

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES

CADERNO DE AVALIAÇÃO SOCIOECONÔMICA

EF – 170 - FERROGRÃO: TRECHO SINOP/MT – ITAITUBA/PA



BRASÍLIA, MARÇO DE 2020.

Sumário

1. Introdução	4
2. Metodologia de Avaliação Socioeconômica	5
2.1. Redução do custo de transporte	5
2.2. Redução das externalidades negativas	6
2.2.1. Acidentes	6
2.2.2. Poluição do ar	7
2.2.3. Mudança climática	8
2.2.4. Ruído	8
2.2.5. Congestionamento	9
2.2.6. Produção de energia	10
2.2.7. Danos aos habitats	11
2.3. Atualização e conversão dos custos de externalidades	11
2.4. Aumento de arrecadação tributária	12
2.5. Geração de empregos	13
3. Premissas adotadas	15
4. Demanda no cenário “Sem Ferrogrão”	16
4.1. Modelo de Quatro Etapas	16
4.2. Distribuição de demanda	17
4.2.1. Cenários de oferta de infraestrutura	17
4.2.2. Modelo Gravitacional	18
4.2.3. Definição do zoneamento	19
4.2.4. Oferta na zona de origem	20
4.2.5. Demanda nas zonas de destino	20
4.2.6. Custo generalizado	23
4.2.7. Calibração do modelo	27
4.2.8. Critérios de projeção	28
4.2.9. Resultados da distribuição de demanda	29
5. Resultados da Avaliação Socioeconômica	31
5.1. Redução do custo de transporte	31
5.2. Redução das externalidades negativas	31
5.3. Total dos benefícios	32
5.4. CAPEX	33

5.5. OPEX	34
5.6. Fluxo de caixa da Avaliação Socioeconômica	35
5.7. Indicadores de viabilidade	39
5.8. Análise de sensibilidade	40
5.9. Aumento da arrecadação tributária	40
5.10. Geração de empregos.....	41
6. Considerações finais.....	42
Referências	43

1. Introdução

Um projeto de transportes é viável para a iniciativa privada se suas receitas forem maiores que seus custos de investimento e operação. Para a sociedade, porém, a análise de viabilidade vai além, fazendo-se necessária uma avaliação socioeconômica que compare custos e benefícios, tais como: redução do custo de transporte, de acidentes, de emissão de poluentes, de congestionamentos, geração de empregos e aumento da arrecadação tributária (Miguel e Souza, 2019).

Este trabalho apresenta a Avaliação Socioeconômica da implantação da infraestrutura ferroviária no trecho da EF-170, entre Sinop/MT e Miritituba, distrito do município de Itaituba/PA, integrante do Programa de Parcerias de Investimentos – PPI do Governo Federal, conhecida como “Ferrogrão”.

Para tanto, adotou-se o método de fluxo de caixa do DNIT complementado por um estudo da União Europeia para cálculo de custos de externalidades dos modos de transporte. Os benefícios e custos foram trazidos a valor presente líquido (VPL) com o WACC regulatório proposto pela ANTT e, por fim, foram calculados os indicadores de viabilidade Relação Benefício-Custo e *payback*.

2. Metodologia de Avaliação Socioeconômica

Ao elaborar diretrizes para o estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) de ferrovias, seja para construção, adequação ou ampliação de capacidade, o DNIT (2016) estabeleceu que a Avaliação Socioeconômica de um projeto consiste na comparação entre seus custos (de construção e operação) e seus benefícios (diretos e indiretos). Nesse contexto, os custos e os benefícios são representados em modelos de fluxos de caixa, dos quais se obtêm indicadores de viabilidade, que neste estudo serão: Relação Benefício-Custo e Tempo de Recuperação dos Custos ou *Payback*.

Ainda segundo aquela Autarquia, os benefícios diretos compreendem as reduções do custo de transportes, da emissão de poluentes e do custo de acidentes, enquanto os benefícios indiretos decorrem do desenvolvimento social e econômico da região (não calculados neste estudo), além da arrecadação tributária e da geração de empregos (calculados neste estudo).

