e Demanda ANO (2025), estão descritos no item 13.2 do RT05 e no seu Adendo, baseado em um método desagregado por estação, linha e tipo de embarque a partir de dados do sistema de bilhetagem e relatórios consolidados da CBTU de transporte de passageiros.

Fonte: CET (2019), Anuário Estatístico do Sistema de Transporte Público de Passageiros da R.M.R (2019), ANP (2019) e Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN (2025)

No caso dos ônibus urbanos, foram considerados dados do 'Anuário Estatístico do Sistema de Transporte Público de Passageiros da R.M.R 2019', publicado pelo Consórcio Grande Recife e o Governo do Estado de Pernambuco, para verificar a quantidade total de passageiros transportados por ônibus e a quantidade de ônibus presente na frota do mesmo ano e assim, se estabelece a relação de quantos passageiros em média são transportados por ônibus por ano, e assim, quantos ônibus são reduzidos devido à preferência deste público pelo uso do metrô. Vale ressaltar que a versão mais atual do Anuário foi produzida em 2020, contudo, por se tratar de um ano afetado pela quarentena e pandemia de COVID, seus dados não refletem o comportamento típico de fluxo de passageiros, assim, optou-se por utilizar a versão de 2019.

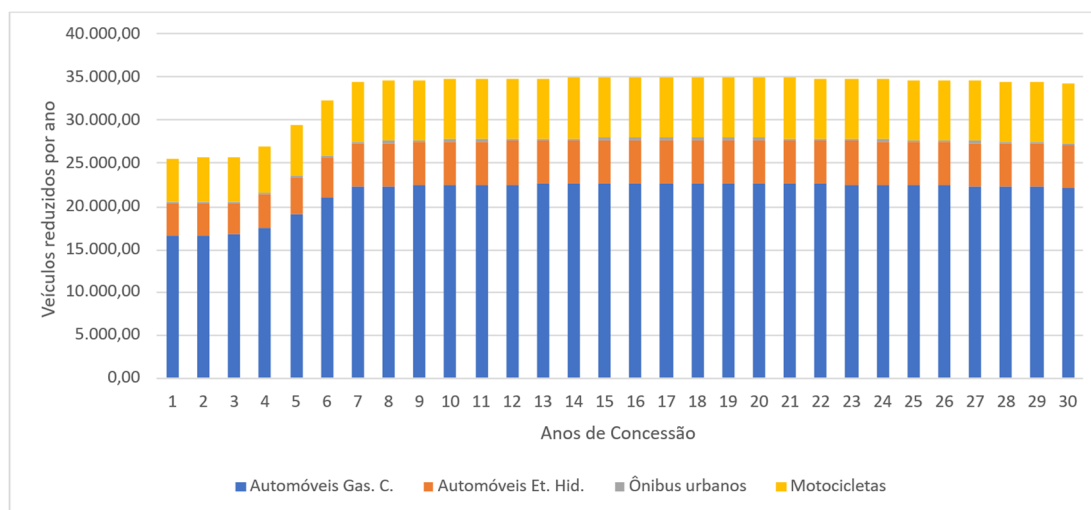
Tabela 4-6 - Volume de passageiros transportados por ano por modo de transporte

Dado	Detalhamento	Referência	Valor
Passageiros_2019	Total de passageiros transportados por ônibus em 2019	Consórcio Grande Recife	523.331.284
Frota de ônibus	Volume da frota de ônibus em 2019	Consórcio Grande Recife	2.668
Pax/ônibus.ano	Quantidade média transportada por ônibus anualmente	Cálculo interno	196.151

Fonte: Anuário Estatístico do Sistema de Transporte Público de Passageiros da R.M.R (2019) e Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN (2025)

Verifica-se uma diminuição de carros, motos e ônibus circulantes pela preferência do uso do metrô, que se intensifica entre os anos 4 e 7, e se mantém praticamente estável até o fim do período de concessão, segundo mostrado no Gráfico 4-8:

Gráfico 4-8 - Veículos reduzidos/ano



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Emissão de poluentes por veículo:

Como etapa seguinte para avaliar a redução de poluentes evitados pelo uso do metrô, deve-se associar a cada unidade veicular sua taxa anual de emissão de poluentes (NOx, MP, SO₂ e COV).

Para tanto, foi utilizado como referência estudos da CETESB (2023) ‘Emissões Veiculares no Estado de São Paulo’, que consolida o tamanho das frotas de veículos no estado de São Paulo em 2023 e as quantidades totais emitidas de poluentes, por veículo e combustível utilizado.

Tabela 4-7 - Volume total de frotas por categoria de veículo e tipo de combustível consumido em 2023 no Estado de São Paulo

Categoria		Combustível	2023
Automóveis		Gasolina C	1.804.941
		Etanol	105.233
		<i>Flex-fuel</i>	8.003.512
Comerciais Leves		Gasolina C	253.686
		Etanol	9.874
		<i>Flex-fuel</i>	791.081
		Diesel	577.304
Caminhões	Semileves	Diesel	27.778
	Leves		91.732
	Médios		54.513
	Semipesados		119.377
	Pesados		159.658
Ônibus	Urbanos	Diesel	60.583
	Micro-ônibus		16.605
	Rodoviários		27.988
Motocicletas		Gasolina C	1.674.308
		<i>Flex-fuel</i>	1.093.908
Total			14.872.079

Fonte: ‘Emissões Veiculares no Estado de São Paulo’ CETESB (2023)

Tabela 4-8 - Volume total de poluentes emitidos por categoria de veículo e tipo de combustível consumido em 2023 no Estado de São Paulo

Categoria		Combustível	Emissão por poluente (t)				
			CO	NO _x	MP (1)	SO ₂ (2)	COV
Automóveis		Gasolina C	59.755	8.070	38	95	11.371
		Etanol Hidratado	9.567	857	nd	nd	2.023
		Flex-gasolina C	68.085	6.944	254	217	16.648
		Flex-etanol hidratado	49.707	3.740	nd	nd	12.460
Comerciais Leves		Gasolina C	9.871	1.091	5	18	2.406
		Etanol Hidratado	876	83	nd	nd	219
		Flex-gasolina C	7.643	847	9	30	1.986
		Flex-etanol hidratado	5.711	460	nd	nd	1.275
		Diesel	1.246	5.748	234	108	305
Caminhões	Semileves	Diesel	260	1.438	58	16	78
	Leves		1.270	6.922	239	83	334
	Médios		834	4.661	200	46	240
	Semipesados		6.055	38.809	879	529	1.243
	Pesados		6.904	45.250	872	566	1.422
Ônibus	Urbanos	Diesel	2.408	12.180	268	19	417
	Micro-ônibus		200	1.119	22	2	37
	Rodoviários		1.187	7.131	170	87	265
Motocicletas		Gasolina C	49.728	1.757	130	21	7.763
		Flex-gasolina C	8.193	391	38	8	1.264
		Flex-etanol hidratado	3.480	167	nd	nd	762
Total			292.981	147.664	3.413	1.845	62.521

Fonte: 'Emissões Veiculares no Estado de São Paulo' CETESB (2023)

E assim, se enquadra a relação de poluentes emitidos por tipo de veículo e combustível consumido, em horizonte anual, para o Estado de São Paulo em 2023:

Tabela 4-9 - Volume de poluentes emitidos por tipo de veículo e combustível (toneladas por tipo de gás)

CATEGORIA	COMBUSTÍVEL	QTDDE VEÍCULOS	Emissão total de poluentes/tipo de veículo e combustível (ton/gás)			
			NO _x	MP	SO ₂	COV
Automóveis	Gasolina Comum	1.804.941	8.070	38	95	11.371
Automóveis	Etanol Hidratado	105.233	857	0	0	2.023
Ônibus urbanos	Diesel	60.583	12.180	268	19	417
Motocicletas	Gasolina Comum	1.674.308	1.757	130	21	7.763

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Agora, conciliando os dados de frota e volumes de poluentes emitidos, pode-se gerar uma taxa média de emissão de poluentes por tipo de veículo e combustível utilizado, representados na tabela a seguir:

Tabela 4-10 - Volume de poluentes emitidos por cada unidade veicular (toneladas por tipo de veículo)

CATEGORIA	COMBUSTÍVEL	Emissão de poluentes por veículo (ton/1 veículo.ano)			
		NO _x	MP	SO ₂	COV
Automóveis	Gasolina Comum	0,004471	0,000021	0,000053	0,006300
Automóveis	Etanol Hidratado	0,008146	0,000000	0,000000	0,019224
Ônibus urbanos	Diesel	0,201050	0,004424	0,000313	0,006883
Motocicletas	Gasolina Comum	0,001049	0,000078	0,000013	0,004637

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Custo por tonelada de poluentes emitidos por veículo:

Por fim, definidos a quantidade de veículos por categoria e tipo de combustível consumido e as taxas de poluentes emitidos, basta utilizar um custo social por tonelada de poluentes emitidos. Para esta conversão monetária foi utilizado como referência o portal britânico 'Air quality appraisal: damage cost guidance' do Department for Environment Food & Rural Affairs, atualizado em março de 2023. Os custos de cada tipo de poluente indicado em libras esterlinas por tonelada são indicados abaixo:

Tabela 4-11 - Custos sociais por tonelada de emissão de poluentes (libras por tonelada)

Pollutant emitted	2023 Damage costs (£/t) national averages latest figures
NOx	8,148
SO ₂	16,616
NH ₃	9,667
VOC	172
PM _{2.5}	74,769

Fonte: 'Air quality appraisal: damage cost guidance' do Department for Environment Food & Rural Affairs (2023)

Para equivalência de moedas, foi utilizada conversão do valor da libra esterlina em real brasileiro no ano de 2023 em R\$ 6,32/libra, e índice de correção pelo IPCA de 1,01557380. E assim, obtém-se o custo de emissão de poluentes por unidade e categoria veicular:

Tabela 4-12 - Custos sociais por unidade veicular (R\$ por unidade de cada tipo de veículo)

CATEGORIA	COMBUSTÍVEL	Custo de emissão de poluentes por veículo (R\$/veículo)			
		NOx	MP	SO ₂	COV
Automóveis	Gasolina C.	R\$ 233,7	R\$ 10,01	R\$ 5,61	R\$ 6,95
Automóveis	Etanol Hidratado	R\$ 425,75	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 21,21
Ônibus urbanos	Diesel	R\$ 10.508,72	R\$ 2.122,04	R\$ 33,32	R\$ 7,59
Motocicletas	Gasolina C.	R\$ 54,85	R\$ 37,19	R\$ 1,35	R\$ 5,12

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

A Tabela 4-12 representada multiplicará os volumes reduzidos de cada tipo de veículo para a estimativa do benefício de poluentes que estão sendo deixados de ser emitidos, pelo uso do metrô pelos passageiros considerados no estudo de demanda.

Para ilustrar a natureza do cálculo considere a Tabela 4-13, nela é indicada o custo evitado no primeiro ano de concessão para automóveis que utilizam Gasolina Comum, por tipo de poluente. O cálculo análogo foi feito para os demais tipos de veículos considerados (automóveis que utilizam etanol hidratado, ônibus urbanos e motocicletas) para cada ano da concessão. Vale ressaltar que o CO não foi considerado na tabela por não haver referência do custo social, enquanto o NH₃, por não constar nos dados de consumo da CETESB.

Tabela 4-13 – Custos sociais por unidade veicular (R\$ por unidade de cada tipo de veículo)

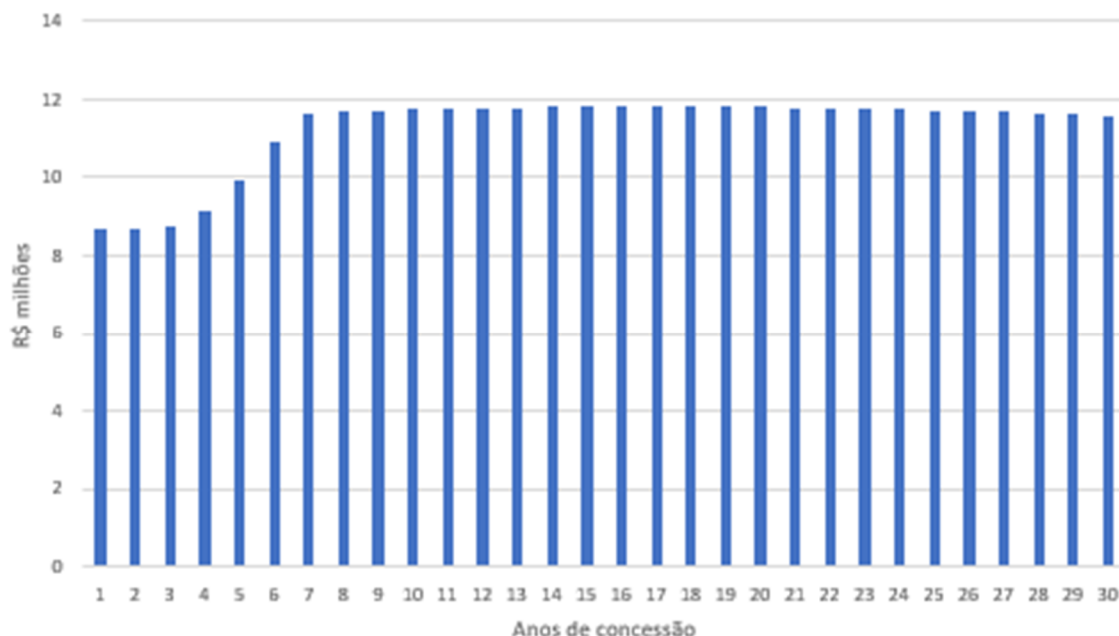
Poluentes	Custo/Veículo	Automóveis (Gasolina Comum)	Custos Reduzidos
CO	R\$ -	16.538	R\$ -
Nox	R\$ 230,11	16.538	R\$ 3.805.544,93
MP (1)	R\$ 9,86	16.538	R\$ 162.997,48
SO2 (2)	R\$ 5,53	16.538	R\$ 91.378,93
COV	R\$ 6,84	16.538	R\$ 113.194,63
NH3	R\$ -	16.538	R\$ -

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

4.1.2.3. Cálculo do Benefício

Os benefícios gerados pela redução média de 33,3 mil veículos emissores dos gases Nox, MP, SO2 e COV representam um ganho social de R\$ 8,6 milhões no primeiro ano de concessão, chegando a R\$ 11,65 milhões no sétimo ano e seguindo em montante econômico similar até os anos seguintes do período de concessão.

Gráfico 4-9 - Benefícios gerados por redução na emissão de poluentes (NOx, MP, SO2 e COV)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Figura 4-2 - Sumarização dos ganhos sociais pela redução de poluentes atmosféricos

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
 Redução de poluentes atmosféricos	1º	R\$ 8.662.634
	16º	R\$ 11.815.711
	30º	R\$ 11.578.850

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

4.1.3. Redução de emissão de gases efeito estufa

Em relação ao benefício social oriundo da redução de gases efeito estufa será utilizada uma lógica de monetização análoga aos poluentes atmosféricos. Pensando no benefício social e ambiental gerado, é considerado o aspecto que os veículos podem emitir em sua combustão, gases estufa na atmosfera gerando impacto em ordem mundial devido à escala do dano causado influenciando no agravamento do chamado efeito estufa.

Assim como destacado no 'Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura' (2020), divulgado pelo Ministério da Economia, os impactos de mudança climática ocupam uma posição de destaque na avaliação de externalidades pois:

- a mudança climática é questão global, logo o impacto das emissões independe do local onde ocorrem;
- gases estufa, especialmente o dióxido de carbono (CO_2), mas também o óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4) possuem longos períodos de vida na atmosfera, de forma que as emissões atuais contribuem para impactos no futuro distante;
- os impactos de longo-prazo de emissões continuadas de gases-estufa são difíceis de prever, mas potencialmente catastróficos;
- a evidência científica sobre as causas e tendências futuras da mudança climática está se tornando cada vez mais consolidada. Em particular, os cientistas já atribuem probabilidades a cenários de temperatura e impactos sobre o meio-ambiente associados a diferentes níveis de estabilização de gases estufa na atmosfera.

4.1.3.1. Metodologia de Cálculo

Seguindo ainda o indicado no Guia Prático do Ministério da Economia, a quantificação e posterior monetização deste benefício social e ambiental se dá pela conversão equivalente de poluentes para o gás CO_2 (dióxido de carbono) que se baseia, em parte, na metodologia de "Pegada de Carbono" do Banco Europeu de Desenvolvimento (2018).

A avaliação deste benefício se dá por 3 etapas:

1. **Quantificação do volume de emissões adicionalmente emitidas, ou evitadas, sobre a atmosfera** devido ao projeto. As emissões são quantificadas com base em fatores de emissão projeto-específicos (ex. t- CO_2 por unidade de combustível queimado) e são expressas em toneladas por ano.
2. **Cálculo do total de emissões CO_2 -equivalentes (CO_2e) utilizando Potenciais de Aquecimento Global (PAG).** Outros gases-estufa além do CO_2 são convertidos em CO_2e pela multiplicação do montante de emissões do gás específico pelo fator equivalente a seu PAG. Por exemplo, fazendo o PAG do CO_2 igual à unidade ($=1$), temos que o PAG do CH_4 e N_2O são 25 e 298 respectivamente, indicando que seu impacto sobre o clima é 25 e 298 vezes maior que o impacto do mesmo montante de emissões de CO_2 . Nesta etapa serão verificadas as taxas de emissão equivalente de CO_2 por tipo de veículo motorizado, baseado na quantidade de veículos reduzidos devido a preferência dos passageiros pelo metrô.
3. **Avaliação da externalidade utilizando o custo unitário do CO_2 -equivalente.** As toneladas totais de CO_2 são multiplicadas por um custo unitário expresso em R\$/ton. Recomenda-se utilizar os valores apresentados como referência no Guia Prático do ME, para o cenário de

referência, indo de R\$ 106 por tonelada em 2020 e então assumindo um aumento gradual até atingir R\$ 136 em 2040. Devido ao efeito generalizado do aquecimento global, não há diferença entre como e onde ocorreram emissões de gases estufa. Por essa razão, o mesmo custo unitário se aplica a todos os setores, regiões e projetos. Entretanto, o fator de custo depende da passagem do tempo, de modo que emissões em anos futuros terão impactos maiores que emissões hoje.

$$\text{Valor de redução de GEE}_i = \frac{(VP)_i}{(DM)_j} * (CO2eq.)_k * (VSEP)$$

Onde:

i – Indicação de cada ano referente ao período de concessão;

VP – Volume de passageiros transportados;

DM – Divisão modal estimada, representando os modos que seriam utilizados em um cenário de inexistência do metrô para o transporte dos passageiros;

j – Representa os modos utilizados no cenário *greenfield*;

CO2eq – Fator de conversão entre tipos de veículos e volume de CO₂ equivalente emitido por tipo de veículo;

k – Representa os diferentes tipos de veículos reduzidos, cada qual emitindo um certo volume de CO₂ equivalente;

VSEP – Valor Social de emissão de poluentes representa os custos por tonelada de poluentes emitidos na queima de combustíveis utilizados pelos modos alternativos de transporte.

4.1.3.2. Dados de Entrada

Para as etapas 1 e 2 indicadas na abordagem metodológica, é utilizado estudo da CETESB (2023) 'Emissões Veiculares no Estado de São Paulo', consolidando os dados de volume de frota e emissões equivalentes totais de CO₂ para o ano de 2023 no estado de São Paulo, com base na Tabela 4-10 apresentada anteriormente e na Tabela 4-14:

Tabela 4-14 - Emissão de CO₂ equivalente total em 2023 no Estado de São Paulo por categoria de veículo e combustível

Categoria		Combustível	CO _{2eq} (mil t)
Automóveis		Gasolina C	4.293
		Etanol Hidratado	7
		Flex-Gasolina C	9.771
		Flex-Etanol Hidratado	325
Comerciais Leves		Gasolina C	776
		Etanol Hidratado	1
		Flex-Gasolina C	1.338
		Flex-Etanol Hidratado	34
		Diesel	2.929
Caminhões	Semileves	Diesel	211
	Leves		1.145
	Médios		672
	Semipesados		7.303
	Pesados		10.024
Ônibus	Urbanos	Diesel	2.851
	Micro-ônibus		302
	Rodoviários		1.573
Motocicletas		Gasolina C	944
		Flex-Gasolina C	349
		Flex-Etanol Hidratado	nd
Total			44.850

Fonte: 'Emissões Veiculares no Estado de São Paulo' CETESB (2023)

Conciliando os dados da Tabela 4-9 e da Tabela 4-14 pode-se chegar em uma taxa anual média de emissão de CO₂ equivalente por tipo de veículo:

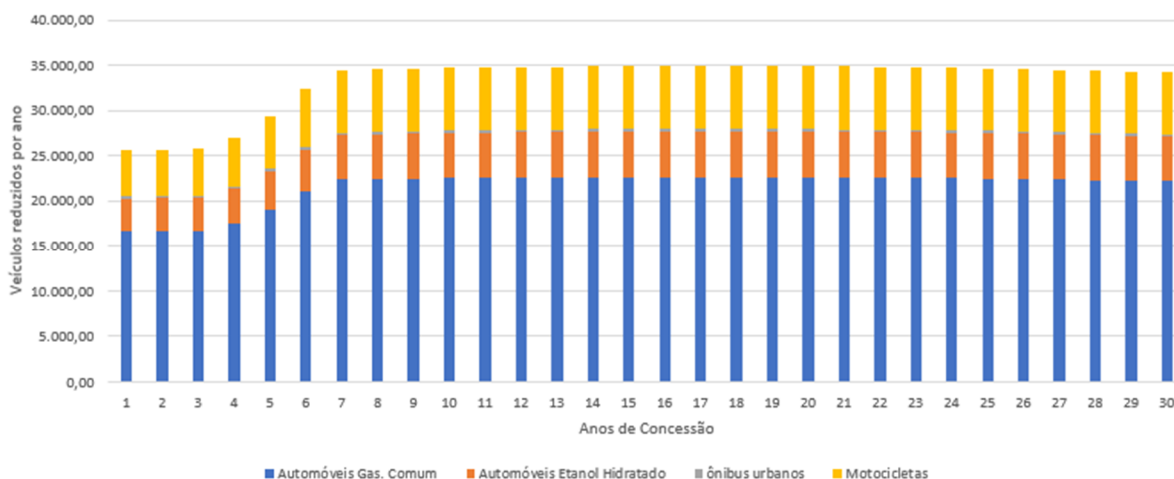
Tabela 4-15 - Emissão de CO₂ equivalente por unidade veicular por ano

CATEGORIA	COMBUSTÍVEL	Toneladas CO ₂ /veículo.ano
Automóveis	Gasolina Comum	2,38
Automóveis	Etanol Hidratado	0,07
Ônibus urbanos	Diesel	47,06
Motocicletas	Gasolina Comum	0,56

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

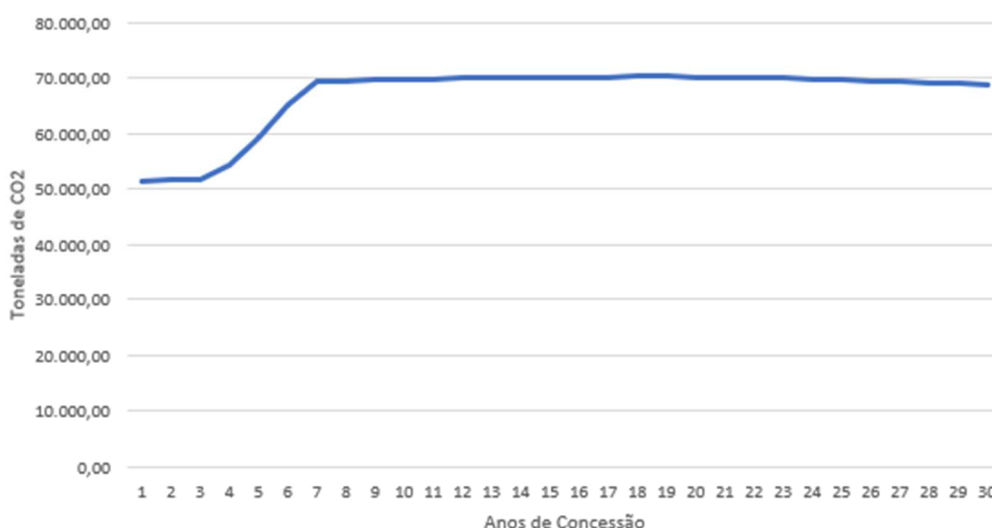
Agora, utilizando o resultado obtido anteriormente de veículos reduzidos pelo uso dos passageiros do metrô no Gráfico 4-10, pode-se chegar nos volumes em toneladas de CO₂ reduzidos anualmente.

Gráfico 4-10 - Veículos reduzidos por ano da concessão



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Gráfico 4-11 - Volume de CO2 reduzido, em toneladas



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

No primeiro ano da concessão são reduzidas mais de 51 mil toneladas de CO₂ para a atmosfera, considerando 25,5 mil veículos reduzidos. Este valor de redução de emissão aumenta gradativamente até atingir a ordem de 69,3 mil toneladas do poluente, devido à preferência dos passageiros pelo uso do metrô, e uma redução de 34,5 mil veículos.

Por fim, para monetização deste benefício é utilizada a tabela de referência apresentado no Guia Prático do ME, indicando os valores sociais por tonelada de CO₂ equivalente emitido, conforme abaixo seguindo o cenário indicado como 'Referência':

Tabela 4-16 - Custo social para cada tonelada de CO₂ reduzida

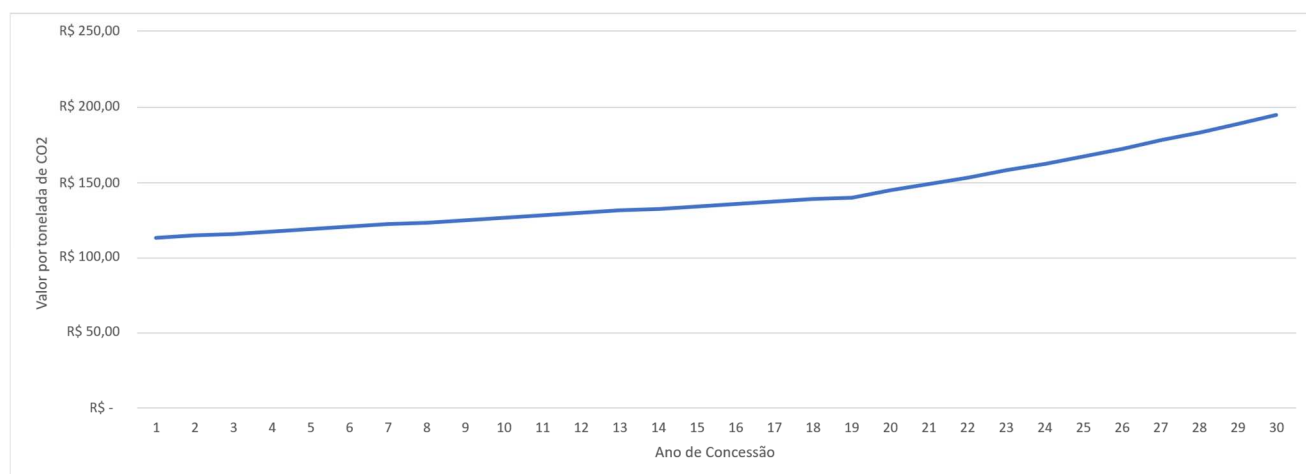
Cenário	Valor 2020 (R\$/t-CO ₂ e)	Adicional anual 2021-2040
Pessimista	169	3
Referência	106	1,5
Otimista	27	0,75

Fonte: 'Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura' Ministério da Economia (2020)

Atenta-se para o fato de que o custo social por tonelada de CO₂ sofre incrementos ao longo dos anos, e que seguindo a bibliografia recomendada no Guia Prático do ME, nas pesquisas de Nordhaus (2017) 'Revisiting the social cost of carbon' da Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, foi considerado que a partir do ano 2040 até 2056 haveria um incremento no valor social por tonelada de CO₂ de 3% ao ano, seguindo as recomendações de Nordhaus.

Dessa forma, os custos por tonelada de CO₂ ao longo dos anos se dá por:

Gráfico 4-12 - Evolução do preço social por tonelada de CO₂ reduzida

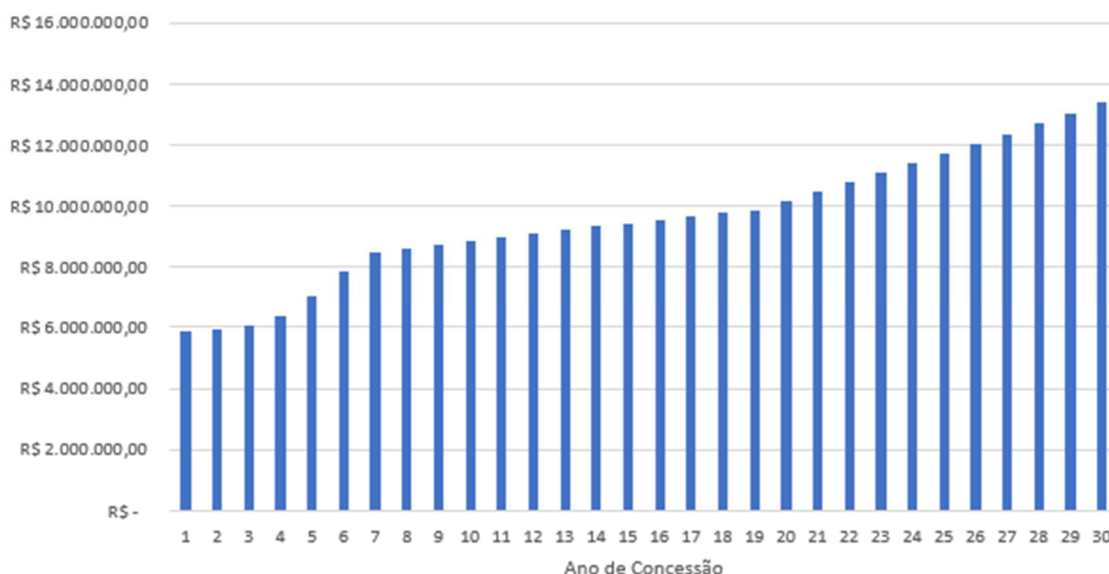


Fonte: 'Revisiting the social cost of carbon' da Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2017) e 'Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura' Ministério da Economia (2020)

4.1.3.3. Cálculo do Benefício

Considerando todos os custos sociais por tonelada de CO₂ reduzidas, com os volumes do gás chega-se no valor monetizado do benefício socioambiental:

Gráfico 4-13 - Benefício social gerado pela redução de emissão de CO2



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

No primeiro ano da concessão observa-se um ganho de aproximadamente R\$ 5,8 milhões. Este valor cresce acompanhando as tendências de demanda do metrô e os preços sociais por tonelada de CO₂ reduzida, chegando em um benefício social de R\$ 9,6 milhões no 16º ano da concessão e R\$ 13,4 milhões no 30º ano.

De forma sumarizada, para os benefícios sociais das reduções de CO₂, considere a tabela a seguir:

Figura 4-3 - Sumarização dos ganhos sociais pela redução de gases efeito estufa

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
CO₂ Redução de gases efeito estufa	1º	R\$ 5.846.382
	16º	R\$ 9.555.206
	30º	R\$ 13.390.369

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

4.1.4. Redução de acidentes de trânsito

Como já ressaltado em bibliografias de referência consultadas para construção da análise de custo benefício, tais como o ‘Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura’ divulgado pelo Ministério da Economia (2020), o ‘Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects’ da Comissão Europeia (2014) e o ‘Manual do Banco Interamericano de Desenvolvimento’ do BID (2006), a redução de acidentes é um benefício relevante para a sociedade, em vista tanto dos efeitos materiais relacionados a danos patrimoniais públicos e particulares e imateriais relacionados a danos morais e emocionais dos envolvidos nos acidentes.

Desta forma, a migração da população dos meios rodoviários, que passa então a preferir o uso do metrô, causa uma diminuição no volume de veículos transitando nas rodovias, gerando, assim, uma

tendência a diminuir o volume de acidentes de trânsito nas ruas e estradas do sistema de mobilidade da RMR.

4.1.4.1. Metodologia de Cálculo

Para a aferição do benefício social oriundo da redução de acidentes serão considerados 4 etapas analíticas:

1. Demanda de passageiros usuários do metrô, ao longo do período de concessão, baseado no estudo de demanda.
2. Equivalência de veículos reduzidos, devido aos passageiros que preferem utilizar o metrô, baseado nos cálculos intermediários já apresentado nos capítulos anteriores (4.1.2 e 4.1.3) para redução de poluentes atmosféricos.
3. Taxa de acidentes por tamanho de frota, baseado em dados de 2024 disponibilizados no portal da Prefeitura do Recife na seção de 'Acidentes de Trânsito' elaborado pela Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU) e no portal do Ministério de Transporte na seção 'Frota por Município e Tipo'.
4. Monetização social: Custos de acidentes, baseado em publicação do IPEA em 2020 'Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias'.

Cada referência será detalhada à medida que os dados de entrada forem sendo apresentados.

4.1.4.2. Dados de Entrada

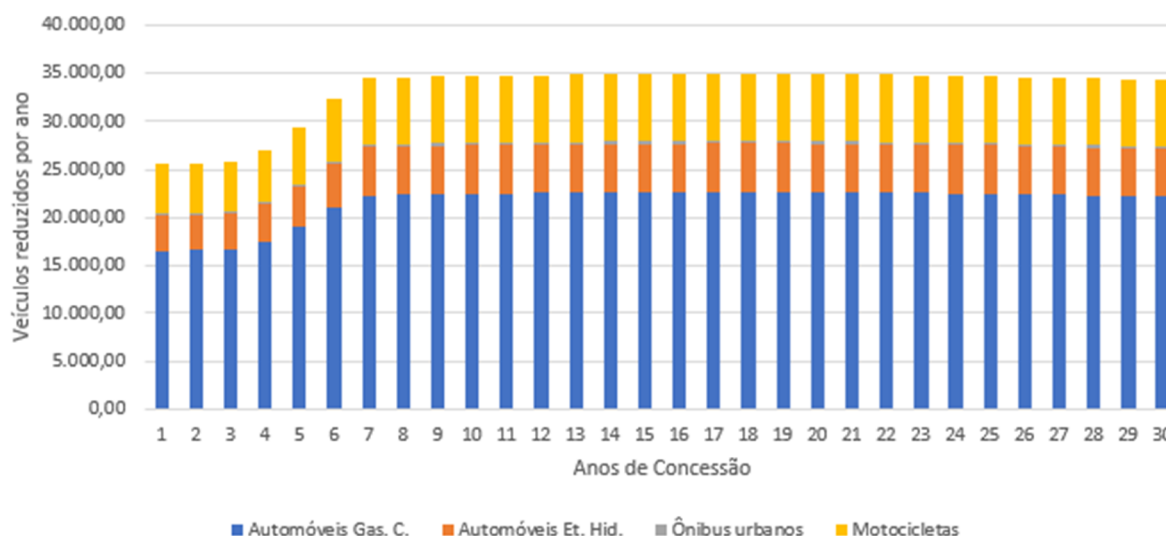
Seguindo a lógica de 4 passos apresentadas acima, considera-se inicialmente o fluxo de passageiros verificado no estudo de demanda:



Fonte: RT05: 'Estudo de Demanda' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRACECON-RHEIN, 2025

Tomando como base essa demanda, foi analisada, com os cálculos previamente apresentados, a redução de veículos retirados do sistema de mobilidade. Nota-se que nos primeiros anos a redução de veículos gira em torno de 25 mil, subindo para praticamente 35 mil no ano 7, como pode-se ver no Gráfico 4-15:

Gráfico 4-15 - Veículos reduzidos/ano



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Seguindo a metodologia indicada no início do capítulo, para a estimativa de quantidade de acidentes, pode-se utilizar como referência o documento da Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU), de 2024, disponibilizado no portal da Prefeitura do Recife em formato de planilha. Esse documento apresentou um estudo da quantidade de acidentes por tipos de veículos envolvidos no município do Recife em 2024. Associando as quantidades de veículos com o levantamento de totais de frota indicados no portal do Ministério de Transporte, na seção de “Frota por município e tipo (Dezembro 2024)” obtém-se os percentuais de frota que sofre acidentes.

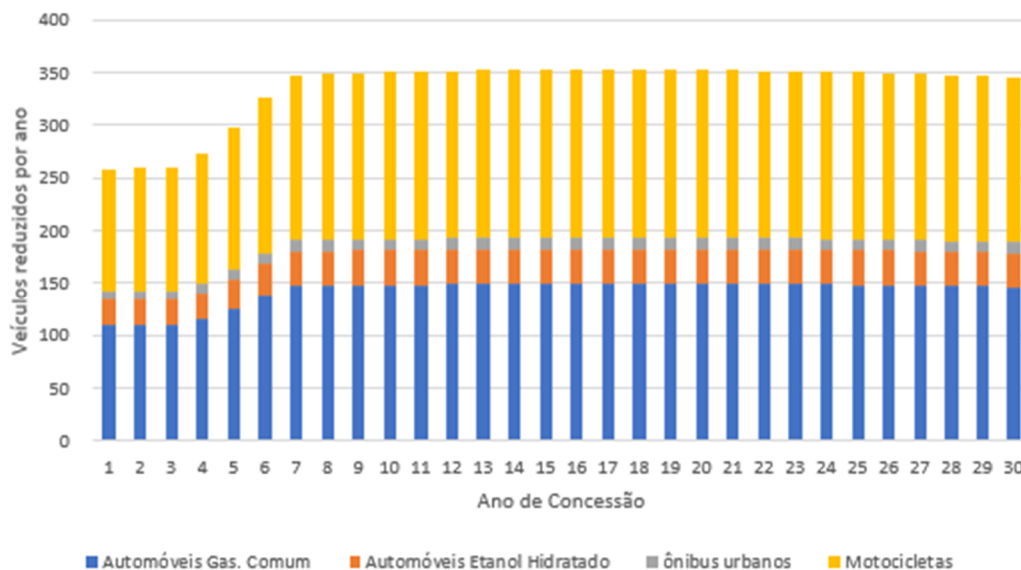
Tabela 4-17 - Porcentagem da frota envolvida em acidentes em Recife (2024)

Tipo de Veículo	Quantidade de acidentes por tipo de veículo	Tamanho da Frota em Recife (2024)	% da Frota envolvida em acidentes
Automóvel	2576	390054	0,66%
Motocicleta	4205	184332	2,28%
Ônibus	219	5362	4,08%

Fonte: Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU) disponibilizados no portal da Prefeitura do Recife, Ministério de Transporte e Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN

Aplicando os percentuais de frota envolvidas em acidentes em 2024 nos volumes de veículos reduzidos, chega-se na quantidade estimada de veículos que deixariam de sofrer acidentes:

Gráfico 4-16 - Estimativa de veículos acidentados evitados por ano



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Para uma visão de gravidade em relação aos tipos de acidentes estimados que cada veículo reduzirá, utiliza-se como referência ainda o documento da Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU) de 2024 disponibilizado no portal da Prefeitura do Recife. Esse indica as proporções entre os tipos de acidentes ocorridos no Recife:

Tabela 4-18 - Total de acidentes por gravidade em 2024 no Recife

Tipo de Acidentes	Quantidade de acidentes	% por tipo de acidentes
Com vítimas	6179	88,27%
Sem vítimas	790	11,29%
Com fatalidade	31	0,44%
Total	7000	100%

Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU) disponibilizados no portal da Prefeitura do Recife e Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN

Atribuindo os níveis e percentuais de gravidade de acidentes entre os volumes de veículos reduzidos ao longo de todo o período de concessão, tem-se:

Tabela 4-19 - Volumes de acidentes por tipo de veículo e gravidade

Veículos acidentados	Gravidade	% gravidade	Volume de veículos
Automóveis	Com fatalidade	0,39%	10
	Com vítimas	74,69%	1924
	Sem vítimas	24,92%	642
Ônibus urbanos	Com fatalidade	1,37%	3
	Com vítimas	73,97%	162
	Sem vítimas	24,66%	54
Motocicletas	Com fatalidade	0,43%	18
	Com vítimas	97,34%	4093
	Sem vítimas	2,24%	94

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Por fim, para a monetização de cada categoria de gravidade de acidentes, é utilizada a referência da publicação 'Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias' do IPEA em 2020, a qual menciona os custos de acidentes referentes a dados de 2014:

Tabela 4-20 - Volumes de acidentes por gravidade

Gravidade do acidente	Quantidade de acidentes	Custo total (R\$ dez./2014)	Custo médio (R\$ dez./2014)
Com fatalidade	6.743	4.482.891.117	664.821,46
Com vítimas	62.346	6.031.838.004	96.747,79
Sem vítimas	98.158	2.306.592.728	23.498,77
Total	167.247	12.821.321.848	261.689

Fonte: 'Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias' IPEA (2020)

Na Tabela 4-21 são indicados os custos médios por acidente de acordo com sua gravidade, utilizados para avaliar os custos sociais evitados por acidente.