Para o cálculo da redução dos custos de transportes, utilizou-se a metodologia do DNIT (2016). Para os demais benefícios diretos, optou-se pelo estudo sobre externalidade, também conhecidas como custos externos, dos modos de transportes contratado pela Comissão Europeia, que desempenha o poder executivo da União Europeia, intitulado *Handbook on the external costs of transport – Version 2019*, de autoria de Essen *et al.* (2019). Optou-se pelo estudo europeu por este ser mais aprofundado e detalhado que os estudos nacionais. No final, os valores obtidos foram ajustados à realidade brasileira por meio do PIB per capita em paridade de poder de compra.

O citado estudo europeu apresentou dados e informações do estado da arte dos custos externos dos modos de transportes (rodoviário, ferroviário, hidroviário, marítimo e aéreo) para os 28 países membros da União Europeia. Os custos externos foram divididos nas seguintes categorias: acidentes, poluição do ar, mudança climática, ruído, congestionamento, produção de energia, danos ao habitat e outros custos.

Por fim, para o cálculo do valor presente líquido (VLP) dos custos e benefícios, optou-se não pela taxa de juros de longo prazo (TJLP) sugerida pelo DNIT (2016), mas pelo WACC Regulatório, proposto pela ANTT por meio da Resolução ANTT nº 5.337/2017. Isso porque o WACC é mais específico à presente análise, uma vez que se aplica aos contratos de concessão ferroviária. A taxa vigente na data base de dezembro de 2017, adotada neste trabalho, era igual 11,04%.

Apresenta-se a seguir os principais fundamentos utilizados para o cálculo dos benefícios socioeconômicos.

2.1. Redução do custo de transporte

O benefício de redução do custo de transporte corresponde à diferença do custo para deslocar a demanda alocada à Ferrogrão em dois cenários: (i) cenário “Sem Ferrogrão”, no qual a carga seria transportada por outros modos e rotas de transportes; e (ii) no cenário “Com Ferrogrão”, no qual a demanda é conduzida na aludida ferrovia.

Para que os dois cenários sejam passíveis de comparação, fez-se a seguinte consideração. Como cerca de 89% da demanda total da Ferrogrão, obtida de ANTT (2019a), corresponde à exportação de grãos agrícolas (soja, farelo de soja e milho), por simplificação, o cálculo foi feito tomando esse fluxo como parâmetro.

Assim, em ambos os cenários, calculou-se o custo de transporte do Mato Grosso até um porto de exportação. O detalhamento da distribuição da demanda em outros modos e rotas referente ao primeiro cenário, bem das funções tarifárias serão feitos ao longo do estudo.

2.2. Redução das externalidades negativas

Conforme já antecipado, o cálculo dos benefícios referentes à redução das externalidades negativas em função da construção da Ferrogrão será feito com base em um estudo produzido para a União Europeia, de autoria de Essen et al. (2019).

O referido estudo divide as externalidades (também chamadas de custos externos) dos modos de transporte nos seguintes grupos: (i) acidentes; (ii) poluição do ar; (iii) mudança climática; (iv) ruído; (v) congestionamento; (vi) produção de energia e (vii) danos aos habitats. A seguir são expostos os principais conceitos de cada um desses itens.

2.2.1. Acidentes

De acordo com Essen et al. (2019), acidentes ocorrem em todos os modos de transporte e resultam em custos expressivos, que correspondem à soma de seis componentes principais: (i) custos humanos; (ii) custos médicos; (iii) custos administrativos; (iv) perdas de produção; (v) danos materiais; e (vi) outros custos, como o congestionamento resultante de acidentes rodoviários. No citado estudo, o item (iv) foi incorporado a outras categorias de custos externos. Ressalte-se que os custos de acidentes são apenas os custos sociais não cobertos por seguros.

A parcela mais significativa do custo de acidentes é o custo humano, que foi estimado a partir do Valor Estatístico da Vida, que, na União Europeia, corresponde a € 3,6 milhões. Para evitar duplicidade com a perda bruta de produção, desse valor foi subtraída a perda de consumo, que é calculada combinando-se a despesa de consumo per capita com a quantidade de anos de vida perdidos em um acidente (em média 42 anos). Assim, a perda de consumo é estimada em € 668.000, que, portanto, resulta no valor do custo humano de fatalidade em € 2.9 milhões.