Adicionalmente, é utilizado um fator de correção monetária de 1,78854, aplicada aos custos médios de 2014, o que resulta em valores corrigidos como observados na tabela a seguir:

Tabela 4-21 - Custo médio corrigido por gravidade

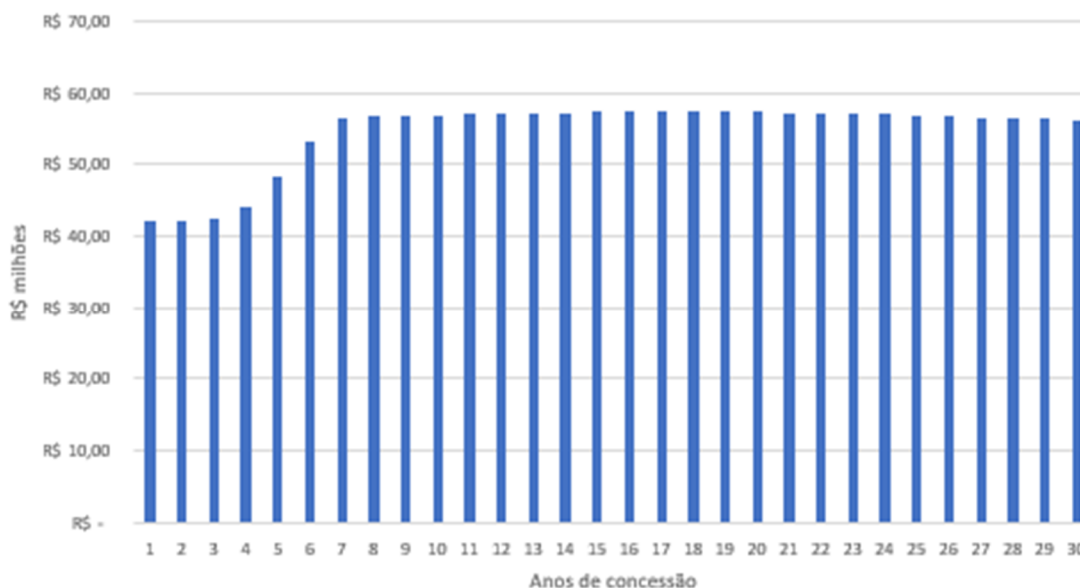
Fator de Correção	Gravidade do acidente	Custo médio corrigido
1,789	Com fatalidade	R\$ 1.189.059,78
	Com vítimas	R\$ 173.037,30
	Sem vítimas	R\$ 42.028,50

Fonte: 'Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias' IPEA (2020), Banco Central do Brasil e Consórcio GPO-SYSTRA-CESCON-RHEIN, 2025

4.1.4.3. Cálculo do Benefício

A consolidação dos benefícios gerados pela redução de acidentes nas vias públicas se apresenta segundo o Gráfico 4-17, a seguir:

Gráfico 4-17 - Custos evitados com redução de acidentes



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

No gráfico observa-se que no primeiro ano de concessão será evitada pela sociedade uma perda monetária em acidentes de aproximadamente R\$ 42,05 milhões, valor que sobe em conjunto com a demanda de passageiros e consequente redução maior dos veículos nas vias urbanas, atingindo um ganho de R\$ 56,57 milhões no sétimo ano da concessão, com poucas oscilações nos anos seguintes.

De forma sumarizada e com valores mais detalhados:

Figura 4-4 - Sumarização dos ganhos sociais pela redução de acidentes de trânsito

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
 Redução de acidentes	1º	R\$ 42.048.207
	16º	R\$ 57.353.158
	30º	R\$ 56.203.444

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

4.1.5. Redução com gastos de combustíveis

Ainda baseado no racional da redução de veículos, tais como carros, ônibus e motocicletas, das vias urbanas, pelo uso dos passageiros do metrô de Recife, foi analisado o benefício gerado com os gastos com combustíveis que estes veículos teriam. Lembrando que os gastos energéticos do metrô entram, pesando negativamente no VSPL, na conta de OPEX apresentada mais adiante nesse relatório.

4.1.5.1. Metodologia de Cálculo

Para aferir o ganho pela economia de combustíveis são considerados:

- Consumo médio de combustível por cada tipo de veículo.

- Quilometragem média percorrida por tipo de veículo de forma anual.
- Custo médio comercial por litro dos combustíveis utilizados pelos veículos (Gasolina Comum, Etanol Hidratado e Diesel).
- Volume total de combustível utilizado por cada tipo de veículo para cada ano.

4.1.5.2. Dados de Entrada

Para estimar o valor monetizado dos combustíveis reduzidos pela utilização do metrô, foram consultados os valores praticados comercialmente segundo portal da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para março de 2025 em Recife:

Tabela 4-22 - Custos médios de combustíveis

Veículo	Combustível	Unidade	Custo/litro
Carro	Gasolina Comum	R\$/litro	R\$ 6,50
Carro	Etanol Hidratado	R\$/litro	R\$ 4,86
Ônibus	Diesel	R\$/litro	R\$ 6,13
Moto	Gasolina Comum	R\$/litro	R\$ 6,50

Fonte: Agência Nacional do Petróleo (ANP) dados de março de 2025 no Recife

Por meio de portais comerciais disponibilizados publicamente, foram tomados os rendimentos médios de alguns veículos populares para estimativa dos consumos de combustíveis utilizados pelos tipos de veículos considerados:

Tabela 4-23 - Rendimento médio do consumo de combustíveis

Veículo	Combustível	Referência	Rendimento km/l
Carro	Gasolina Comum	Chevrolet Onix 1.0	14,95
Carro	Etanol Hidratado	Chevrolet Onix 1.0	10,8
Ônibus	Diesel	Ônibus urbano	2,3
Moto	Gasolina Comum	Honda CG	40

Fonte: Portais comerciais

Por fim, foram estimados os valores de quilômetros percorrido, anualmente, por um carro, moto e ônibus.

Para o cálculo das quilometragens dos ônibus, foram utilizadas as informações do 'Anuário Estatístico do Sistema de Transporte Público de Passageiros da R.M.R 2019', publicado pelo Consórcio Grande Recife e o Governo do Estado de Pernambuco, representadas na Tabela 4-24:

Para este cálculo foi utilizado o valor de quilometragem média mensal dos ônibus em Recife referente a 2019:

Tabela 4-24 - Quilometragem da frota de ônibus de Recife em 2019

Empresa	Total	Quilometragem Total Percorrida											
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
TOTAL GERAL	189.406.514,5	15.823.263,2	14.780.490,8	15.064.689,8	15.775.159,0	16.488.063,5	14.986.971,1	15.658.072,3	16.486.623,8	15.723.306,0	16.468.461,8	15.715.320,3	15.806.092,9
Convencional	174.143.813,7	14.516.304,0	13.536.366,4	14.394.635,7	14.483.576,3	15.152.218,6	13.766.110,4	14.365.760,1	15.172.486,3	14.479.319,5	15.167.963,6	14.465.402,2	14.581.670,6
Opcional	3.744.927,3	333.518,0	320.863,0	319.554,9	337.946,9	333.946,4	271.766,6	288.256,5	314.372,3	290.711,6	322.021,5	310.512,6	301.457,0
Micro	602.389,4	51.210,4	45.417,3	48.354,0	46.100,2	51.012,2	48.708,9	52.281,7	52.158,2	49.814,1	53.068,0	51.184,7	51.049,7
BRT	10.915.384,1	922.230,8	877.844,1	902.145,2	905.535,6	950.886,3	868.385,2	921.774,0	947.607,0	903.460,8	955.378,7	888.220,8	871.915,6

Fonte: Anuário Estatístico do Sistema de Transporte Público de Passageiros da R.M.R (2019) – Consórcio Grande Recife

Conciliando a produção quilométrica percorrida pelo conjunto da frota, pode-se obter um valor médio de quilometragem por ônibus:

Tabela 4-25 - Cálculos de quilometragem média por ônibus em Recife

Quilometragem anual da frota de ônibus (2019)	189.406.514	km/ano
Tamanho da frota de ônibus (2019)	2.668	Ônibus
Quilometragem/ônibus.ano	70.992	km/ônibus.ano
Quilometragem/ônibus.mês	5.915	km/ônibus.mês

Fonte: Anuário Estatístico do Sistema de Transporte Público de Passageiros da R.M.R (2019) – Consórcio Grande Recife e Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Para a quilometragem de carros foram utilizados dados de uma pesquisa elaborada pela Kelley Blue Book (KBB Brasil), plataforma especializada em precificação de automóveis, e divulgada na Gazeta do Povo em 11/04/2019, intitulada 'Pesquisa revela a média anual de km rodado de carro pelo brasileiro', indicando a quilometragem média anual de carros por estado:

Tabela 4-26 - Quilometragem anual média de carros por estado

ESTADO	KM
Espírito Santo	11.700
Rio de Janeiro	11.600
Pernambuco	11.100

Fonte: KBB Brasil, divulgado pela Gazeta do Povo (2019)

Consolidando as quilometragens anuais médias, tem-se:

Tabela 4-27 - Cálculo de quilometragens médias anuais por tipo de veículo

Veículo	Unidade	Quilometragem anual média
Carro	Km/ano	11.100
Ônibus	Km/ano	70.992
Moto	Km/ano	12.000 ³

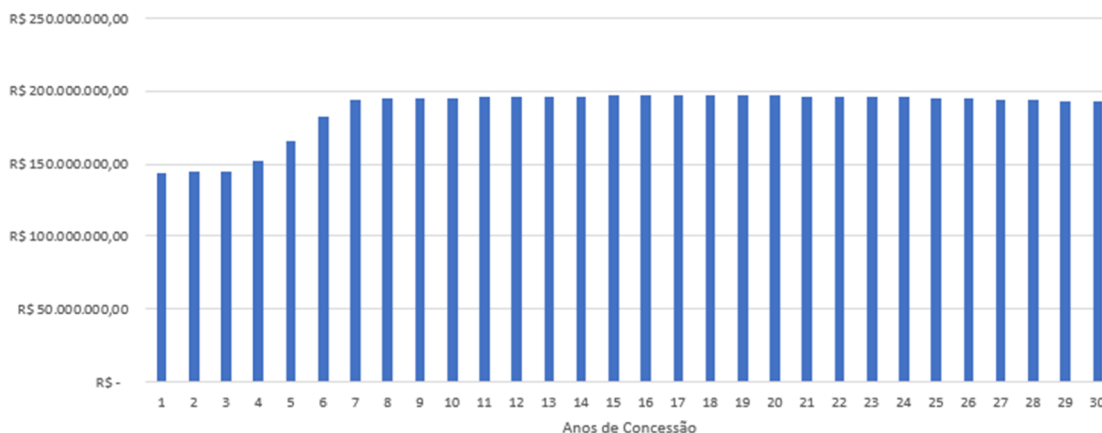
Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

4.1.5.3. Cálculo do Benefício

Os custos evitados pela redução de veículos decorrente do uso do metrô pelos passageiros, e consequente economia de combustível ao longo do período de concessão, são apresentados abaixo:

³ Portal comercial 'Luna' - <https://luna.ac/blog/qual-quilometragem-e-considerada-alta>

Gráfico 4-18 - Custos evitados com combustível



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Nos primeiros anos da concessão se verifica um ganho de aproximadamente R\$ 144 milhões. Este valor cresce até o ano 7 e permanece constante nos anos seguintes.

Para uma visão mais detalhada dos valores economizados com combustível no início, meio e final da concessão, considere o quadro abaixo⁴:

Figura 4-5 - Sumarização dos ganhos sociais pela redução de combustíveis

Benefício	Ano da concessão	Benefício absorvido
 Redução no consumo de combustível	1º	R\$ 144.217.909
	16º	R\$ 196.711.173
	30º	R\$ 192.767.856

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

4.2. BENEFÍCIOS QUALITATIVOS

4.2.1. Redução de poluição sonora

Segundo o ‘Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects’ publicado pela Comissão Europeia (2014), a poluição sonora pode ser definida como o “som externo indesejado ou nocivo criado por atividades humanas, incluindo ruído emitido por meios de transporte, tráfego rodoviário, tráfego ferroviário, tráfego aéreo e de locais de atividade industrial”.

Este desconforto pode ser dado em função dos:

⁴ Um ponto que surge é se o custo de energia para operação do metrô, além do custo do diesel do VLT, é abatido do benefício aqui calculado. A princípio, não são abatidos os custos de energia para operação do metrô e diesel. Entretanto, essa conta está "embutida" no resultado de VSPL (Benefícios - Custos, em que o custo de energia/diesel para o metrô compõe o OPEX).

- incômodos que resultam em quaisquer restrições a realizar as atividades desejadas;
- efeitos negativos na saúde humana, por ex. risco de doenças cardiovasculares (coração e circulação sanguínea), que podem ser causadas por níveis de ruído acima de 50 dB (A).

Como as emissões de ruído têm impacto local, a magnitude do efeito está relacionada à distância do local da infraestrutura. Assim, quanto mais próximo do local do projeto, maior o desconforto da emissão de ruído.

O ganho social com a redução da poluição sonora é gerado pela redução de veículos circulando em certas regiões e o barulho causado pelo sistema de mobilidade urbana, uma vez que os efeitos da perturbação sonora podem impactar os aspectos de saúde diversos, tais como os danos cardiovasculares, distúrbios em momentos de lazer ou atividades comerciais. Esses podem inclusive causar desvalorização imobiliária, dependendo do grau de perturbação sonora, conforme indicado no documento 'Update of the Handbook on External Costs of Transport' da Transport and Environmental Policy Research (2014).

Entretanto, a medição do barulho causado é um grande desafio, uma vez que a intensidade do barulho varia conforme a distância das pessoas da fonte causadora e a própria percepção de desconforto de cada usuário. Além disso, os impactos negativos do barulho variam conforme o horário do dia e região. Por exemplo, em regiões residenciais o custo do barulho tende a ser maior em horários de lazer/descanso, enquanto em regiões comerciais o custo do barulho tende a ser maior nos horários comerciais.

Desse modo, recomenda-se que a quantificação desse benefício seja feita apenas em situações particulares. No caso do presente estudo, o benefício da redução causada pela diminuição de veículos circulantes (calculada na seção 4.1.2) estará muito disperso ao longo de uma área grande e, ainda que real, não deverá impactar o valor econômico total de forma relevante. Trata-se de um benefício adicional para a população, em especial as pessoas residentes em áreas próximas a rodovias e aos profissionais que exercem atividades comerciais nas ruas e avenidas do município de Recife.

4.2.2. Universalização da acessibilidade às instalações e equipamentos do sistema de transportes

Entende-se que parte dos investimentos e gastos com manutenção das instalações e infraestrutura dos sistemas ferroviários geram um maior nível de acessibilidade, traduzido pelo 'Guia Operacional de Acessibilidade para Projetos de Desenvolvimento Urbano com Critérios de Desenho Universal', documento do BID (2004), como "o deslocamento de pessoas com severas dificuldades de mobilidade (caso dos usuários de cadeiras de rodas ou muletas), mas também facilita o deslocamento de pessoas com a mobilidade reduzida, como idosos, gestantes, famílias com crianças pequenas e em carrinhos, ou pessoas transportando malas e volumes".

As dificuldades de acesso ao sistema de mobilidade urbana se configuram por barreiras arquitetônicas e urbanísticas, causadas por precariedade estrutural, design não pensado na minoria idosa, gestante ou pessoas com deficiência. Irregularidades quanto ao cumprimento de legislações de zelo a este público se manifestam em condições de acesso ao metrô por ausência de elevadores, rampas ou facilitadores de locomoção, pensando em pontes de acesso ao sistema, e até em aspectos de uso dos equipamentos presentes em metrôs, como telefones de acesso em altura de difícil acesso a cadeirantes.

É indicado ainda, no documento acima citado, que atualmente existem evidências suficientes de que a inclusão social das pessoas com deficiência não é somente um tema de justiça social e um direito, mas também de custo-benefício socioeconômico. A inclusão no mercado de trabalho é a forma mais efetiva de reduzir a pobreza de crianças, jovens e adultos com deficiência, suas famílias e suas comunidades, o que evidencia que a falta de acesso ou dificuldades no uso de meios de transporte

onera aspectos de integração de minorias ao mercado de trabalho, educação e capacitação e mesmo para atividades culturais.

Assim a melhoria na universalização da acessibilidade é vista claramente como um benefício percebido pela sociedade e espera-se que uma concessão nesse momento revitalize a infraestrutura nesse aspecto, a partir dos investimentos em reformas e modernizações da infraestrutura de estações e plataformas, contribuindo para a qualidade de vida das pessoas que se beneficiarão com a facilitação do uso do metrô.

4.2.3. Maximização do grau de inserção urbana do sistema de transporte

Para definir o conceito de inserção urbana pode-se utilizar a referência ‘Inserção urbana de habitação de interesse social: um olhar sobre mobilidade cotidiana e uso do solo’ do IPEA (2016), em que uma localidade apresenta um certo grau de inserção urbana baseado em alguns indicadores apresentados:

Tabela 4-28 - Indicadores de inserção urbana

Tema	Indicadores
1. Transporte	1. Opções de transporte: quantidade de itinerários diferentes de transporte público acessíveis.
	2. Frequência de transporte: frequência e período de operação das linhas de transporte público identificadas.
2. Oferta de equipamentos, comércio e serviços	3. Usos cotidianos: existência de creches públicas, escolas públicas de ensino infantil, áreas livres para lazer e recreação, mercados de alimentos frescos.
	4. Usos eventuais: existência de escola pública de ensino fundamental, ensino médio e/ou técnico, unidade de saúde com pronto atendimento, farmácias, área para práticas esportivas, supermercado, lotérica ou caixa eletrônico.
	5. Usos esporádicos: existência de hospital público, centro público administrativo, instituição de ensino superior, bancos.
3. Desenho e integração urbana	6. Relação com o entorno: porcentagem do perímetro do empreendimento ou dos empreendimentos contíguos, que é adjacente a um entorno efetivamente urbano.
	7. Tamanho das quadras: média do perímetro das quadras do empreendimento ou do conjunto de empreendimentos contíguos e de todas as quadras imediatamente adjacentes.
	8. Abertura para espaços públicos: número de acessos de pedestres para cada 100 m de divisas entre as áreas privadas do empreendimento ou empreendimentos contíguos e as vias públicas de circulação de pedestres.
	9. Rede de circulação para pedestres: análise da rede de circulação de pedestres dos empreendimentos avaliados e dos caminhos até os pontos de ônibus e/ou estações de acesso ao sistema de transporte.

Fonte: ‘Inserção urbana de habitação de interesse social: um olhar sobre mobilidade cotidiana e uso do solo’ IPEA (2016)

Pelo indicado nestas dimensões de análise, a inserção urbana se refere tanto à disponibilidade de modos de transporte, em sua diversidade e frequência, quanto a aspectos de desenvolvimento comercial e a ofertas de serviços nos entornos de cada bairro e comunidade. Em relação ao transporte, em especial se tratando do projeto de concessão, entende-se que as otimizações operacionais do metrô em Recife possibilitarão uma locomoção mais eficiente de passageiros (refletido pelas estimativas de diminuição de tempo calculadas anteriormente), aumentando a vazão de passageiros que habitam em áreas periféricas de Recife e facilitando seu acesso a áreas comerciais e culturais, contribuindo com o grau de inserção urbana. De todo modo é considerado um benefício de difícil quantificação.

4.2.4. Aumento da população atendida pelo sistema de transporte

Em relação ao aumento puramente da população atendida pelo metrô em Recife, entende-se que não configura necessariamente geração de valor e benefício percebido pela sociedade. Isso pois, em um cenário hipotético em que a impossibilidade do uso de rodovias e ruas poderia motivar transeuntes a utilizarem o metrô forçosamente, poderia gerar um fluxo que impacta no tempo em traslado dos passageiros e um fluxo exacerbado, impactando negativamente os usuários regulares do metrô.

Entretanto, tomando a perspectiva que o sistema metroviário possibilita o transporte de um público crescente, mantendo um nível de operação eficiente, contribuindo com ganhos de tempo na jornada de deslocamento, com conforto e segurança a seus usuários, pode-se entender que o aumento da população usuária do metrô em Recife corresponde a um efeito positivo sobre os serviços oferecidos pelo operador do transporte público.

O aumento da população atendida pelo metrô até o limite operacional da sua capacidade de atendimento contribuiria para a diminuição do tempo de deslocamento de seus usuários, mas à medida que essa capacidade é excedida por uma demanda de passageiros haverá impacto nos tempos de headway e deslocamento, fazendo com que não mais haja o mesmo grau de economia de tempo por seus usuários. E assim, neste tipo de situação em que existe sobrecarga da demanda, se prevê que o aumento da população atendida pelo metrô gera benefício até um limiar de atendimento e, então, a absorção de demanda por parte do metrô não gera um benefício irrestrito com o aumento da população atendida.

4.2.5. Migração do transporte individual motorizado para o sistema de transporte público coletivo

Analogamente ao indicador de 'aumento da população atendida pelo sistema de transporte' tratado anteriormente, apenas o movimento migratório por si só não representa um benefício percebido pela sociedade.

As causas e efeitos do comportamento migratório precisariam ser avaliados de forma a explicitar que a migração modal ainda constitui saldo em ganhos de tempo e eficiência para o público. Essa migração acaba sendo, pelo menos em parte, quantificada no indicador de ganho de tempo para o sistema de transportes como um todo. Além disso, a redução de carros e motos circulantes pela preferência no uso do metrô gera os impactos positivos como a diminuição de poluentes emitidos, custos evitados com combustíveis veiculares e poluição sonora.

4.2.6. Redução dos congestionamentos

Os congestionamentos, como indicado por Eduardo Vasconcellos no artigo 'O transporte urbano no Brasil' na Diplomatique em 2012, representam diversos efeitos negativos como o aumento na poluição ambiental, gasto energético por passageiro, diminuição da velocidade média de transportes (aumento do tempo de deslocamento) e repasse de custos extras aos usuários de transportes públicos.