Os custos totais e médios de acidentes foram calculados utilizando a abordagem *top-down*, começando pelo total de acidentes e, então, alocando a eles os diferentes tipos de veículos. Os principais dados de entrada foram o número de vítimas e o custo por categoria de veículo. Os custos médios de acidentes nos modos rodoviário, ferroviário e hidroviário de carga são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 1: Custo médio de acidentes na União Europeia

Modo	Custo médio (€-cent/tkm) Data-base: 2016
Rodovia (caminhão acima de 3,5 t)	1,3

Modo	Custo médio (€-cent/tkm) Data-base: 2016
Ferrovia (trens de carga a diesel)	0,1
Hidrovia (embarcação de navegação interior)	0,1

Fonte: Essen *et al.*, 2019.

Observa-se que o custo de acidentes por unidade de produção na rodovia é significativamente maior que na ferrovia. Isso é bastante coerente, uma vez que a literatura consensualmente indica que o transporte ferroviário é mais seguro que o rodoviário. Por exemplo, esses números são corroborados pela probabilidade de ocorrência de acidentes calculada por Leal Jr. (2010), indicando que a chance de ocorrer um acidente em rodovia é quatro vezes maior que a chance de ocorrer um acidente em ferrovia.

2.2.2. Poluição do ar

O estudo europeu contempla quatro tipos de impactos causados pela emissão de poluentes do ar:

- Efeitos na saúde, a inalação de poluentes, como material particulado (PM₁₀, PM_{2,5}) e óxidos de nitrogênio (NO_x), elevam o risco de doenças respiratórias e cardiovasculares (ex.: bronquite, asma, câncer de pulmão). Esses efeitos negativos à saúde geram custos de tratamento médico, perda de produção no trabalho e, em alguns casos, até mesmo à morte.
- Perdas de produção agrícola: o ozônio como um poluente secundário (gerado principalmente pela emissão de NO_x e VOC) e outros poluentes ácidos (ex.: SO₂, NO_x) podem prejudicar a produção agrícola.
- Danos a edificações e a materiais: os poluentes do ar podem levar a dois tipos principais de danos a edificações e outros materiais: (a) poluição da superfície dos edifícios por partículas e poeira; e (b) danos por processos corrosivos causados por substâncias ácidas (ex.: NO_x, SO_x).
- Perda de biodiversidade: os poluentes podem causar danos aos ecossistemas. Os danos mais importantes são: (a) a acidificação do solo, da chuva e da água (ex.: NO_x, SO_x) e (b) a eutrofização dos ecossistemas (ex.: NO_x, NH₃). Danos a ecossistemas podem levar a uma diminuição da biodiversidade (flora e fauna).

Os custos de poluição do ar médios e totais foram calculados por meio da abordagem *bottom-up*. Os custos médios nos modos rodoviário, ferroviário e hidroviário de carga são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 2: Custo médio da poluição do ar na União Europeia

Modo	Custo médio (€-cent/tkm) Data-base: 2016
Rodovia (caminhão acima de 3,5 t)	0,8
Ferrovia (trens de carga a diesel)	0,7
Hidrovia (embarcação de navegação interior)	1,3

Fonte: Essen *et al.*, 2019.

Observe-se que o modo ferroviário é o de menor custo. Esse fato é corroborado por Villar e Marchetti (2011), que sustentam que a ferrovia emite poluentes em menor quantidade quando comparado ao modal rodoviário, gerando impactos socioambientais positivos, que devem ser levados em consideração em uma avaliação de projetos de infraestrutura de transportes.

2.2.3. Mudança climática

A emissão de gases do efeito estufa na atmosfera leva ao aquecimento global e à mudança climática. Como os efeitos da mudança climática são globais, de longo prazo e têm padrões de risco de difícil previsibilidade, a identificação de custos associados a esses efeitos é extremamente complexa. Os modos de transporte emitem CO₂, N₂O e CH₄, os quais são gases do efeito estufa. Os cálculos dos custos se basearam no fator de custo de € 100 por tonelada de CO₂ equivalente (na data-base de 2016).

Os custos médios nos modos rodoviário, ferroviário e hidroviário de carga são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 3: Custo médio de mudança climática na União Europeia

Modo	Custo médio (€-cent/tkm) Data-base: 2016
Rodovia (caminhão acima de 3,5 t)	0,5
Ferrovia (trens de carga a diesel)	0,2
Hidrovia (embarcação de navegação interior)	0,3

Fonte: Essen *et al.*, 2019.

2.2.4. Ruído

O ruído gerado pelo tráfego é tido como uma desutilidade acompanhada de custos significativos. A emissão de ruído representa um problema ambiental em crescimento devido à combinação da tendência de crescimento da urbanização e dos volumes de tráfego. Enquanto o aumento de tráfego resulta em níveis mais elevados de ruído, o crescimento da urbanização resulta no aumento do número de pessoas expostas à desutilidade do ruído.

Ruído pode ser definido como sons indesejados de duração, intensidade ou outra característica variável, que causem danos físicos ou psicológicos às pessoas. A exposição prolongada e frequente ao ruído provoca vários danos à saúde, tais como: cardiopatia isquêmica, acidente vascular cerebral, demência, hipertensão e irritabilidade.

O estudo europeu propôs custos de ruído aos modos rodoviário, ferroviário e aéreo. Para o modo hidroviário, os custos foram considerados desprezíveis, haja vista que ocorrem em áreas esparsamente povoadas e a emissão desse tipo de transporte é baixa. Os autores utilizaram como limite mínimo de incômodo o valor de 50 dB(A).

Os custos de ruído totais e médios foram calculados a partir da metodologia *bottom-up*. Os três principais dados de entrada foram: (i) número de pessoas expostas ao

ruído; (ii) o custo ambiental de ruído, que reflete a perda de bem-estar que ocorre a cada decibel; e (iii) fatores de ponderação para cada tipo de veículo.

Os custos de ruído são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4: Custo médio de ruído na União Europeia

Modo	Custo médio (€-cent/tkm) Data-base: 2016
Rodovia (caminhão acima de 3,5 t)	0,5
Ferrovia (trens de carga a diesel)	0,4
Hidrovia (embarcação de navegação interior)	-

Fonte: Essen *et al.*, 2019.

2.2.5. Congestionamento

De acordo com Essen *et al.* (2019), o custo de congestionamento surge quando um veículo adicional reduz a velocidade dos outros veículos em determinado fluxo e, consequentemente, resulta no aumento o tempo de viagem. O custo referente ao congestionamento rodoviário pode ser definido com base na relação velocidade-fluxo em um dado contexto, como, por exemplo, a nível urbano ou interurbano.

Todavia, segundo os autores, essa abordagem não pode ser estendida para outros modos de transporte, como o ferroviário e o aéreo, uma vez que, geralmente, os serviços nesses modos são programados e são planejados com base na capacidade alocativa da rede e dos nós.

O congestionamento rodoviário pode ser definido como a impedância que os veículos impõem uns aos outros conforme o tráfego se aproxima da capacidade máxima da rede de transportes. É importante destacar que congestionamento rodoviário também pode impactar em outras externalidades. Por exemplo, uma variação no nível de congestionamento implica em uma variação da emissão de poluentes e de acidentes e, portanto, em seus custos externos. Esses custos foram tratados, quando possível, nos outros itens do estudo europeu.

Ainda, o estudo apresenta duas abordagens para calcular o custo de congestionamento rodoviário: (i) custos de atraso (*delay costs*) e (ii) *deadweight loss*. O custo de atraso considera o tempo de viagem perdido em função da situação de fluxo livre. Já a abordagem de *deadweight loss* está associada ao conceito de ineficiência alocativa. Maiores detalhes podem ser consultados no item 7.2.1 de Essen *et al.* (2019).

O custo de congestionamento definido por meio da abordagem *deadweight loss* é tido como uma forma apropriada de precificação em transportes. Do mesmo modo, o custo de atraso reflete o custo de congestionamento total, de forma parcialmente comparável aos outros custos externos. Assim, neste estudo, adotou-se a média das duas abordagens.

O estudo europeu ainda apresenta dois tipos de custo: (i) custos suportados e (ii) custos gerados. Os custos suportados são aqueles impostos aos motoristas e passageiros

dos veículos, enquanto os custos gerados são os custos que os motoristas dos veículos impõem aos outros participantes da rede de transportes. De forma conservadora, neste estudo foram adotados apenas os custos gerados, pois se considera que os custos suportados já estariam internalizados nos custos de frete.