Entretanto, entende-se que o fenômeno dos congestionamentos em si, apesar de contribuir e propiciar a ação de agressores ambientais, aumentar o tempo de deslocamento da população e mesmo onerar indiretamente em custos de outros transportes, não se configura como o próprio malefício a sociedade pois retém uma identidade de causador, e não dos efeitos que gera.

4.2.7. Redução dos gastos com operação e manutenção do sistema viário

Em um modelo de gestão mais eficiente, uma otimização de gastos operacionais e com manutenções do metrô contribui para uma queda de gastos públicos, que seria repassada à sociedade, fazendo com que o quociente de benefícios sobre custos (índice B/C) aumente, o que representa ganhos pela sociedade. Entretanto, a quantificação desse benefício é complexa e pode levar a questionamentos, caso se dependa desse fator para o projeto ter indicadores positivos em termos de benefícios sociais.

Outro aspecto que pode ser destacado desse benefício para a sociedade, de forma indireta, é a diminuição de custos com manutenção do sistema viário, pela redução do volume de veículos tráfegando por ruas e avenidas da região. Isso tende a aumentar o tempo de vida útil do sistema viários

e diminuir custos de manutenção e operacionais (por exemplo, a operação de faixas reversíveis em horários de pico).

5. CÁLCULO DE OPEX E CAPEX

5.1. OPEX

5.1.1. Metodologia e organização geral

Os dados de OPEX, bem como a demanda, receita e CAPEX, foram obtidos e debatidos nos Relatórios Técnicos 5 e 6, dessa forma pretende-se não se estender sobre tais assuntos no presente documento, destacando-se os pontos mais importantes sobre custos de operação e investimentos necessário.

Para a estruturação dos dados de entrada que formam os custos e despesas operacionais (OPEX), foi realizada uma construção *bottom-up*, considerando cada uma das principais categorias do OPEX, e seus valores unitários e econômicos. Esses valores, por categoria, foram analisados em seu conjunto e extrapolados temporalmente em função dos fatores técnicos e operacionais que os impactam ao longo do tempo. Adicionalmente, foi analisado o conjunto das categorias, permitindo entender e estimar potenciais ganhos de eficiência em sua totalidade.

Foram utilizadas diferentes fontes de dados para realizar esses cálculos, incluindo: os dados de quantitativos e econômicos disponibilizados diretamente pela CBTU/STU Recife, o Estudo Técnico-Operacional (Relatório RT06), pesquisa em relatórios e bases de dados específicas, como junto ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), além da experiência prévia e conhecimento dos técnicos do Consórcio.

Especificamente do RT06, foram utilizados dados operacionais, tais como quantidade de estações, extensão quilométrica, quantidade de frota operacional, de prontidão e reserva, produção quilométrica total, postos de operadores de trem, quantitativo de funcionários, consumo de energia de tração KWh/(trem x km) e consumo de energia de estações. Adicionalmente, são fatores relevantes a demanda total e anual por ano por estação (dados oriundos do RT05 – Estudo de Demanda) e os investimentos totais necessários, o CAPEX (calculado no RT06), fatores esses que impactam diretamente na construção do OPEX como será exposto na sequência.

No contexto desse relatório, foi considerado o cenário que inclui as Linhas Centro, Sul e Diesel atuais com requalificação a partir dos novos investimentos realizados. Nesse sentido o OPEX foi estimado com a operação dessas 3 Linhas.

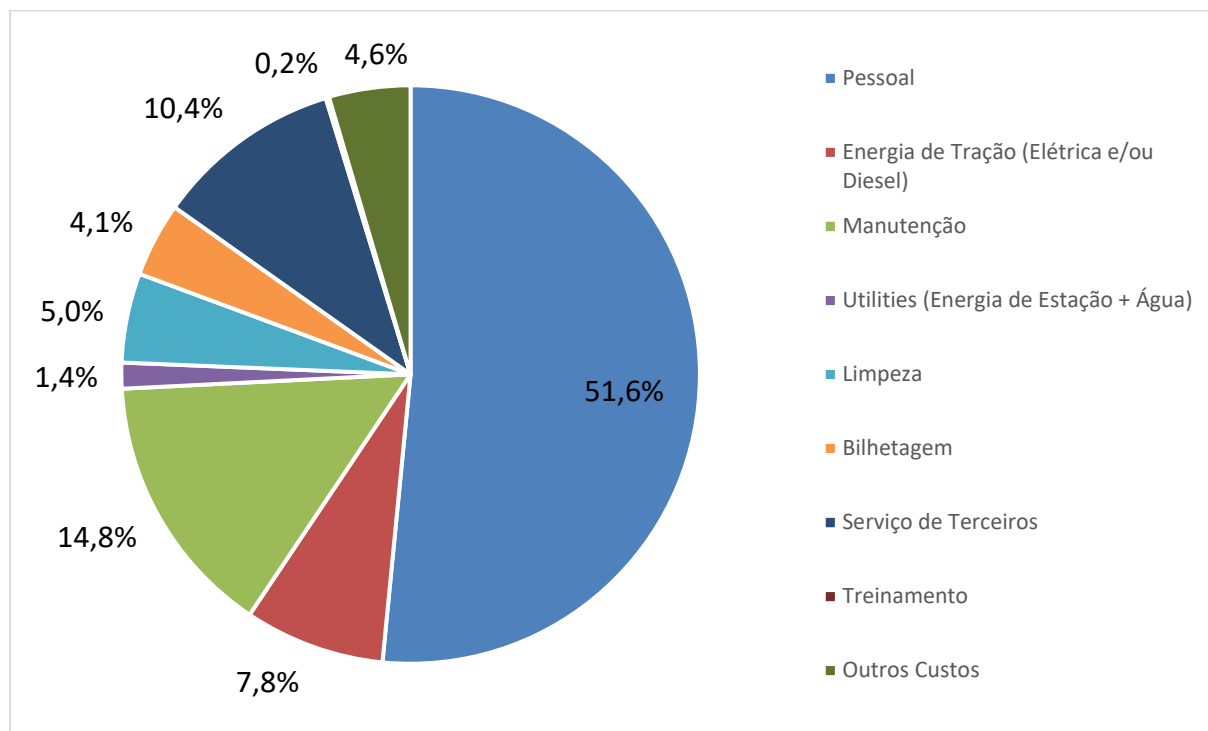
Foi considerado como modelo de negócio a operação privada considerando uma companhia concessionária nova e dedicada a operar o sistema, realizando o plano de investimentos previsto e associado ao CAPEX que será apresentado a seguir, e a operação das Linhas Centro, Sul e Diesel. Também foi considerada a utilização de pessoal próprio para execução da grande maioria das atividades da empresa, em especial todas aquelas consideradas essenciais para o negócio. Alguns contratos de fornecedores de serviços complementam as necessidades da operação privada.

A construção do OPEX foi organizada nas seguintes categorias:

- Pessoal;
- Energia de Tração (Elétrica e/ou Diesel);
- Manutenção;
- Utilities (Energia de Estação + Água);
- Limpeza;
- Bilhetagem;
- Serviço de Terceiros;
- Capacitação;
- Outros Custos (Serviço de Meio Ambiente, Aluguel de Veículos, Seguros e Garantias, Comunicação e Publicidade, Serviço de Saúde no Trabalho e Verificador Independente).

Antecipando os números macro por categoria, que depois serão detalhados, o Gráfico 5-1 apresenta as categorias com as suas representatividades estimadas para o ano 4 (pós execução de CAPEX inicial) de concessão:

Gráfico 5-1 - Representatividade das categorias do OPEX (ano 4)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

A seguir serão apresentadas as categorias com o racional generalista de cálculo para a maioria delas, iniciando pela categoria mais relevante de Pessoal.

5.1.1.1. Pessoal

A categoria de pessoal foi dividida em quatro subcategorias, as quais foram analisadas para cada uma das linhas, Centro, Sul e Diesel, no seguinte formato:

- Diretoria: responsável pelo gerenciamento geral das linhas;
- Implantação: com uma Gerência responsável pela implantação dos investimentos na requalificação das linhas;
- Operação: responsável por toda a parte operacional, sendo dividida em Gerência, Controle de Tráfego e Energia, Operação nas Estações e Operação nos Trens; e
- Manutenção: responsável pelo restabelecimento, acompanhamento, controle e planejamento dos ativos presentes na empresa, sendo dividida em Gerência, Planejamento/Engenharia de Manutenção, Sistemas Elétricos e Eletromecânicos, Material Rodante, Via Permanente e Edificações e Obras.

Os pátios foram entendidos como unidade operacional à parte e divididos nas áreas:

- Gerência: responsável pelo gerenciamento das atividades dos pátios;
- Operação no pátio: responsável pela manobra dos trens e estacionamento deles nos pátios, e pela segurança; e
- Operação no CCO (Centro de Controle Operacional): responsável por todo o controle operacional das três linhas.

O Administrativo foi dividido em duas grandes áreas:

- **Presidência Geral:** responsável pelos departamentos mais abrangentes, como Presidência, Departamento Jurídico, Engenharia do Trabalho, Ouvidoria e Departamento Comercial (Receitas Acessórias); e
- **Gerências de Apoio Administrativo/Financeiro:** responsável pelos departamentos mais específicos, como Diretoria, Auditoria, QSSTMA (Qualidade, Saúde, Segurança, Trabalho e Meio Ambiente), Departamento de TI, Departamento Administrativo/Financeiro, Departamento de Recursos Humanos (RH) e Departamento de Suprimentos e Estoques.

A partir dessa divisão das áreas, foram estabelecidas as diferentes funções necessárias em cada uma delas. Os racionais de algumas funções são exemplificados na subseção 5.1.1.1.1 para o cálculo dos quantitativos de pessoal.

Vale ressaltar que, para as estimativas de pessoal, foram considerados os quantitativos para a Linha Centro 24,5 km e para a Linha Sul 12,9 km de extensão, sendo descontado o trecho comum com a Linha Centro entre as Estações Recife e Joana Bezerra. Já para a Linha Diesel, foi considerada uma extensão de 33,7 km.

Os quantitativos referenciais apresentados neste produto são fundamentados em operações metroferroviária similares, como o recente estudo de concessão da CBTU/STU Belo Horizonte, cujo leilão foi realizado em dezembro de 2022.

Em relação ao OPEX de pessoal, considera-se os efeitos da Lei Nº 14.973⁵, de 16 de setembro de 2024, que estabelece regime de transição para a contribuição previdenciária com as alíquotas a seguir:

- ✓ Ano 2026: 50% da alíquota de 20%, ou seja, 10% sobre a folha;
- ✓ Ano 2027: 75% da alíquota de 20%, ou seja, 15% sobre a folha; e
- ✓ Ano 2028: 100% da alíquota de 20%, ou seja, 20% sobre a folha.

A CBTU/STU Recife possui um total de 1.540 funcionários (data base de junho de 2023) e com o quadro de funcionários sugerido para a concessão, atingiu-se um total de 1.170 (ano 2), destes, 15 posições foram alocadas para o período de implantação da concessão (3 anos).

Nos subitens a seguir são apresentados a alocação funcional para o ano 2 da concessão, exemplos de alocação para o ano 4 da concessão e, por fim, as considerações de pessoal.

5.1.1.1.1. Alocação funcional (a partir do ano 2 da concessão)

A Tabela 5-1 apresenta os quantitativos de funcionários por agrupamento e na Tabela 5-2 à Tabela 5-6 são apresentados os quantitativos dos agrupamentos em maiores detalhes.

Tabela 5-1 - Alocação funcional (ano 2)

Grupo	Funções Sugeridas	Funções Atuais STU Recife
Implantação	15	23
Operação	597	695
Manutenção	337	560
Pátio	110	101
Administrativo	111	161
Total	1.170	1.540

Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

⁵ https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14973.htm

Tabela 5-2 - Alocação funcional: Implantação

Funções Sugeridas	Qtde	Funções Atuais CBTU/STU Recife	Qtde
GERÊNCIA DE IMPLANTAÇÃO	15	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - IMPLANTAÇÃO	23
Engenheiro Sênior	1	Analista Técnico - Engenheiro Civil	5
Engenheiro Pleno	4	Analista Técnico - Engenheiro Eletricista	3
Engenheiro Junior	2	Analista Técnico - Engenheiro Eletrônico	1
Assistente Técnico Pleno	8	Analista Técnico - Operação e Gestão da Qualidade - Sistema Único	1
		Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	7
		Técnico de Gestão - Administração	1
		Técnico Industrial - Edificações e Estradas	2
		Técnico Industrial - Eletrônica	2
		Técnico Industrial - Mecânica	1

Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Tabela 5-3 Alocação funcional: Operação

Funções Sugeridas	Qtde	Funções Atuais CBTU/STU Recife	Qtde
OPERAÇÃO	597	OPERAÇÃO	695
GERÊNCIA DE OPERAÇÃO	3	GERENCIA REGIONAL I - OPERAÇÃO	5
Diretor de Produção	1	Assistente de Administração - Sistema Único	1
Gerente de Operação	2	Assistente Operacional - Operação de Estação	2
		Técnico de Gestão - Administração	1
		Técnico Industrial - Eletrotécnica	1
OPERACIONAL TRÁFEGO E OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES	495	OPERACIONAL TRÁFEGO E OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES	463
CONTROLE DE TRÁFEGO E ENERGIA	14	Gerencia Operacional - Transporte / Apoio Operacional	8
Engenheiro Sênior	2	Analista de Gestão - Administrador	1
Chefe Gestão de informação	2	Analista de Gestão - Advogado	1
Chefe de linha	10	Analista Técnico - Engenheiro de Transportes	1
		Analista Técnico - Operação e Gestão da Qualidade - Sistema Único	1
		Assistente de Administração - Sistema Único	1
		Assistente Operacional - Operação de Estação	3
OPERAÇÃO NAS ESTAÇÕES	481	Coordenação Operacional - Seg. Patrimonial / Seg. Empresarial / Seg. Operacional / Planej. e Trein. / Estações / Técnica / Apoio Operacional	455
Engenheiro Pleno (Coordenador)	3	Agente de Estação	2
Supervisor de Estação	49	Analista de Gestão - Pedagogo	1
Agente de Operação	167	Analista Técnico - Arquiteto Urbanista	5
Agente de Segurança de Estação	219	Analista Técnico - Engenheiro Civil	2
Agente de Segurança Volante	43	Analista Técnico - Engenheiro de Transportes	3
		Assistente de Administração - Sistema Único	5
		Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	3
		Assistente Operacional - Condução	1
		Assistente Operacional - Operação de Estação	311
		Assistente Operacional - Segurança Metroferroviária	101
		Auxiliar de Gestão	2
		Cargo Comissionado	1
		Técnico de Gestão - Administração	14
		Técnico Industrial - Edificações e Estradas	3
		Técnico Industrial - Eletrotécnica	1
OPERAÇÃO NOS TRENS	99	OPERAÇÃO - LINHA	227
Supervisor de Operadores de Trem	14	Assistente Operacional - Condução	204
Total Operadores de trem - jornada 6 horas (escala 5x1 x5x1)	80	Assistente Operacional - Manobra	21
Total Operadores de trem - jornada 6 horas (escala 5x2)	5	Técnico de Gestão - Administração	2

Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRA-CESCON-RHEIN, 2025

Tabela 5-4 Alocação funcional: Manutenção

Funções Sugeridas	Qtde	Funções Atuais CBTU/STU Recife	Qtde
MANUTENÇÃO	337	MANUTENÇÃO	560
GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO	3	GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO	4
Gerente de Manutenção	3	Assistente de Administração - Sistema Único	1
		Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	1
		Técnico de Gestão - Administração	1
		Técnico Industrial - Mecânica	1
PLANEJAMENTO / ENGENHARIA MANUTENÇÃO	8	PLANEJAMENTO / ENGENHARIA MANUTENÇÃO	19
Eng Sênior. (civil/obra/via permanente)	3	Analista Técnico - Engenheiro Civil	1
Técnico Sênior	5	Analista Técnico - Engenheiro de Produção	1
		Analista Técnico - Engenheiro de Telecomunicações	1
		Analista Técnico - Engenheiro Eletricista	1
		Analista Técnico - Engenheiro Eletrônico	1
		Analista Técnico - Engenheiro Mecânico	3
		Analista Técnico - Operação e Gestão da Qualidade - Sistema Único	2
		Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	8
		Técnico Industrial - Eletrotécnica	1
SISTEMAS ELÉTRICOS E ELETROMECAÑICOS	138	SISTEMAS ELÉTRICOS E ELETROMECAÑICOS	149
Engenheiro Sênior	3	Analista Técnico - Engenheiro de Telecomunicações	2
Engenheiro Pleno	6	Analista Técnico - Engenheiro Eletricista	4
Supervisor Eléctricos e Eletromecânicos	10	Analista Técnico - Engenheiro Eletrônico	1
Técnico Sênior	11	Assistente de Manutenção - Operação de Máquinas e Equipamentos	5
Técnico Eletrônico	14	Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	85
Oficial Polivalente	42	Assistente Operacional - Condução	3
Supervisor de Sinalização/Telecom	10	Técnico de Gestão - Administração	1
Oficial de Sinalização/Telecom	42	Técnico Industrial - Eletrônica	18
		Técnico Industrial - Eletrotécnica	10
		Técnico Industrial - Mecânica	6
		Técnico Industrial - Refrigeração	1
		Técnico Industrial - Telecomunicações	13
M. RODANTE / VEÍC. RODOFERROVIÁRIOS / EQUIP. PÁTIO	116	M. RODANTE / VEÍC. RODOFERROVIÁRIOS / EQUIP. PÁTIO	198
Engenheiro Sênior (Coordenador)	3	Analista Técnico - Engenheiro Eletricista	3
Engenheiro Pleno Material Rodante	7	Analista Técnico - Engenheiro Eletrônico	1
Técnico de Reestabelecimento	14	Analista Técnico - Engenheiro Mecânico	1
Supervisor de Manutenção Diurno	6	Assistente de Administração - Sistema Único	1
Supervisor de Manutenção Noturno	4	Assistente de Manutenção - Operação de Máquinas e Equipamentos	1
Técnico de Manutenção Diurno	7	Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	132
Técnico de Manutenção Noturno	4	Técnico de Gestão - Administração	2
Oficial Polivalente Diurno	42	Técnico Industrial - Eletrônica	22

Funções Sugeridas	Qtde	Funções Atuais CBTU/STU Recife	Qtde
MANUTENÇÃO	337	MANUTENÇÃO	560
Oficial Polivalente Noturno	29	Técnico Industrial - Eletrotécnica	19
		Técnico Industrial - Mecânica	14
		Técnico Industrial - Refrigeração	1
		Técnico Industrial - Telecomunicações	1
VIA PERMANENTE	44	VIA PERMANENTE	136
Engenheiro Sênior (Coordenador)	3	Analista Técnico - Engenheiro Civil	1
Supervisor Manutenção	5	Assistente de Administração - Sistema Único	1
Técnico de Manutenção Noturno	6	Assistente de Manutenção - Operação de Máquinas e Equipamentos	13
Topógrafo	2	Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	100
Oficial Polivalente Noturno	28	Assistente Operacional - Condução	2
		Auxiliar de Gestão	1
		Técnico Industrial - Edificações e Estradas	9
		Técnico Industrial - Eletrotécnica	1
		Técnico Industrial - Mecânica	6
		Técnico Industrial - Telecomunicações	2
EDIFICAÇÕES E OBRAS CIVIS E ESTAÇÃO	28	EDIFICAÇÕES E OBRAS CIVIS E ESTAÇÃO	54
Engenheiro Sênior (Coordenador)	2	Analista Técnico - Engenheiro Ambiental	1
Engenheiro Pleno	2	Analista Técnico - Engenheiro Civil	3
Técnico Edificações Sênior	2	Analista Técnico - Engenheiro Eletricista	1
Técnico Obra Civil Estações	2	Analista Técnico - Engenheiro Mecânico	2
Técnico Edificações Pleno	2	Assistente de Manutenção - Operação de Máquinas e Equipamentos	1
Bombeiros Hidráulico/Pedreiro	2	Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	34
Ajudante	6	Cargo Comissionado	1
Mestre de Obras e Limpeza	10	Técnico Industrial - Desenhista Projetista	1
		Técnico Industrial - Edificações e Estradas	9
		Técnico Industrial - Eletrotécnica	1

Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Tabela 5-5 Alocação funcional: Pátios

Funções Sugeridas	Qtde	Funções Atuais CBTU/STU Recife	Qtde
PÁTIOS	110	PÁTIOS	101
COORDENAÇÃO PÁTIOS	71	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - OFICINAS	60
GERÊNCIA DE OPERAÇÃO	10	Analista Técnico - Engenheiro Mecânico	1
Gerente Depósito	5	Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	52
Assistente	5	Assistente Operacional - Controle de Movimento	1
OPERAÇÃO NO PÁTIO	61	Técnico Industrial - Eletrônica	1
Operador de Trem	27	Técnico Industrial - Eletrotécnica	2
Agente Segurança de Pátio	34	Técnico Industrial - Mecânica	2
		Técnico Industrial - Refrigeração	1
OPERAÇÃO NO CCO	39	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - CENTRO DE CONTROLE	41
Supervisor de CCO	5	Assistente Operacional - Controle de Movimento	40
Operador de CCO	34	Técnico de Gestão - Administração	1

Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRA-CESCON-RHEIN, 2025

Tabela 5-6 Alocação funcional: Administrativo

Funções Sugeridas	Qtde	Funções Atuais CBTU/STU Recife	Qtde
ADMINISTRATIVO	111	ADMINISTRATIVO	161
PRESIDÊNCIA GERAL	32	PRESIDÊNCIA GERAL	17
PRESIDÊNCIA	4	GERÊNCIA OPERACIONAL - MATERIAL	5
Diretor Presidente	1	Analista de Gestão - Secretariado Executivo	1
Secretária Executiva (POOL Diretoria)	1	Assistente Operacional - Operação de Estação	1
Secretária Auxiliar (POOL Diretoria)	2	Cargo Comissionado	1
		Técnico de Gestão - Administração	2
DEPARTAMENTO JURÍDICO	6	GERÊNCIA OPERACIONAL - JURÍDICO	5
Gestor de Contrato (Engenheiro/Advogado)	1	Analista de Gestão - Advogado	3
Advogado Sênior	1	Técnico de Gestão - Administração	2
Advogado Pleno	1		
Supervisor de Controladoria / Compliance	1		
Assistente de Controladoria / Compliance	2		
ENGENHARIA DO TRABALHO	4		
Engenheiro Sênior	1		
Engenheiro Junior	1		
Técnico	2		
OUVIDORIA	14	GERÊNCIA OPERACIONAL - COMUNICAÇÃO E MARKETING	3
Ouvidor (chefe departamento)	1	Analista de Gestão - Comunicador Social	1
Supervisor de Comunicação e Marketing	1	Analista de Gestão - Designer Gráfico	1
Assistente de Comunicação (redes sociais)	1	Assistente Operacional - Controle de Movimento	1
Analista de Comunicação (Publicitário)	1		
Agente SAC	10		
DEPARTAMENTO COMERCIAL (RECEITAS ACESSÓRIAS)	4	COORDENAÇÃO OPERACIONAL EXPLORAÇÃO COMERCIAL	4
Gerente Comercial	1	Analista de Gestão - Administrador	2

Funções Sugeridas	Qtde	Funções Atuais CBTU/STU Recife	Qtde
ADMINISTRATIVO	111	ADMINISTRATIVO	161
Analista Comercial	2	Auxiliar de Gestão	1
Assistente Comercial	1	Técnico de Gestão - Administração	1
GERÊNCIAS DE APOIO ADMINISTRATIVO/FINANCEIRO	79	GERÊNCIAS DE APOIO ADMINISTRATIVO/FINANCEIRO	144
DIRETORIA	1	SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL I - RECIFE	3
Diretor Administrativo/Financeiro	1	Técnico de Gestão - Administração	2
		Técnico Industrial - Eletrotécnica	1
AUDITORIA	2		
Auditor Interno Sênior	1		
Auditor Interno Pleno	1		
QSSTMA (Qualidade, Segurança e Ambiente)	9	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - SEGURANÇA DO TRABALHO	22
Gerente QSSTMA	1	Analista Técnico - Engenheiro de Segurança do Trabalho	5
Assistente Administrativo Pleno	1	Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	1
Engenheiro Segurança do Trabalho	1	Auxiliar de Gestão	2
Técnico Segurança Trabalho Pleno	6	Técnico de Gestão - Administração	4
		Técnico de Segurança do Trabalho - Sistema Único	10
RH/SAÚDE	10	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - ASS. REC. HUMANOS E DES. REC. HUMANOS	8
Médico do Trabalho	2	Analista de Gestão - Analista Organizacional	1
Enfermeiro	6	Analista de Gestão - Assistente Social	1
Psicólogo	1	Técnico de Enfermagem do Trabalho- Sistema Único	4
Assistente Social	1	Técnico de Gestão - Administração	2
DEPARTAMENTO TI	10	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - INFORMÁTICA E O&M	19
Gerente de TI/Telecom	1	Analista de Gestão - Tecnologia da Informação - Sistema Único	2
Analista de Sistemas	1	Técnico de Gestão - Administração	2
Assistente Técnico Pleno	8	Técnico de Gestão - Informática - Sistema Único	15
DEPARTAMENTOS ADMINISTRATIVO / FINANCEIRO	31	DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO / FINANCEIRO	55
GERÊNCIA	3	GABINETE REGIONAL I - RECIFE / GERENCIA REGIONAL I - ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS	11
Gerente Financeiro	1	Analista Técnico - Engenheiro Civil	1
Analista Financeiro Pleno	1	Assistente Operacional - Operação de Estação	1
Analista Financeiro Júnior	1	Técnico de Gestão - Administração	9
ARRECADAÇÃO	3	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - ARRECADAÇÃO	5
Gerente de Arrecadação	1	Assistente Operacional	1
Analista de Arrecadação	2	Assistente Operacional - Operação de Estação	1
		Técnico de Gestão - Administração	3
FINANCEIRO	4	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - PROG. FINANC. E TES./ FINANCEIRO / LICITAÇÃO E COMPRAS	21
Contador Sênior de Contas a Pagar	1	Analista de Gestão - Administrador	6
Analista Financeiro Pleno	1	Analista de Gestão - Economista	1
Analista Financeiro Júnior	2	Analista Técnico - Engenheiro de Transportes	1

Funções Sugeridas	Qtde	Funções Atuais CBTU/STU Recife	Qtde
ADMINISTRATIVO	111	ADMINISTRATIVO	161
		Auxiliar de Gestão	1
		Técnico de Gestão - Administração	12
CONTABILIDADE/FISCAL	5	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - CONTABILIDADE E CUSTOS / ORÇAMENTO	12
Contador Sênior	1	Analista de Gestão - Administrador	1
Analista Fiscal	2	Analista de Gestão - Contador	1
Analista Financeiro Júnior	2	Analista de Gestão - Economista	1
		Cargo Comissionado	1
		Técnico de Gestão - Administração	5
		Técnico de Gestão - Contabilidade - Sistema Único	2
		Técnico Industrial - Eletrotécnica	1
SERVIÇOS GERAIS	16	GERENCIA REGIONAL I - PLANEJAMENTO	6
Assistente Administrativo	1	Analista de Gestão - Psicólogo	1
Agente Copeiro	4	Assistente de Administração - Sistema Único	1
Agente Atendimento - Orientação (Recepcionista)	4	Técnico de Gestão - Administração	4
Agente Serviços Gerais (Motoristas)	3		
Agente Serviços Gerais (Presidência/Diretoria)	2		
Assistente Administrativo - Frota Operacional	2		
DEPARTAMENTOS DE RECURSOS HUMANOS	7	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - ADM. REC. HUMANOS / ASS. REC. HUMANOS / RECURSOS HUMANOS	9
Gerente de RH	1	Analista de Gestão - Analista Organizacional	1
Analista TD Sênior	2	Assistente de Administração - Sistema Único	2
Analista DP Pleno	2	Técnico de Gestão - Administração	6
Assistente Administrativo Pleno	1		
Assistente Administrativo Júnior	1		
DEPARTAMENTOS DE SUPRIMENTOS E ESTOQUES	9	DEPARTAMENTO DE SUPRIMENTOS E ESTOQUES	28
GERÊNCIA	1	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - ARMAZENAMENTO	8
Gerente de Suprimentos	1	Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	4
		Técnico de Gestão - Administração	4
GESTÃO E CONTROLE DE ESTOQUES	8	COORDENAÇÃO OPERACIONAL - ARMAZENAMENTO / GESTÃO DE ESTOQUE / DES. REC. HUMANOS	20
Engenheiro Pleno	1	Assistente de Administração - Sistema Único	2
Chefe Almoxarifado	1	Assistente de Manutenção - Sistemas e Equipamentos Metroferroviários	1
Almoxarife	6	Assistente Operacional	1
		Assistente Operacional - Segurança Metroferroviária	1
		Auxiliar de Gestão	4
		Técnico de Gestão - Administração	11

Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

5.1.1.1.2. Exemplos de alocação pessoal

No caso da subcategoria de Manutenção das linhas, para calcular os quantitativos ao longo do tempo, foram utilizados dados operacionais como o número de estações, a frota e a extensão da via. Um exemplo ilustrativo utilizando cada um desses dados é mostrado a seguir para o ano 4 da concessão.

Tabela 5-7 Cálculo do quantitativo do Técnico Eletrônico de Sistemas Elétricos e Eletromecânicos (Linha Centro)

Item	Valores
Número de Estações	19
Quantidade de Estações por Técnico	3
Turnos	1
Fator de cobertura - Escala 5x1 x 5x1	1,4137
Quantidade Total: Técnico Eletrônico	9

Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2024.

Nesse exemplo do Técnico Eletrônico, o racional para o cálculo de quantitativo é feito da seguinte forma: o número de estações é dividido pela quantidade de estações por técnico, obtendo os postos dos técnicos, que são multiplicados pelos turnos e pelo fator de cobertura, resultando assim no quantitativo de Técnicos Eletrônicos para o ano 4 de concessão.

Tabela 5-8 Cálculo do quantitativo do Técnico de Manutenção Diurna de Material Rodante (Linha Centro)

Item	Valores
Frota	20
Quantidade de Trens por Técnico	8,0
Turnos	2
Fator de cobertura - Escala 5x2	1,1780
Quantidade Total: Técnico de Manutenção Diurna	6

Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025.

Nesse exemplo do Técnico de Manutenção Diurna, o racional para o cálculo de quantitativo é feito da seguinte forma: a frota é dividida pela quantidade de trens por técnico, obtendo os postos dos técnicos, que são multiplicados pelos turnos e pelo fator de cobertura, resultando assim no quantitativo de Técnico de Manutenção Diurna para o ano 4 de concessão.

Tabela 5-9 Cálculo do quantitativo do Oficial Polivalente Noturno de Via Permanente (Linha Centro)

Item	Valores
Extensão	24,5
1 posto a cada quantos km de via	2,0
Turnos	1
Fator de cobertura - Escala 5x1 x 5x1	1,4137
Quantidade Total: Oficial Polivalente Noturno	18

Nota: Trecho comum estação Mercado / estação Joana Bezerra (Linha Centro e Linha Sul) contabilizado apenas uma vez.

Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025.

Nesse exemplo do Oficial Polivalente Noturno para atendimento a via permanente, o racional para o cálculo de quantitativo é o seguinte: a extensão da via é dividida pela quantidade de posto a cada km

de via, obtendo os postos dos oficiais, que são multiplicados pelos turnos e pelo fator de cobertura, resultando assim no quantitativo de Oficial Polivalente Noturno para o ano 4 de concessão.

Dentro de Operação, o racional para o cálculo do quantitativo de Operadores de Trem é diferente das demais funções, sendo feito com base na máxima ocupação de um trem, levando em consideração todos os dias da semana e feriados, os picos da manhã e da tarde, e o vale do dia e da noite. A partir dessa frequência, é possível quantificar o número de trens necessários e o número de postos de operadores de trem com jornadas de 6 horas para as escalas (5 x 1 x 5 x 1) e (5 x 2). A escala (5 x 1 x 5 x 1) representa a base utilizada para cobrir os postos ao longo de toda a semana, e a escala (5 x 2) é utilizada para funcionários que trabalham como reforço no horário de pico e apenas nos dias úteis⁶.

No caso da operação das estações das linhas Centro, Sul e Diesel, para calcular os quantitativos de pessoal, por exemplo, para as funções de supervisor de estação, agente de operação, agente de segurança de estação e agente de segurança volante foi feita uma parametrização da demanda (estações pequenas, médias e grandes) com o quantitativo de pessoal, variando no tempo de acordo com o número de estações em cada uma dessas divisões, utilizando turnos e o fator de cobertura.

5.1.1.1.3. Considerações sobre pessoal

Nos itens anteriores foram apresentados a alocação funcional do ano 2 da concessão e exemplos considerados para o ano 4.

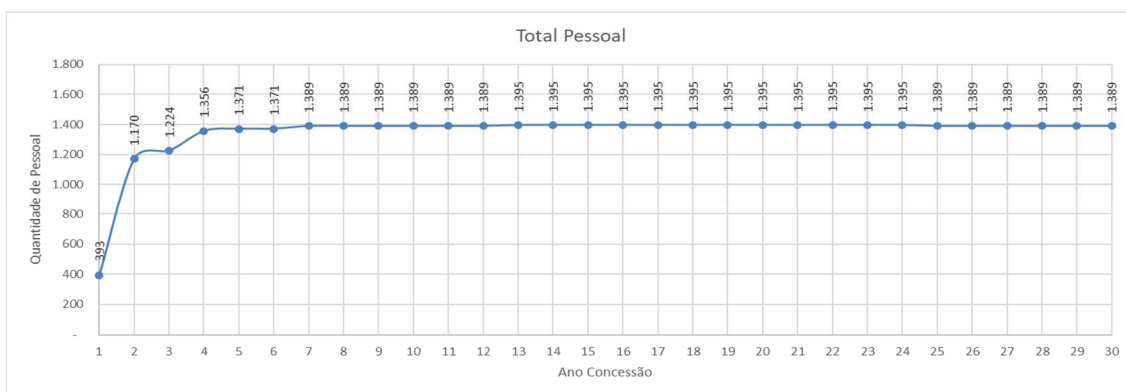
Nos anos 2 e 3, com as obras na Linha Diesel, embora não estejam operando, as estações dessa Linha necessitariam de equipe reduzida, como por exemplo, supervisor e agente de segurança.

Para os três primeiros anos são considerados gerentes de operação para as Linhas Centro e Sul⁷. Após a requalificação, com o aumento de frota e passageiros, é considerado um gerente de operação para a linha Diesel.

Após o ano 4, os serviços passam a ofertar intervalos menores, além da nova política tarifária, com alteração da demanda de passageiros nas estações em relação ao início da concessão, ou seja, conforme as equipes de estações são parametrizadas pela demanda ocorre uma variação de pessoal.

A figura a seguir ilustra a quantidade de pessoal ao longo dos 30 anos de concessão, onde se observa que, a partir do ano 7, após o *ramp up*, o quadro de pessoal é de aproximadamente 1.400 funcionários.

Gráfico 5-2 - Quantidade de Pessoal



Elaboração: Consórcio GPO-SYSTRACECON-RHEIN, 2025.

⁶ As jornadas de trabalho apresentadas propostas estão em consonância com o Acordo Coletivo de Trabalho 2022-2023 (link [2022_2023_acordocoletivo.pdf \(sindmetropole.org.br\)](https://sindmetropole.org.br/2022_2023_acordocoletivo.pdf)), cláusula 35ª - Jornada de Trabalho.

⁷ Atualmente a COESU é responsável pelas estações da Linha Diesel e a movimentação de trens é de responsabilidade da COMSU.

5.1.1.2. Energia de Tração

O consumo de Energia de Tração em kWh foi calculado multiplicando a produção quilométrica de cada uma das linhas elétricas pelo $KWh/(Trem \times km)$. Na Linha Diesel foi calculada a produção quilométrica pelo índice litros/km, obtendo o consumo em litros.

Para o cálculo da Energia de Tração Elétrica⁸, foram utilizados dados do Estudo Comparativo entre a Frota CAF e a Frota CISM com testes realizados nos domingos de 11/11/2018 e 25/11/2018⁹, fornecidos pela Superintendência de Trens Urbanos do Recife (CBTU/STU Recife).

Os testes realizados pela CBTU/STU Recife indicaram que os TUEs CISM consomem aproximadamente 10,8% a mais que a frota CAF.

Dado que os testes foram realizados aos domingos, foi considerado para estimativas dos índices de consumo contemplando os dias úteis:

- ✓ Percentual de 10,8% entre as tecnologias;
- ✓ Dados do RT01 Parte B:
 - Consumo de tração dos TUEs (2022): 39.548.026 KWh;
 - Produção quilométrica anual Linha Centro: 1.330.613 km; e
 - Produção quilométrica anual Linha Sul: 775.306 km.

Para a Linha Centro (frota CAF) o índice de consumo resultante foi de 18,06 KWh / (trem x km) já para a Linha Sul (frota CISM) o índice de consumo foi de 20,01 KWh / (trem x km).

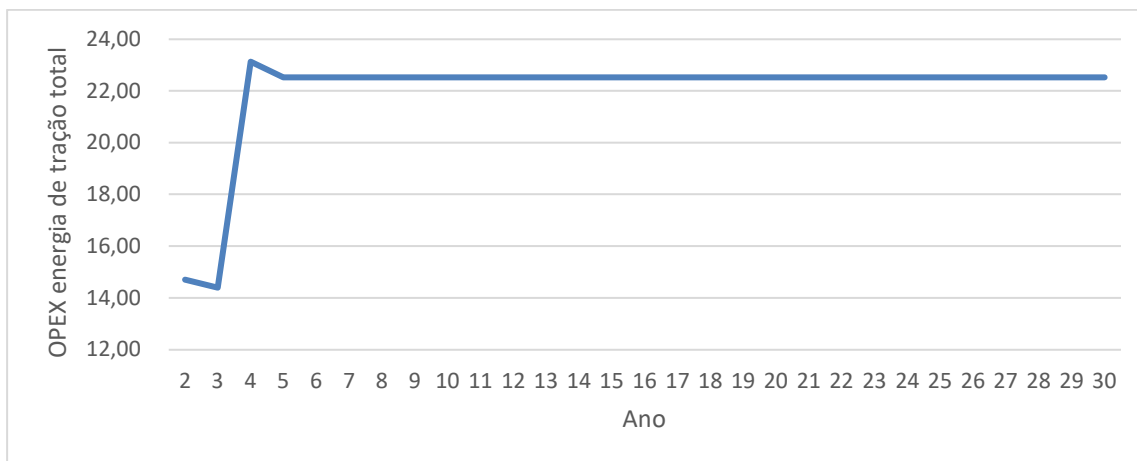
Para o cálculo do Consumo de Tração Diesel, foi utilizado o índice de consumo de 2,31 litros/km reportado pela empresa e registrado no RT01 Parte B.

Dessa forma, somando-se o OPEX da Energia de Tração Elétrica e o OPEX da Energia de Tração a Diesel, foi possível obter o OPEX da Energia de Tração. No Gráfico 5-3 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Energia de Tração:

⁸ O método de cálculo e projeção foi definido a partir de informações da CBTU, juntamente com informações de conhecimento do Consórcio: os trens da frota CAF possuem motores de tração em corrente alternada e sistemas de propulsão com melhor eficiência energética, entretanto, essa frota possui 75% de motorização (3 carros motores), enquanto a frota CISM possui 50% de motorização (2 carros motores). Caso os novos trens a serem adquiridos pela Concessionária tenham a mesma motorização da frota CAF, o consumo de energia deve seguir o mesmo valor por km.

⁹ No Data Request realizado em 2023/2024 a CBTU/STU Recife registrou que não há testes realizados mais recentes.

Gráfico 5-3 - OPEX de Energia de Tração (MM R\$, ano 1 excluído)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

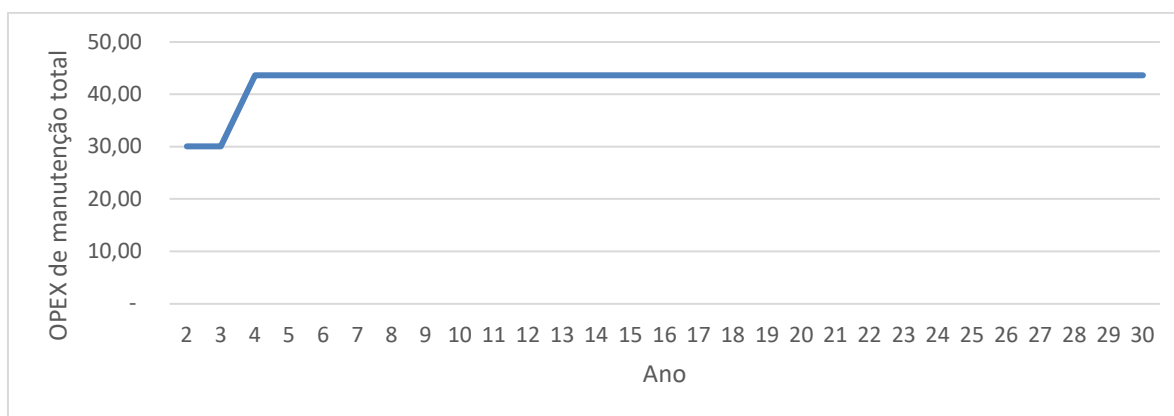
5.1.1.3. Manutenção

O custo de manutenção utilizado é um valor médio/TUE, sendo assim esse deve ser condizente com os 30 anos de concessão, em que existe um desgaste com o tempo mesmo dos trens novos, sendo que a frota patrimonial da concessão será constituída por trens tanto antigos quanto novos.

Cabe ressaltar que a CBTU/STU Recife não possui um contrato atual de manutenção de material rodante, assim sendo, foi realizado um cálculo comparativo retirado do estudo de concessão feito para a CBTU/STU Belo Horizonte em 2020. Os trens da CBTU/STU Belo Horizonte são similares aos trens da CBTU/STU Recife, desse modo para calcular um valor de manutenção de material rodante/TUE que seja proporcional à CBTU/STU Recife, utilizou-se como métrica o custo/quilometragem rodada sendo igual para ambas as praças, comparando a quilometragem rodada/TUE de ambos os sistemas. Dessa forma, estimou-se um novo valor de manutenção/TUE para a CBTU/STU Recife.