Por fim, para estimar o custo de congestionamento nas duas abordagens, o estudo europeu fez a diferenciação entre os contextos urbano e interurbano, e também apresentou o custo total, que considera os dois contextos. Neste estudo, adotou-se o custo total, apresentado na tabela a seguir.

Tabela 5: Custo médio de congestionamento na União Europeia

Modo	Custo médio (€-cent/tkm) Data-base: 2016
Rodovia (caminhão acima de 3,5 t) abordagem " <i>deadweight loss</i> "	0,13
Rodovia (caminhão acima de 3,5 t) abordagem " <i>delay cost</i> "	0,80
Rodovia (caminhão acima de 3,5 t) média adotada	0,47
Ferrovias (trens de carga a diesel)	-
Hidrovia (embarcação de navegação interior)	-

Fonte: Essen *et al.*, 2019.

2.2.6. Produção de energia

Todas as categorias de custos externos apresentadas anteriormente tratam de efeitos diretos da operação de transportes. Todavia, existem outros processos prévios e posteriores diretamente relacionados aos modos de transporte que também trazem externalidades negativas. Adotando-se uma visão de ciclo de vida, tem-se que a produção de energia (*well-to-tank*), a produção de veículos e de infraestrutura, a manutenção e disposição final resultam na emissão de poluentes, de gases do efeito estufa, de substâncias tóxicas e outros impactos negativos. Os efeitos mais relevantes são, de longe, as emissões devido à produção de energia, tratados neste item, enquanto os demais não foram precificados pelo estudo europeu.

Os custos da produção de energia incluem a produção de diferentes tipos de fontes de energia, que geram poluição e outras externalidades. A extração de energia, o processamento (ex.: refino de petróleo ou produção de eletricidade), o transporte ou transmissão, a construção de plantas energéticas e outras infraestruturas: tudo gera a emissão de poluentes (PM_{2.5}, PM₁₀, NO_x, SO₂, NMVOC), gases do efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O) e outras substâncias, que são relevantes nos custos externos totais.

Os custos associados à produção de energia são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 6: Custo médio de produção de energia na União Europeia

Modo	Custo médio (€-cent/tkm) Data-base: 2016
Rodovia (caminhão acima de 3,5 t)	0,2
Ferrovias (trens de carga a diesel)	0,1
Hidrovia (embarcação de navegação interior)	0,1

Fonte: Essen *et al.*, 2019.

2.2.7. Danos aos habitats

Os modos de transporte têm diferentes efeitos na natureza, na paisagem e nos habitats naturais. Os principais efeitos reportados pela literatura são: perda de habitats (perda de ecossistema), fragmentação e degradação de habitats devido a emissões, descritos a seguir:

- Perda de habitats: a infraestrutura de transportes necessita de terrenos naturais. Assim, ocorre uma perda de ecossistemas naturais, que são habitats naturais de plantas e animais. A perda de habitats ocorre durante a fase de implantação da infraestrutura de transportes, mas perdura durante toda a sua vida útil.
- Fragmentação de habitats: a infraestrutura de transportes também tem efeitos de fragmentação e separação do habitat natural de algumas espécies de animais, resultando em efeitos negativos à biodiversidade.
- Degradação dos habitats devido às emissões: a degradação dos habitats também pode ocorrer devido à emissão de poluentes e outras substâncias tóxicas (ex.: metais pesados, HAP). A perda de biodiversidade devido à emissão de poluentes já é tratada no item “Poluição do ar”, enquanto que os efeitos negativos de outras substâncias tóxicas são foram precificados.

Os custos referentes a danos aos habitats são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 7: Custo médio dos danos aos habitats na União Europeia

Modo	Custo médio (€-cent/tkm)
Rodovia (caminhão acima de 3,5 t)	0,2
Ferrovia (trens de carga a diesel)	0,2
Hidrovia (embarcação de navegação interior)	0,2

Fonte: Essen *et al.*, 2019.