No Gráfico 5-4 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Manutenção. Destaca-se como o valor fica constante em R\$ 43,6 milhões a partir do 4º ano da concessão:

Gráfico 5-4 - OPEX de Manutenção (MM R\$, ano 1 excluído)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

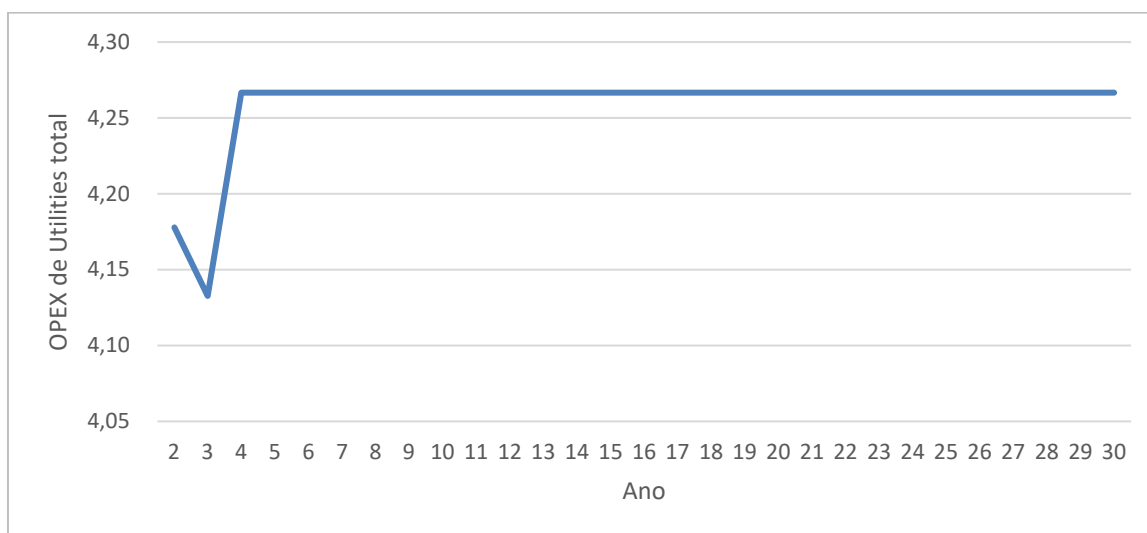
5.1.1.4. Utilities

O Opex de *Utilities* foi dividido em energia de média tensão, baixa tensão e gasto de água. Para cada linha, o consumo da energia de média e baixa tensão foi baseado nos dados reais de 2022.

Já o gasto com água foi calculado a partir do gasto (em milhões de reais) observado em 2022.

No Gráfico 5-5 é apresentada a projeção ao longo do tempo do OPEX de Utilities. Destaca-se como o valor fica constante em R\$ 4,27 milhões a partir do 4º ano da concessão:

Gráfico 5-5 - OPEX de Utilities (MM R\$, ano 1 excluído)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAC-ESCON-RHEIN, 2025

1.1.1.1 Serviço de Terceiros

Para o cálculo do valor do OPEX de Serviço de Terceiros foram utilizados contratos atuais da CBTU, cujos valores anuais foram considerados adequados para os padrões de uma operação privada. Os valores dos contratos mais antigos foram atualizados utilizando o IPCA.

Foram classificados como serviços de terceiros: Serviços de Tecnologia da Informação (Gestão de documentos, organização, informatização e digitalização, serviços de telefonia fixa, serviço de gerenciamento e suporte a informática), Serviços de Transporte (Transporte de funcionários entre o CMC e a Estação Cavaleiro, Locação de veículos, Serviço de Motorista) e Serviço de Vigilância Armada (Serviço de Vigilância, Serviço de Policiamento e Regularização de Segurança) e Serviço de Passagem de Nível.

Ao somar os contratos de serviços de Tecnologia da Informação e dividir pela quantidade de estações foi possível obter um custo de serviço de TI por estação no valor de R\$ 0,05 milhão anuais, que multiplicado pela quantidade de estações ao longo da concessão resulta no OPEX de TI.

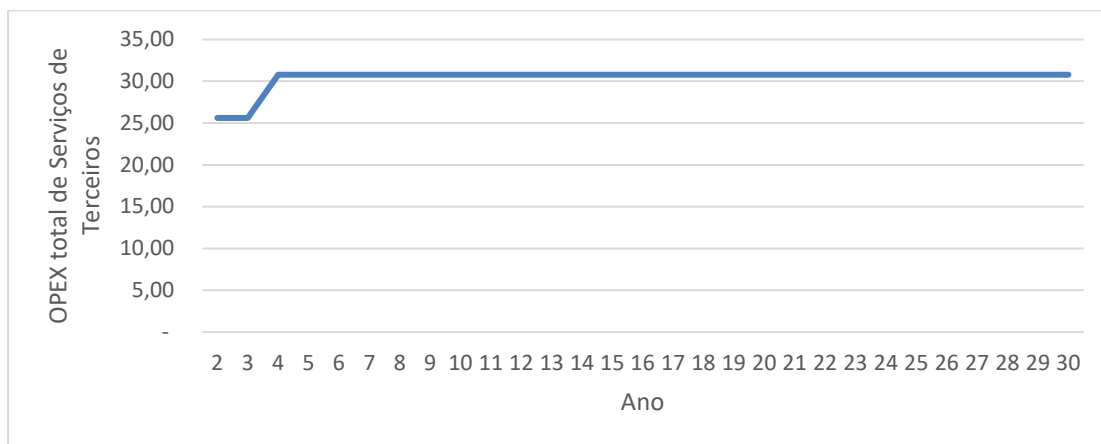
Para o OPEX de Serviço de transporte, foram utilizados contratos de transporte de pessoas e volumes, e de funcionários entre o CMC e a Estação Cavaleiro. Ao somar esses contratos (de 2022) e multiplicar pelo fator de correção do IPCA foi possível obter o custo total de serviço de motorista para funcionários administrativos em 2024 no valor de R\$ 2,67 milhões anuais.

Para serviços de vigilância armada foram utilizados três contratos, que somados e divididos pela quantidade de estações e pátios, totalizam R\$ 0,6 milhão por unidade (pátio + estação) anuais.

Para o OPEX de Passagem de Nível presente na Linha Diesel foi utilizado o custo fixo de um contrato, no valor de R\$ 1,3 milhão anuais.

Ao realizar os cálculos para cada estação e pátio, obtém-se que os custos com serviços de terceiros equivalem a R\$ 25,6 milhões nos anos 2 e 3, e R\$ 30,8 milhões a partir do ano 4, como pode-se ver no Gráfico 5-6.

Gráfico 5-6 - OPEX de Serviços de terceiros (MM R\$, ano 1 excluído)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

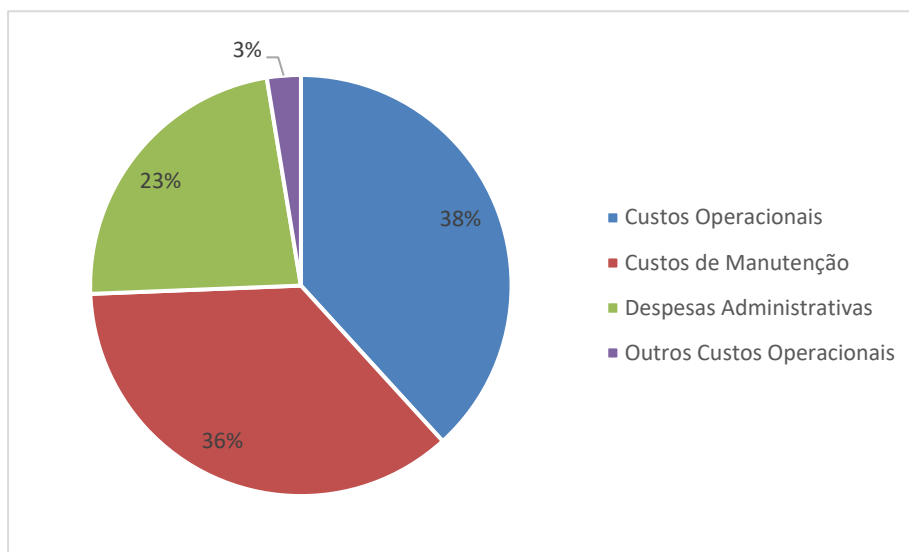
5.1.2. OPEX Total

Utilizando todas as categorias de OPEX previamente apresentadas, também foi possível realizar uma análise com a construção das grandes áreas de OPEX com uma divisão mais consolidada:

- Custos Operacionais (Pessoal, Energia de Tração, *Utilities* e Limpeza);
- Custos de Manutenção (Pessoal, Manutenção de Material Rodante, Sistemas e Via Permanente);
- Despesas Administrativas (Pessoal, Serviço de Terceiros, Bilhetagem, Capacitação e Outros Custos);
- Outros Custos Operacionais;
-

No Gráfico 5-7 são apresentadas as grandes áreas com as suas representatividades estimadas para o ano 4 (pós execução de CAPEX inicial) de concessão:

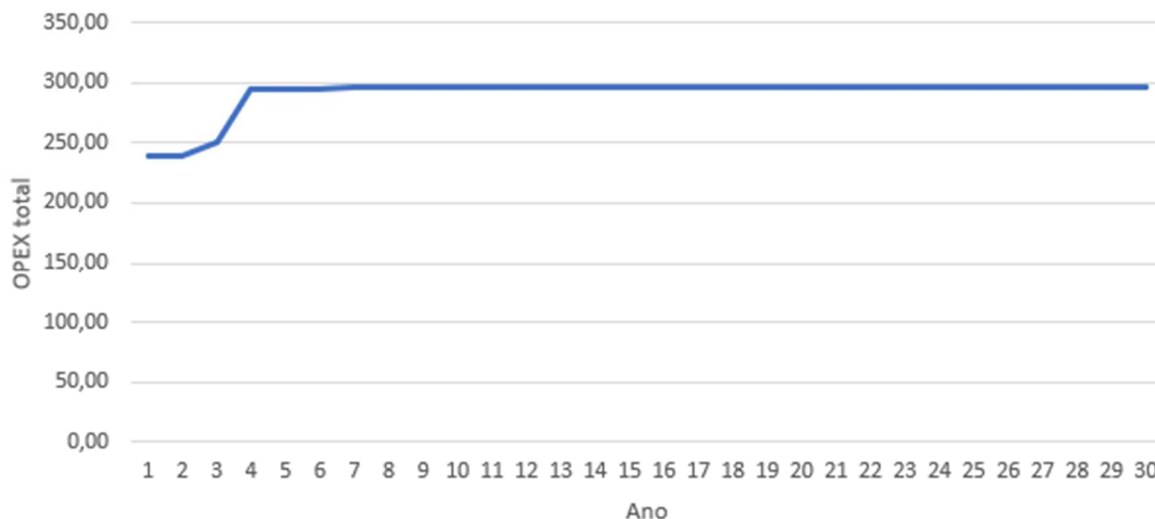
Gráfico 5-7 - Representatividade das grandes áreas do OPEX (ano 4)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Conforme esperado, os custos operacionais (nesse caso, com energia incluída) são os mais relevantes. O Gráfico 5-7 ilustra também a relevância do tema manutenção, quando incluído o custo de pessoal associado. O OPEX Total somando as Linhas Centro, Sul e Diesel, Pátios e Administrativo obteve o seguinte resultado, apresentado no Gráfico 5-8, com os valores totais ao longo do tempo:

Gráfico 5-8 - OPEX ao longo do tempo (MM R\$)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Nota-se a partir do Gráfico 5-8 que ao longo do tempo há uma estabilização dos valores do OPEX, semelhante ao que ocorreu com os componentes internos do custo de operação, causadas principalmente pelo efeito das categorias de Pessoal, Energia de Tração, Capacitação e Outros Custos. Comparativamente à operação pública, há um ganho de eficiência importante obtido por meio de novos contratos salariais, diminuição do quadro de pessoal e redução da tarifa energética, resultando em uma importante diminuição dos custos.

5.2. CAPEX

Os dados de entrada de investimentos (CAPEX) foram explicitados e obtidos a partir do RT06, considerando as Linhas Centro, Sul e Diesel. Os valores de investimento contidos no documento dividem-se em doze categorias.

Para obter os valores de CAPEX para cada uma das categorias foram consideradas as necessidades de melhorias diagnosticadas no inventário dos bens da empresa, constante no produto RT01 Parte A - Avaliação Técnico Operacional - Inventário. Assim, foi considerado um escopo emergencial, no qual são previstos investimentos visando assegurar, para o sistema em discussão, uma operação eficiente e segura, atendendo a demanda e aos padrões de desempenho estabelecidos como ideais.

Conforme apresentado na **seção 3.3**, para o cenário base das simulações, o REIDI foi considerado para todas as categorias de CAPEX durante toda a concessão, sendo aplicado percentual de 7,08%.

Na Tabela 5-10 são apresentadas as categorias de CAPEX, que são os dados de entrada do modelo, e o valor total a ser investido em cada categoria para as Linhas Centro, Sul e Diesel ao longo dos 30 anos de concessão:

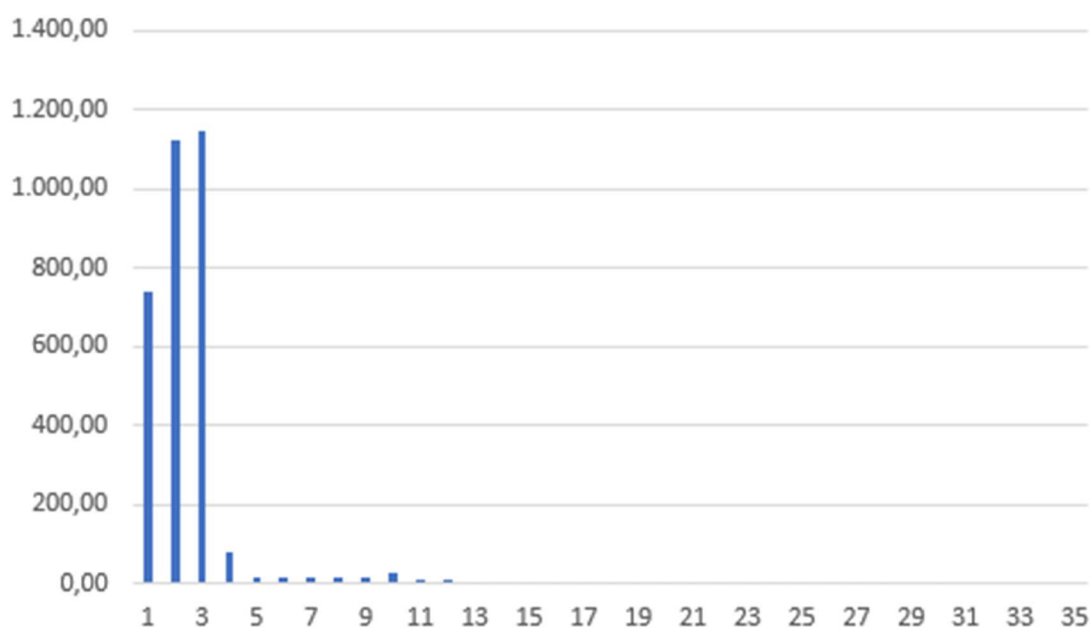
Tabela 5-10 - Categorias de CAPEX (R\$ MM)

Dado de Entrada	Valor Total (Linhas Centro, Sul e Diesel)	Valor Total com REIDI
Edificações - Civil	306,27	284,59
Via Permanente	474,82	441,20
Rede Aérea	234,86	218,23
Material Rodante, Sobressalentes e Centros de Manutenção	891,90	828,75
Sinalização	580,12	539,05
Energia	478,43	444,55
CCO	35,16	32,67
Telecomunicações e TI	66,02	61,35
Equipamentos de Via	269,74	250,64
Licenças Ambientais	0,58	0,54
Obras de Arte Especiais (OAEs)	19,92	18,51
Equipamento de Proteção Coletiva	14,76	13,72
Desocupação e Demolição	95,40	88,65
Total	3.471	3.225

Fonte: RT06: 'Estudo Técnico-Operacional' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

O Gráfico 5-9 apresenta os dados de entrada do CAPEX com REIDI distribuídos ao longo do tempo para as Linhas Centro, Sul e Diesel:

Gráfico 5-9 - CAPEX com REIDI ao longo do tempo para as Linhas Centro, Sul e Diesel (R\$ MM)



Fonte: RT06: 'Estudo Técnico-Operacional' elaborado pelo Consórcio GPO-SYSTRAS-CESCON-RHEIN, 2025

Observa-se no Gráfico 5-9 que o CAPEX das Linhas Centro, Sul e Diesel possui a maior parcela dos valores concentrados do ano 1 ao 3 (assim chamado "CAPEX curto"), e com investimentos menos expressivos nos demais anos (assim chamado "CAPEX de cauda"). No ano 2, há grandes investimentos em Material Rodante, Via Permanente e Sinalização, principalmente.

5.2.1. VALOR RESIDUAL

O Valor Residual deve refletir o valor dos ativos ao final do período de concessão, no nosso caso 30 anos. No contexto do nosso estudo foi adotada como metodologia para depreciar os ativos a partir do momento da execução dos investimentos (CAPEX). Para tanto utilizou-se o método linear, dividindo-se o valor depreciável pelo tempo de depreciação estimado do ativo, conforme Resolução nº 4.540, de 19 de dezembro de 2014. O tempo de depreciação de cada ativo foi obtido por meio do anexo contido na mesma Resolução citada, o qual apresenta uma tabela com a descrição dos itens depreciáveis e suas respectivas taxas anuais de depreciação, que são as mesmas utilizadas na amortização.

De acordo com o ano de entrada de cada valor previsto de investimento será considerado seu tempo de depreciação e consequentemente uma taxa anual constante de depreciação que é considerada ao longo da concessão. A seguir é apresentada a tabela dos itens depreciáveis, com seus respectivos tempos de depreciação e taxas anuais de depreciação:

Tabela 5-11 - Tempo de Depreciação

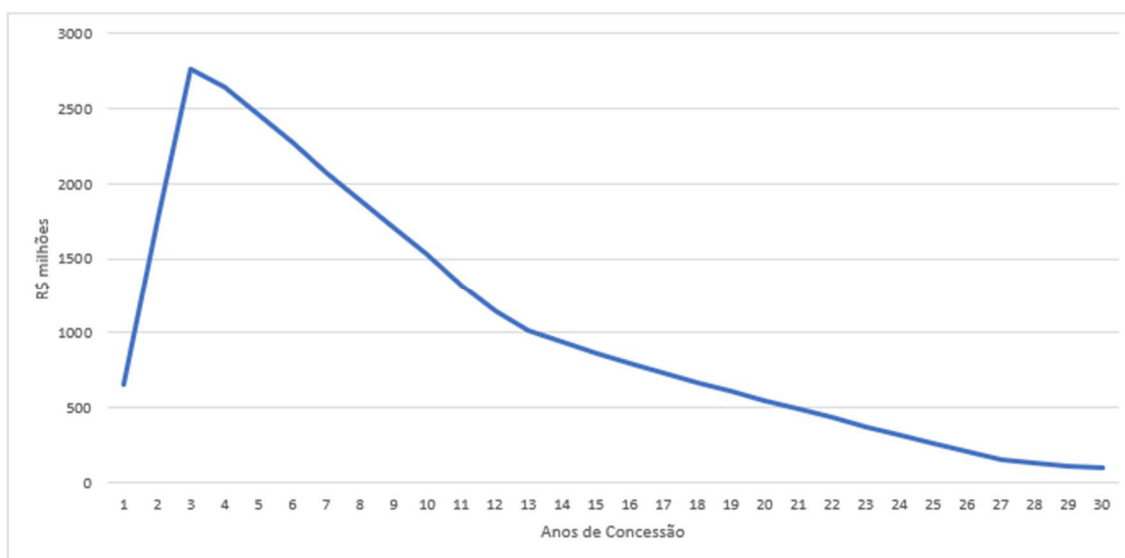
Itens Depreciáveis	Tempo de Depreciação (Anos)	Taxa Anual Correspondente
Edificações - Civil	25	4,00%
Via Permanente	35	2,86%
Rede Aérea	10	10,00%
Material Rodante, Sobressalentes e Centros de Manutenção	25	4,00%
Sinalização	10	10,00%

Itens Depreciáveis	Tempo de Depreciação (Anos)	Taxa Anual Correspondente
Energia	10	10,00%
CCO	10	10,00%
Telecomunicações e Bilhetagem	5	20,00%
Equipamentos de Via e Rede Aérea	10	10,00%
Licenças Ambientais	5	20,00%
Obras de Arte Especiais (OAEs)	35	2,86%
Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC)	10	10,00%

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Considerando os investimentos previstos, e suas respectivas taxas de depreciação, pode-se observar no Gráfico 5-10 abaixo que existe um saldo remanescente ao final do ano 30 da concessão, este valor é chamado de Valor Residual e tem valor de R\$ 99,0 milhões. Como a maior parte dos investimentos será realizada no início da concessão e o tempo de depreciação para muitos itens não é tão longo, o valor residual ao final da concessão é relativamente baixo.

Gráfico 5-10 - Saldos de investimentos considerando depreciações (R\$ milhões)



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

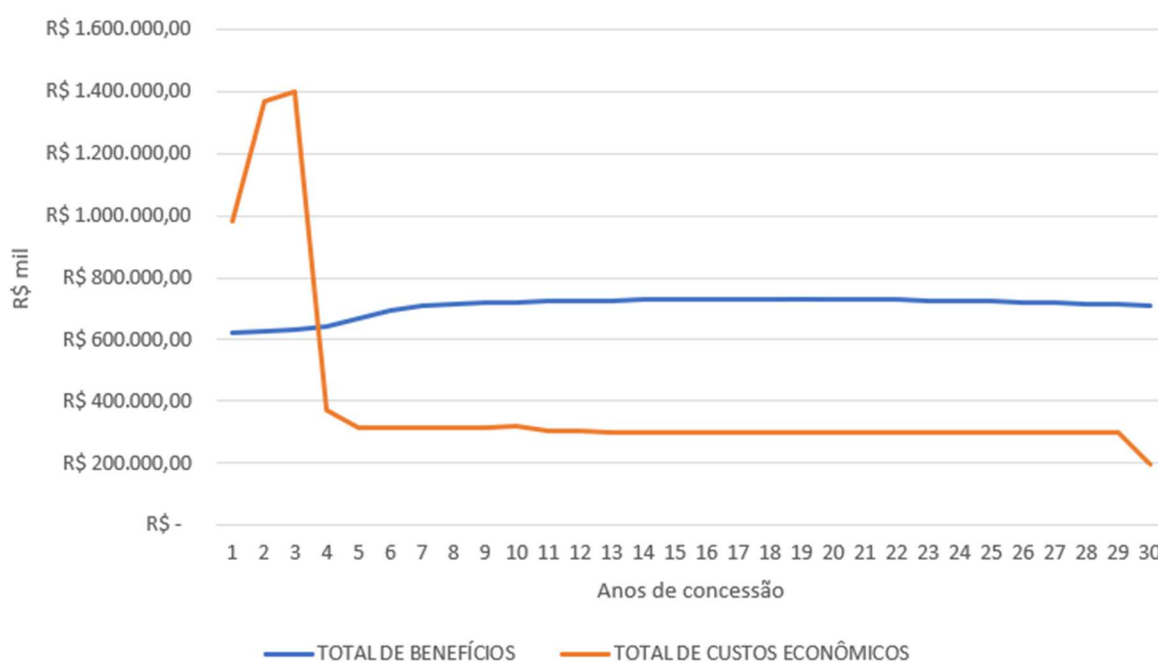
O Valor Residual reflete a capacidade do potencial remanescente de serviço dos ativos fixos cuja vida econômica ainda não foi completamente esaurida, e é considerado no cálculo dos indicadores de benefícios sociais.

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão indicados os resultados do estudo de custo-benefício, consolidando as visões de benefícios sociais gerados na comparação do cenário de concessão versus o cenário contrafactual (*greenfield*) e os custos econômicos representados pelos gastos de operação e manutenção da via e os investimentos alocados ao longo da concessão.

No gráfico abaixo é possível verificar o comportamento relativo entre as totalidades de benefícios sociais e custos econômicos ao longo dos anos de concessão. Verifica-se que nos anos 2 e 3 da concessão os gastos superam os benefícios gerados, considerando aos elevados custos de investimentos (CAPEX) existentes.

Gráfico 6-1 - Benefícios e custos sociais ao longo do período de concessão



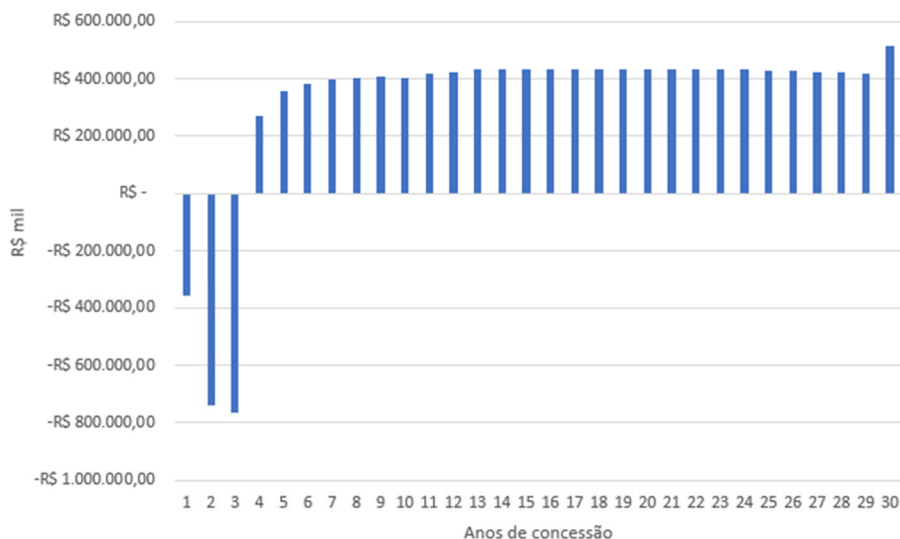
Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Observa-se também que os níveis de custos econômicos, relativamente estáveis a partir do ano 6, apresentam uma pequena queda no último ano da concessão. Este comportamento se dá pelo valor residual de CAPEX, cuja depreciação é considerada ao longo do período de concessão baseado em taxas de depreciação contábeis.

O valor residual no ano 30, com valor de R\$ 99,0 milhões, gera uma redução dos custos econômicos no referido ano, conforme verificado no Gráfico 6-1.

O Gráfico 6-2 aponta a relação de saldo de benefícios totais subtraindo-se os custos econômicos para cada ano da concessão, indicando perdas nos 3 primeiros anos da concessão, devido a grandes valores de investimentos, ocorrendo fluxos negativos da ordem de R\$ 766 a R\$ 360 milhões. Entretanto, a partir do ano 4, os fluxos se tornam positivos indicando ganhos pela sociedade, corroborando para que o VSPL do projeto em sua totalidade seja positivo.

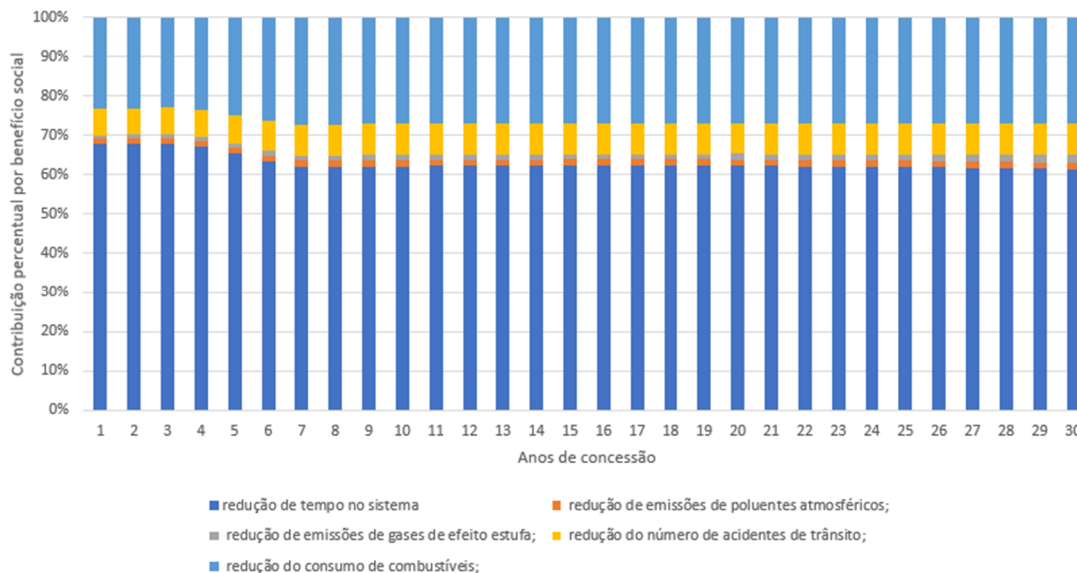
Gráfico 6-2 - Saldo: Benefícios – Custos



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Em relação às contribuições de cada tipo de benefício calculado, podemos observar o Gráfico 6-3. Nele se destaca a ampla representatividade do ganho de tempo que foi gerado para todo o sistema de transportes com a introdução do sistema metro-ferroviário (vis a vis um cenário *greenfield*). O benefício de ganho de tempo representa cerca de 63% do total de benefícios gerados. O ganho pela redução de combustíveis também apresenta relevância, com cerca de 26% dos benefícios gerados.

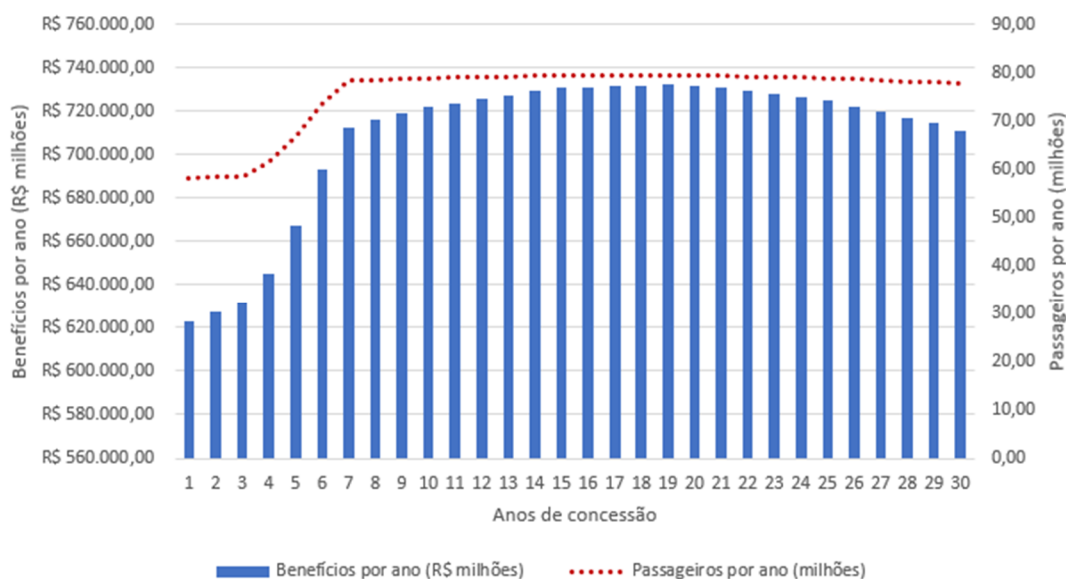
Gráfico 6-3 - Valores percentuais de contribuição por benefício social



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

O Gráfico 6-4 traz uma visão de comportamento correlacionando o crescimento da demanda de passageiros ao longo do período de concessão e os benefícios sociais em sua totalidade para a sociedade. Este acompanhamento de mesmo formato de curva é ilustrativo do peso da demanda sobre os ganhos crescentes de benefícios nesse projeto, típicos de sistemas de transporte de massa de passageiros.

Gráfico 6-4 - Visão de crescimento entre demanda de passageiros e benefícios sociais



Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Por fim, conforme indicado previamente na metodologia, foram calculados os principais indicadores de benefícios sociais:

Tabela 6-1 - Quadro sumarizado com indicadores da análise de custo-benefício

Indicadores	Valor
TSD (%)	8,50%
VSPL (R\$ milhões)	1.810
TRE (%)	18,94%
VPL BENEFÍCIOS (R\$ milhões)	7.420
VPL CUSTOS (R\$ milhões)	5.700
Índice B/C	1,30
Valor Residual (R\$ milhões)	99,00

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Na Tabela 6-1 é possível observar um elevado valor social presente líquido (VSPL), superior a **R\$ 1,8 bilhão** considerando todo período de concessão. Coerente com esse fato, a Taxa de Retorno Econômico (TRE) é de 18.94%, indicando retorno à sociedade com fluxos positivos no primeiro ano e a partir do ano 4 até o final da concessão, ocasionado pelos diversos benefícios frente ao cenário *greenfield*. E, por fim, o índice B/C, calculado pelo quociente entre o Valor Presente Líquido de benefícios e custos atinge 1,30, indicando que os benefícios superam os custos econômicos incorridos na totalidade dos 30 anos considerados no presente relatório.

6.1. DADOS DETALHADOS DO FLUXO DE CAIXA

Tabela 6-2 - Fluxos de caixa pela conciliação de benefícios e custos totais dos anos 1 a 10

BENEFÍCIOS (R\$ mil)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1+2+3	Redução de tempo no sistema	R\$ 422.330,23	R\$ 425.920,81	R\$ 429.526,58	R\$ 433.147,53	R\$ 436.322,24	R\$ 438.969,15	R\$ 441.624,05	R\$ 444.286,96	R\$ 446.957,88	R\$ 448.920,90
7	redução de emissões de poluentes atmosféricos;	R\$ 8.662,63	R\$ 8.686,49	R\$ 8.722,10	R\$ 9.121,33	R\$ 9.948,13	R\$ 10.949,49	R\$ 11.653,98	R\$ 11.686,09	R\$ 11.718,31	R\$ 11.738,67
8	redução de emissões de gases de efeito estufa;	R\$ 5.846,38	R\$ 5.939,96	R\$ 6.042,10	R\$ 6.400,02	R\$ 7.068,88	R\$ 7.878,09	R\$ 8.488,90	R\$ 8.616,53	R\$ 8.744,80	R\$ 8.864,70
12	redução do número de acidentes de trânsito;	R\$ 42.048,21	R\$ 42.164,01	R\$ 42.336,83	R\$ 44.274,68	R\$ 48.287,96	R\$ 53.148,56	R\$ 56.568,10	R\$ 56.723,98	R\$ 56.880,38	R\$ 56.979,22
11	redução do consumo de energia;	R\$ 144.217,90	R\$ 144.615,10	R\$ 145.207,84	R\$ 151.854,32	R\$ 165.619,14	R\$ 182.290,16	R\$ 194.018,58	R\$ 194.553,21	R\$ 195.089,63	R\$ 195.428,62
A	TOTAL DE BENEFÍCIOS	R\$ 623.105,36	R\$ 627.326,37	R\$ 631.835,45	R\$ 644.797,88	R\$ 667.246,35	R\$ 693.235,45	R\$ 712.353,61	R\$ 715.866,76	R\$ 719.391,00	R\$ 721.932,11
CUSTOS ECONÔMICOS (R\$ mil)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B.1	Custos Operacionais	R\$ 91.604,96	R\$ 91.604,96	R\$ 93.699,18	R\$ 112.769,88	R\$ 113.199,01	R\$ 113.199,01	R\$ 114.603,50	R\$ 114.603,50	R\$ 114.603,50	R\$ 114.603,50
B.2	Custos de Manutenção	R\$ 78.402,00	R\$ 78.402,00	R\$ 83.239,21	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15
B.3	Despesas Administrativas	R\$ 58.983,06	R\$ 58.983,06	R\$ 59.141,84	R\$ 67.920,48	R\$ 67.927,93	R\$ 67.927,92	R\$ 67.963,96	R\$ 67.962,44	R\$ 67.962,45	R\$ 67.962,72
B.4	Outros Custos Operacionais	R\$ 13.897,45	R\$ 13.897,45	R\$ 14.088,28	R\$ 7.674,04	R\$ 7.306,93	R\$ 7.306,30	R\$ 7.331,42	R\$ 7.255,67	R\$ 7.256,30	R\$ 7.269,73
B.5	CAPEX	R\$ 739.597,59	R\$ 1.125.976,76	R\$ 1.147.789,05	R\$ 77.252,87	R\$ 16.743,15	R\$ 16.350,87	R\$ 16.743,15	R\$ 16.350,87	R\$ 16.743,15	R\$ 25.060,51
B	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS SEM VALOR RESIDUAL	R\$ 982.485,05	R\$ 1.368.864,22	R\$ 1.397.957,55	R\$ 372.080,43	R\$ 311.640,17	R\$ 311.247,25	R\$ 313.105,17	R\$ 312.635,63	R\$ 313.028,56	R\$ 321.359,61
B.6	Valor residual	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
B+B.6	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS COM VALOR RESIDUAL	R\$ 982.485,05	R\$ 1.368.864,22	R\$ 1.397.957,55	R\$ 372.080,43	R\$ 311.640,17	R\$ 311.247,25	R\$ 313.105,17	R\$ 312.635,63	R\$ 313.028,56	R\$ 321.359,61
FLUXO DE CAIXA SOCIAL (R\$ mil)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A-B	CONSOLIDAÇÃO BENEFÍCIOS E CUSTOS (Benefícios - Custos)	-R\$ 359.379,70	-R\$ 741.537,84	-R\$ 766.122,11	R\$ 272.717,45	R\$ 355.606,18	R\$ 381.988,20	R\$ 399.248,44	R\$ 403.231,13	R\$ 406.362,44	R\$ 400.572,50

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Tabela 6-3 - Fluxos de caixa pela conciliação de benefícios e custos totais dos anos 11 a 20

BENEFÍCIOS (R\$ mil)		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1+2+3	Redução de tempo no sistema	R\$ 450.270,79	R\$ 451.622,69	R\$ 452.976,60	R\$ 454.332,54	R\$ 455.269,39	R\$ 455.565,03	R\$ 455.860,76	R\$ 456.156,56	R\$ 456.452,44	R\$ 455.828,09
7	redução de emissões de poluentes atmosféricos;	R\$ 11.755,73	R\$ 11.772,82	R\$ 11.789,95	R\$ 11.807,10	R\$ 11.813,34	R\$ 11.815,71	R\$ 11.818,08	R\$ 11.820,45	R\$ 11.822,82	R\$ 11.813,35
8	redução de emissões de gases de efeito estufa;	R\$ 8.982,44	R\$ 9.100,50	R\$ 9.218,90	R\$ 9.337,62	R\$ 9.447,92	R\$ 9.555,21	R\$ 9.662,53	R\$ 9.769,90	R\$ 9.877,31	R\$ 10.165,48
12	redução do número de acidentes de trânsito;	R\$ 57.062,03	R\$ 57.144,99	R\$ 57.228,10	R\$ 57.311,35	R\$ 57.341,66	R\$ 57.353,16	R\$ 57.364,66	R\$ 57.376,17	R\$ 57.387,68	R\$ 57.341,69
11	redução do consumo de energia;	R\$ 195.712,66	R\$ 195.997,20	R\$ 196.282,24	R\$ 196.567,78	R\$ 196.671,73	R\$ 196.711,17	R\$ 196.750,63	R\$ 196.790,09	R\$ 196.829,57	R\$ 196.671,85
A	TOTAL DE BENEFÍCIOS	R\$ 723.783,65	R\$ 725.638,20	R\$ 727.495,78	R\$ 729.356,38	R\$ 730.544,04	R\$ 731.000,28	R\$ 731.456,66	R\$ 731.913,17	R\$ 732.369,83	R\$ 731.820,45
CUSTOS ECONÔMICOS (R\$ mil)		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
B.1	Custos Operacionais	R\$ 114.603,50	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58
B.2	Custos de Manutenção	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15
B.3	Despesas Administrativas	R\$ 67.962,22	R\$ 67.959,45	R\$ 67.959,19	R\$ 67.959,19	R\$ 67.959,19	R\$ 67.959,19	R\$ 67.959,19	R\$ 67.959,19	R\$ 67.959,19	R\$ 67.959,17
B.4	Outros Custos Operacionais	R\$ 7.244,43	R\$ 6.592,16	R\$ 6.578,74	R\$ 6.578,10	R\$ 6.578,74	R\$ 6.578,10	R\$ 6.578,74	R\$ 6.578,10	R\$ 6.578,74	R\$ 6.578,10
B.5	CAPEX	R\$ 9.387,36	R\$ 8.970,73	R\$ 653,37	R\$ 261,09	R\$ 653,37	R\$ 261,09	R\$ 653,37	R\$ 261,09	R\$ 653,37	R\$ 261,09
B	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS SEM VALOR RESIDUAL	R\$ 305.660,65	R\$ 304.979,08	R\$ 296.648,02	R\$ 296.255,10	R\$ 296.648,02	R\$ 296.255,10	R\$ 296.648,02	R\$ 296.255,10	R\$ 296.648,02	R\$ 296.255,10
B.6	Valor residual	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
B+B.6	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS COM VALOR RESIDUAL	R\$ 305.660,65	R\$ 304.979,08	R\$ 296.648,02	R\$ 296.255,10	R\$ 296.648,02	R\$ 296.255,10	R\$ 296.648,02	R\$ 296.255,10	R\$ 296.648,02	R\$ 296.255,10
FLUXO DE CAIXA SOCIAL (R\$ mil)		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A-B	CONSOLIDAÇÃO BENEFÍCIOS E CUSTOS (Benefícios - Custos)	R\$ 418.123,00	R\$ 420.659,13	R\$ 430.847,76	R\$ 433.101,28	R\$ 433.896,02	R\$ 434.745,18	R\$ 434.808,64	R\$ 435.658,07	R\$ 435.721,81	R\$ 435.565,35