2.3. Atualização e conversão dos custos de externalidades

Em resumo, os custos das externalidades extraídos de Essen *et al.* (2019) são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 8: Custo das externalidades negativas (€-cent/tkm em 2016)

Custos de externalidades negativas de transporte de carga (€-cent/tkm em 2016)			
Custo externo	Rodovia (caminhão acima de 3,5 t)	Ferrovia (trens de carga a diesel)	Hidrovia (embarcação de navegação interior)
Acidentes	1,3	0,1	0,1
Poluição do ar	0,8	0,7	1,3
Mudança climática	0,5	0,2	0,3
Ruído	0,5	0,4	0,0
Congestionamento	0,5	0,0	0,0
Produção de energia	0,2	0,1	0,1

Custos de externalidades negativas de transporte de carga (€-cent/tkm em 2016)			
Danos aos habitats	0,2	0,2	0,2
Total	3,9	1,8	1,9

Fonte: Essen *et al.*, 2019.

Os valores apresentados estão na unidade “centavo de Euro por tonelada-quilômetro” e estão na data-base de 2016. Para atualizá-los, aplicou-se a taxa de inflação de União Europeia, fornecida pelo Banco Mundial, cujo valor acumulado de janeiro de 2017 até outubro de 2018 corresponde a cerca de 3,2%, e para converter os valores para Real foi utilizada a cotação fornecida pela Receita Federal em 31/10/2018, igual a R\$ 4,21. Os valores atualizados e convertidos são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 9: Custo das externalidades negativas (R\$/1000TKU em out/2018)

Custo externo	Rodovia (caminhão acima de 3,5 t)	Ferrovia (trens de carga a diesel)	Hidrovia (embarcação de navegação interior)
Acidentes	54,6	2,8	2,6
Poluição do ar	33,1	29,5	56,3
Mudança climática	22,8	10,9	11,5
Ruído	21,6	19,4	0,0
Congestionamento	20,3	0,0	0,0
Produção de energia	8,8	5,9	5,8
Danos aos habitats	8,5	10,7	8,6
Total	169,6	79,3	84,8

Fonte: elaboração própria.

O cálculo dos benefícios oriundos das externalidades foi feito de forma análoga ao cálculo dos benefícios da redução do custo de transporte: calculou-se o custo das externalidades nos dois cenários (“Sem Ferrogrão” e “Com Ferrogrão”) e a diferença corresponde ao benefício auferido com a construção da aludida ferrovia.

2.4. Aumento de arrecadação tributária

Para estimar o aumento da arrecadação tributária decorrente da construção da Ferrogrão, foram listados os tributos e as respectivas alíquotas incidentes sobre obras, serviços e supervisão propostos pelo DNIT (2016), mostrados na tabela abaixo. Os tributos estaduais, em razão de dificuldades operacionais, foram excluídos da estimativa de impacto tributário pelo DNIT.

Tabela 10 – Alíquotas de tributos sobre obras, serviços e supervisão

Tributos sobre obras e serviços			
Custos financeiros	Competência	Tributo	Alíquota
Obras e serviços	União	CSLL	1,00%
	União	IRPJ	1,20%
	União	PIS/PASEP	0,65%
	União	COFINS	3,00%

Tributos sobre obras e serviços			
	Municipal	ISS	4,00%
Supervisão	União	CSLL	1,00%
	União	IRPJ	4,80%
	União	PIS/PASEP	0,65%
	União	COFINS	3,00%
	Municipal	ISS	4,00%

Fonte: DNIT, 2016.

As alíquotas foram aplicadas aos itens do CAPEX e assim obteve-se a arrecadação tributária oriunda da construção da ferrovia.

2.5. Geração de empregos

Para o cálculo da quantidade de empregos gerados em decorrência da implantação da Ferrogrão, utilizou-se o estudo realizado pelo BNDES intitulado de “Modelo de Geração de Emprego: Metodologia e Resultados”, elaborado por Najberg e Ikeda (1999), posteriormente atualizado pelo estudo “Novas Estimativas do Modelo de Geração de Empregos do BNDES”, publicado por Najberg e Pereira (2004) na Sinopse Econômica nº 133.