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Consórcio:

TYLin

SYSTRA

**RHEIN
SCHIRATO
MEIRELES**

Tabela 6-4 - Fluxos de caixa pela conciliação de benefícios e custos totais dos anos 21 a 30

BENEFÍCIOS (R\$ mil)		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1+2+3	Redução de tempo no sistema	R\$ 454.557,35	R\$ 453.288,37	R\$ 452.021,13	R\$ 450.755,64	R\$ 449.073,90	R\$ 446.755,64	R\$ 444.443,37	R\$ 442.137,10	R\$ 439.836,82	R\$ 436.942,32
7	redução de emissões de poluentes atmosféricos;	R\$ 11.799,98	R\$ 11.786,63	R\$ 11.773,30	R\$ 11.759,99	R\$ 11.734,69	R\$ 11.705,61	R\$ 11.676,62	R\$ 11.647,71	R\$ 11.618,89	R\$ 11.578,85
8	redução de emissões de gases de efeito estufa;	R\$ 10.458,60	R\$ 10.760,17	R\$ 11.070,44	R\$ 11.389,66	R\$ 11.706,11	R\$ 12.027,42	R\$ 12.357,55	R\$ 12.696,77	R\$ 13.045,31	R\$ 13.390,37
12	redução do número de acidentes de trânsito;	R\$ 57.276,81	R\$ 57.212,01	R\$ 57.147,30	R\$ 57.082,69	R\$ 56.959,91	R\$ 56.818,75	R\$ 56.678,01	R\$ 56.537,68	R\$ 56.397,78	R\$ 56.203,44
11	redução do consumo de energia;	R\$ 196.449,30	R\$ 196.227,06	R\$ 196.005,13	R\$ 195.783,51	R\$ 195.362,39	R\$ 194.878,23	R\$ 194.395,52	R\$ 193.914,23	R\$ 193.434,38	R\$ 192.767,86
A	TOTAL DE BENEFÍCIOS	R\$ 730.542,04	R\$ 729.274,24	R\$ 728.017,31	R\$ 726.771,49	R\$ 724.837,00	R\$ 722.185,65	R\$ 719.551,06	R\$ 716.933,49	R\$ 714.333,16	R\$ 710.882,84
CUSTOS ECONÔMICOS (R\$ mil)		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
B.1	Custos Operacionais	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58	R\$ 114.993,58	R\$ 114.603,50	R\$ 114.603,50	R\$ 114.603,50	R\$ 114.603,50	R\$ 114.603,50	R\$ 114.603,50	R\$ 114.603,50
B.2	Custos de Manutenção	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15	R\$ 106.463,15
B.3	Despesas Administrativas	R\$ 67.959,19	R\$ 67.959,17	R\$ 67.959,19	R\$ 67.948,73	R\$ 67.948,74	R\$ 67.948,73	R\$ 67.948,74	R\$ 67.948,73	R\$ 67.948,74	R\$ 67.948,73
B.4	Outros Custos Operacionais	R\$ 6.578,78	R\$ 6.578,10	R\$ 6.578,74	R\$ 6.569,94	R\$ 6.570,57	R\$ 6.569,94	R\$ 6.570,57	R\$ 6.569,94	R\$ 6.570,57	R\$ 6.569,94
B.5	CAPEX	R\$ 677,72	R\$ 261,09	R\$ 653,37	R\$ 261,09	R\$ 653,37	R\$ 261,09	R\$ 653,37	R\$ 261,09	R\$ 653,37	R\$ 261,09
B	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS SEM VALOR RESIDUAL	R\$ 296.672,42	R\$ 296.255,10	R\$ 296.648,02	R\$ 295.846,41	R\$ 296.239,33	R\$ 295.846,41	R\$ 296.239,33	R\$ 295.846,41	R\$ 296.239,33	R\$ 295.846,41
B.6	Valor residual	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 98.999,85
B+B.6	TOTAL DE CUSTOS ECONÔMICOS COM VALOR RESIDUAL	R\$ 296.672,42	R\$ 296.255,10	R\$ 296.648,02	R\$ 295.846,41	R\$ 296.239,33	R\$ 295.846,41	R\$ 296.239,33	R\$ 295.846,41	R\$ 296.239,33	R\$ 196.846,56
FLUXO DE CAIXA SOCIAL (R\$ mil)		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A-B	CONSOLIDAÇÃO BENEFÍCIOS E CUSTOS (Benefícios - Custos)	R\$ 433.869,62	R\$ 433.019,14	R\$ 431.369,28	R\$ 430.925,08	R\$ 428.597,67	R\$ 426.339,24	R\$ 423.311,73	R\$ 421.087,08	R\$ 418.093,83	R\$ 415.036,43

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

6.2. ANÁLISES DE SENSIBILIDADES

As análises de sensibilidade consistem na alteração de diferentes variáveis de forma a se entender a elasticidade dos resultados. É indicado variar os parâmetros de incerteza e maior impacto para a modelagem, no caso, escolhemos variar os benefícios relacionados à redução de tempo, benefícios totais e taxa de desconto utilizada nos Fluxos Sociais.

Elas complementam as análises geradas permitindo entender o quão sensível é o resultado obtido e como ele poderia variar em outras circunstâncias, caso os dados de entrada não fossem exatamente os projetados. Servem também, em alguma medida, como análise de risco sob as óticas econômica e social.

Cabe ressaltar que os valores de OPEX e CAPEX não serão modificados, sendo mantidos inalterados para todas as simulações. Isso pois, no contexto do estudo atual, o risco de variação desses parâmetros, no âmbito da concessão, recairá sobre o operador privado. E, assim, podemos afirmar que variações sobre os valores do cenário não impactarão o cálculo dos benefícios para a sociedade como um todo.

Variações nos benefícios totais gerados da concessão

A primeira análise de sensibilidade considerou os benefícios sociais gerados em sua totalidade no período de concessão para gerar o leque de resultados apresentado a seguir. Os benefícios sociais totais foram variados a partir dos valores considerados no cenário base, em um intervalo entre -30% e 30%.

De forma geral, observa-se que nos piores cenários o VSPL atinge valor de -R\$ 334 milhões para uma redução dos benefícios totais em 30%. Por outro lado, existe um aumento importante para R\$ 4,12 bilhões do VSPL para um aumento de 30% dos benefícios sociais. Isso mostra a grande susceptibilidade da visão de viabilidade social a flutuações. Vale destacar que apenas no pior cenário o índice B/C fica inferior a 1, enquanto em todos os outros há mais benefícios que custos a valor presente.

Tabela 6-5 - Variação nos Benefícios sociais totais

	Sensibilidades	VSPL (R\$ milhões)	Índice B/C
Variação no total de benefícios	-30%	-334,02	0,92
	-20%	407,96	1,06
	-10%	1149,93	1,19
	0%	1891,90	1,32
	10%	2633,87	1,45
	20%	3375,84	1,58
	30%	4117,82	1,72

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRAC-ESCON-RHEIN, 2025

Variações nos benefícios associados aos ganhos de tempo

Esta análise de sensibilidade considerou os benefícios sociais oriundos dos ganhos de tempo pelos usuários da matriz de mobilidade urbana, tido como o maior entre os benefícios gerados com uma representatividade com cerca de 63% dos benefícios calculados.

De forma geral, observa-se um padrão de resultado semelhante ao da simulação anterior, mas sem a ocorrência de VSPL negativo, com o menor valor de R\$ 386 milhões para uma redução dos benefícios de tempo em 30%, e um aumento para R\$ 3,2 bilhões do VSPL para um aumento de 30% dos benefícios de tempo. Isso mostra a grande susceptibilidade da visão de viabilidade social a flutuações.

Tabela 6-6 - Variação no benefício de redução de tempo

	Sensibilidades	VSPL (R\$ milhões)	Índice B/C
Variação no benefício de redução de tempo	-30%	386,21	1,05
	-20%	860,79	1,14
	-10%	1335,37	1,22
	0%	1809,95	1,30
	10%	2284,53	1,38
	20%	2759,11	1,47
	30%	3233,69	1,55

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Variações na TSD e o impacto nos demais indicadores de custo-benefício

Por fim, foi realizada análise de sensibilidade variando a Taxa Social de Desconto (TSD). São indicados nas literaturas disponíveis relacionadas a análise de custo-benefício diferentes valores da taxa que são adotados em diferentes países de acordo com suas próprias peculiaridades locais. Para o cenário base foi utilizado, conforme já explicado anteriormente, a TSD recentemente recomendada pelo Ministério da Economia no valor de 8,5%.

Sobre este valor de TSD foram aplicadas variações de 1,5% para mais ou para menos a fim de verificar o impacto os indicadores de benefícios sociais como VSPL e Índice B/C:

Tabela 6-7 - Variação da TSD

Sensibilidades	7,00%	8,50%	10,00%
VSPL (R\$ milhões)	2.426,06	1809,95	1.335,31
Índice B/C	1,37	1,30	1,24

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

Os resultados se mostraram bastante robustos, com VSPL e B/C podendo variar de acordo com a taxa social de desconto utilizada mantendo o índice B/C ainda superior a 1.

7. GESTÃO E INDICADORES SOB RESPONSABILIDADE DO CONCESSIONÁRIO

Como já apresentado na parte de metodologia, os estudos de ACB avaliam indicadores e benefícios sob a ótica da sociedade como um todo, havendo a expectativa de que esses benefícios sejam atingidos com a implementação do projeto analisado. Entretanto, sob a ótica do futuro concessionário privado, os indicadores aqui calculados são externalidades ao seu negócio, não cabendo a esse a gestão desses indicadores.

Evidentemente, o concessionário tem um papel relevante para que o projeto seja executado e operacionalizado adequadamente. Esse será o seu papel e, junto à ação de outros stakeholders, o concessionário contribuirá para que os benefícios para sociedade ocorram.

Desse ponto de vista, podemos entender que dois grandes temas devem ser observados, no contexto do projeto aqui analisado:

(i) O primeiro é a entrega da requalificação das Linhas Centro, Sul e Diesel dentro do prazo previsto. A entrega no prazo previsto da requalificação do sistema é um fator crítico para que se tenha a ampliação da demanda de passageiros atendidos pelo sistema. Esse aumento de demanda está diretamente associado ao ganho de tempo para todos os usuários do sistema de transportes da região metropolitana de Recife, o que leva a todos os principais benefícios para a sociedade conforme cálculos anteriormente realizados. Nesse contexto, os indicadores que devem ser observados ao longo do tempo são aqueles associados ao CAPEX, discutidos nos relatórios técnicos anteriores do estudo, e cujos marcos de entrega deverão constar do caderno de encargos associado ao contrato de concessão. Adicionalmente, a fim de criar um modelo de incentivo adequado para estimular a requalificação do sistema no prazo, o acesso do futuro concessionário aos subsídios públicos estará associado a marcos técnicos e a entrega do CAPEX inicial (primeiros 3 anos). Esse tema será analisado e detalhado na Avaliação Econômico-Financeira da Concessão (Relatório RT08).

(ii) Um segundo grande tema que o concessionário deverá gerenciar é que a operação tenha um bom nível de serviço para seus usuários, novamente buscando atender a maior demanda possível de passageiros de forma sustentada ao longo do tempo. Nesse sentido, os indicadores que deverão ser observados são os de *Service Level Agreement* (SLA) da operação que indiquem o nível de serviço esperado, incluindo o *headway* para que o sistema opere adequadamente. Esses indicadores serão detalhados e tratados com mais detalhes no Relatório de Proposição do Modelo de Concessão (Relatório RT09). Para se ter um incentivo adicional, será alocada parte do aporte público inicial para que o concessionário tenha um ganho adicional, caso atinja os indicadores de qualidade e desempenho dois anos após a requalificação inicial do sistema. Novamente, esse tema será analisado e detalhado na Avaliação Econômico-Financeira da Concessão (Relatório RT08).

Também cabe ressaltar que o atingimento dos indicadores de benefício calculados ao longo desse relatório dependerá de decisões e ações dos mais diferentes stakeholders que atuam junto ao sistema de transportes na região de estudo, incluindo o poder público local (também poder concedente no caso) e suas políticas associadas à integração e gestão do sistema de transportes local, políticas tarifárias para usuários, entre outras.

8. OUTRA ÓTICA DE AVALIAÇÃO DO BENEFÍCIO DA CONCESSÃO

Até esse ponto adotamos a lógica metodológica acordada com o cenário *greenfield* como o contrafactual analítico. Essa análise indicou claramente o ganho econômico e social de se ter o projeto em operação e com a requalificação esperada. No caso do cenário analisado para o sistema CBTU/STU Recife, temos a requalificação das Linhas Centro, Sul e Diesel, que amplia o fluxo de passageiros em relação ao sistema existente atual, de modo que a análise realizada é bastante coerente no sentido de mostrar benefícios ampliados ao longo do tempo.

De todo modo, em adição à análise principal, julgamos relevante tecer alguns comentários acerca do eventual comparativo com o sistema existente, o que se colocaria como cenário contrafactual *brownfield*. Sendo um cenário contrafactual à operação do sistema pelo operador público atual, teríamos uma incerteza importante quanto à disponibilidade de recursos para efetivar o plano de investimentos, e ter a requalificação do sistema no tempo estimado no cenário de análise.

Seguindo nessa análise, se o operador atual conseguir executar todo plano de investimentos no mesmo tempo e com o mesmo valor de investimento, teríamos uma situação de comparação onde poderíamos entender que a demanda futura seria muito similar, entre a operação pública e a operação concedida à iniciativa privada. Nesse caso, o ganho de benefícios na comparação com o cenário contrafactual seria nulo.

Sem ganhos em termos de benefícios e de CAPEX, restaria analisar o potencial ganho de eficiência da operação privada no que se refere ao OPEX.

Inicialmente, se compararmos o OPEX construído para o ano 1 da concessão privada com o custo operacional de 2023 da operação pública, o ganho obtido é da ordem de R\$ 168,95 milhões, indicando um ganho de eficiência importante e a consequente diminuição de necessidade de desembolsos públicos.

Para extrapolar para os 30 anos considerados no presente estudo, utilizaremos a lógica de manter o OPEX público constante, assim, se tomarmos a concessão como um todo ao longo dos seus 30 anos, teríamos algo como R\$ 3,62 bilhões de economia em uma soma nominal. Em termos de valor presente, teríamos a economia na ordem de R\$ 1,38 bilhões durante toda a concessão, indicando um ganho de eficiência expressivo.

Dessa forma, existe um ganho de eficiência e um menor OPEX na operação privada. Essa seria a principal justificativa, em uma lógica de cenário contrafactual *brownfield*, para seguir adiante com a concessão.

Na tabela 8-1 é mostrado um quadro sumarizado com o comparativo do OPEX da operação pública e privada, ilustrando o ganho monetário obtido com a concessão:

Tabela 8-1 - Quadro sumarizado com comparativos do OPEX da operação pública e privada (R\$ MM)

Tipo de Operação	Valor do OPEX no Ano 1	Soma nominal do OPEX em todos os anos de concessão	Soma em valor presente do OPEX em todos os anos de concessão
Operação Pública ¹⁰	411,84	12.355,2	4.425,98
Operação Privada	242,89	8.723,11	3.045,37
Ganho Econômico	168,95	3.622,09	1.376,72

Fonte: Consórcio GPO-SYSTRACESCON-RHEIN, 2025

¹⁰ Dados de 2023 obtidos a partir do RT01 parte B

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de custo-benefício realizada conforme a metodologia escolhida, condizente com as boas práticas internacionais e nacionais do tema, e considerando um cenário contrafactual *greenfield*, indicou um ganho para sociedade com a execução do projeto de concessão e requalificação da rede metroviária na Região Metropolitana de Recife, PE. Com VSPL acima de R\$ 1,8 bilhão e um índice B/C de cerca de 1,30 que indica que, considerando todo o período de concessão, os benefícios absorvidos pela sociedade são 1,30 vezes maiores que os custos econômicos envolvidos. A análise de sensibilidade realizada corroborou, de modo geral, com esse bom resultado em termos econômico-sociais gerado pelo projeto.

Um dos esforços principais do estudo foi quantificar, e monetizar, os principais benefícios sociais. Nesse quesito, o grande destaque foi para os ganhos de tempo durante a jornada de deslocamento, em que cada usuário do sistema de mobilidade urbana como um todo ganha cerca de 7,6 minutos por dia, ao longo do período de concessão, em relação ao cenário da inexistência do metrô. Também foram quantificados ganhos pela redução de poluentes atmosféricos, gases que contribuem para o efeito estufa, além da redução de acidentes e a redução de gastos com combustíveis, todos estes benefícios vistos como ganhos para a sociedade. Em grande medida, a transferência dos passageiros oriundos de outros modos de transporte como carros, motos e ônibus é o indutor desses benefícios.

Foram ainda destacados outros benefícios, de natureza qualitativa, que serão apreciados pelos habitantes da RMR, tais como a melhoria na universalização do acesso ao metrô, assumindo incrementos estruturais que permitem a idosos, gestantes e portadores de deficiência o uso do meio de transporte que irão gerar maior integração cultural, maior acesso a áreas comerciais e facilidades de incorporação ao mercado de trabalho e a educação.

Os custos econômicos considerados, incluindo CAPEX e OPEX, foram mais importantes nos primeiros anos da concessão, apontando para importância da boa gestão de riscos nos primeiros anos da concessão e uma execução cuidadosa do CAPEX.

Por fim, uma análise adicional, considerando o que seriam cenários contrafactuais *brownfield* contribuiu para reforçar os argumentos pela importância econômico-social da execução do projeto. Consideramos que existe ampla evidência nesse sentido e deve-se, na sequência, considerar o melhor formato para viabilizar e subsidiar a concessão, que não deve se sustentar apenas a partir das receitas geradas pela tarifa dos usuários do sistema, como já foi indicado na análise de pré-viabilidade (RT02). O tema deverá ser analisado em maior profundidade na avaliação econômico-financeira definitiva do projeto (RT08).

10.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional do Petróleo (ANP) (2025), acesso por: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis>
- Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU) (2024), 'Acidentes de Trânsito 2024. Acesso por: <http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/acidentes-de-transito-com-e-sem-vitimas>
- Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (2004), 'Guia Operacional de Acessibilidade para Projetos de Desenvolvimento Urbano com Critérios de Desenho Universal'
- Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (2006), 'Evaluación Económica de Proyectos de Transporte'
- BRITO, A. N. e STRAMBI, O. (2007), 'Análise de características relacionadas à variação do valor do tempo de viagem de motoristas usando técnicas de preferência declarada'
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2023), 'Emissões Veiculares no Estado de São Paulo'
- Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) (2019), 'Mobilidade no Sistema Viário Principal Volumes e Velocidades'
- Consórcio Grande Recife (2019), 'Anuário Estatístico do Sistema de Transporte Público de Passageiros da R.M.R - 2019'
- Department for Environment Food & Rural Affairs (2023), 'Air quality appraisal: damage cost guidance'. Acesso por: <https://www.gov.uk/government/publications/assess-the-impact-of-air-quality/air-quality-appraisal-damage-cost-guidance>
- Empresa de Planejamento e Logística S.A (EPL) (2019), 'Uso de inteligência de dados para planejamento de transporte e logística – Análise Custo-Benefício para empreendimentos de infraestrutura de transportes'
- European Commission (2014), 'Guide to cost-benefit analysis of investment projects: economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020'. Directorate-General for
- Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2010), 'Avaliação econômica de projetos de transporte: melhores práticas e recomendações para o Brasil'
- Gazeta do Povo (2019), 'Pesquisa revela a média anual de km rodado de carro pelo brasileiro'
- Harberger, Arnold C. (1972) 'Project Evaluation - Palgrave Macmillan'
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022), portal de pesquisa. Acesso por: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>

- Instituto da Cidade Pelópidas Silveira (ICPS) (2016), 'Pesquisa Origem-Destino do Recife 2016'
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2016), 'Inserção urbana de habitação de interesse social: um olhar sobre mobilidade cotidiana e uso do solo'
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2020), 'Custos Dos Acidentes De Trânsito No Brasil: Estimativa Simplificada Com Base Na Atualização Das Pesquisas Do Ipea Sobre Custos De Acidentes Nos Aglomerados Urbanos E Rodovias'
- IPEADATA (2025), portal de pesquisa. Acesso por:
<http://www.ipeadata.gov.br/exibeserie.aspx?stub=1&serid1739471028=1739471028>
- MACKIE, J. P. et al (2003), 'Values of Travel Time savings UK. Institute of Transport Studies, University of Leeds, Working paper 567.'
- Ministério da Economia (2020), 'Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura'
- Ministério dos Transportes (2024), 'Frota por Município e Tipo'. Acesso por:
<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2024>
- Nordhaus, William D. (2017) 'Revisiting the social cost of carbon'
- ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. (2011) 'Modelling Transport. 4th ed. John Wiley and Sons'
- Vasconcellos, E.A. (2012) Artigo 'O transporte urbano no Brasil' a Diplomatique
- World Bank (2005), 'Notes on the Economic Evaluation of Transport Projects – TRN15'