O Modelo de Geração de Empregos do BNDES estima o número de postos de trabalho que poderão surgir a partir de um aumento de produção nos diferentes setores da economia. O modelo trabalha com três tipos de empregos:

- **Emprego direto:** correspondente à mão-de-obra adicional requerida pelo setor onde se observa o aumento de produção;
- **Emprego indireto:** correspondente aos postos de trabalho que surgem nos setores que compõem a cadeia produtiva, já que a produção de um bem final estimula a produção de todos os insumos necessários à sua produção;
- **Emprego efeito-renda:** obtido a partir da transformação da renda dos trabalhadores e empresários em consumo. Parte da receita das empresas auferida em decorrência da venda de seus produtos se transforma, por meio do pagamento de salários ou do recebimento de dividendos, em renda dos trabalhadores e dos empresários. Ambos gastam parcela de sua renda adquirindo bens e serviços diversos, segundo seu perfil de consumo, estimulando a produção de um conjunto de setores e realimentando o processo de geração de emprego.

O modelo desagrega a economia em 41 setores, obedecendo a classificação setorial das Contas Nacionais e da Matriz de Insumo-Produto divulgadas pelo IBGE. O cálculo do emprego toma como base a média de postos de trabalho e o total de bens e serviços produzidos na economia ao longo de um ano. Assim, o resultado deve ser entendido como o número de postos de trabalho requerido para viabilizar uma determinada produção anual.

Nesse contexto, os resultados foram apresentados para cada um dos 41 setores, divididos em empregos diretos, indiretos e efeito-renda gerados a partir de um aumento de produção setorial de R\$ 10 milhões, a preços de 2003. Esse valor de referência foi atualizado a partir do IPCA divulgado pelo IBGE, resultando em R\$ 23.057.662,82 em outubro de 2018.

Para a análise deste estudo, são aplicáveis dois setores da economia: (i) construção civil e (ii) peças e outros veículos. Assim, o CAPEX da Ferrogrão foi dividido nesses dois setores conforme mostra a tabela abaixo.

Tabela 11 Divisão do CAPEX da Ferrogrão nos setores da economia do IBGE

Item do CAPEX da Ferrogrão	Setor da Economia
1-Custos Indiretos	Construção civil
2-Desapropriação e Aquisição de Terras	
3-Edificações e Instalações	
4-Infraestrutura Ferroviária	
5-Máquinas e Equipamentos	Peças e outros veículos
6-Locomotiva	
7-Vagão	
8-Projeto Executivo	Construção civil
9-Serviços Preliminares	
10-Sistemas Ferroviários	
11-Superestrutura Ferroviária	
12-Terraplanagem	

Fonte: elaboração própria.

O quantitativo de empregos gerados para os setores de construção civil e de peças e outros veículos é apresentado na tabela a seguir.

**Tabela 12: Empregos gerados por aumento de produção de R\$ 23.057.662,81
(Data-base: out/18)**

Setor	Diretos	Indiretos	Efeito-Renda	Total
Construção civil	176	83	271	530
Peças e outros veículos	37	117	234	388

Fonte: BNDES.

3. Premissas adotadas

As principais premissas adotadas neste estudo são as seguintes:

- No cenário “Sem Ferrogrão”, serão construídas todas as outras ferrovias previstas no Caderno de Demanda, como a FICO e sua extensão até Porto Velho/RO, a extensão da RMN de Rondonópolis/MT até Sinop/MT, a extensão da FNS de Açailândia/MA até Barcarena/PA e a FIOL.
- No cenário “Sem Ferrogrão”, a demanda a ela alocada no Caderno de Demanda será distribuída em outros modos e rotas de transporte por meio da aplicação do Modelo Gravitacional em um zoneamento bastante simplificado do território nacional.
- O custo de transporte em todas as rotas rodoviárias será dado pela mesma função tarifária, inclusive na BR-163 entre Sinop/MT e Miritituba/PA, visto ela ter sido totalmente pavimentada em 2019.
- As externalidades dos modos de transporte serão calculadas por meio de um estudo da União Europeia e os valores obtidos serão convertidas à realidade socioeconômica brasileira por meio do PIB per capita em paridade de poder de compra.
- Para o cálculo da Avaliação Socioeconômica, será adotado como referência o fluxo de exportação dos três produtos mais expressivos do Caderno de Demanda da Ferrogrão, quais sejam: soja, farelo de soja e milho, uma vez que, juntos, tais fluxos de exportação representam 89% de toda a demanda.

4. Demanda no cenário “Sem Ferrogrão”

Conforme já antecipado, para fazer a presente Avaliação Socioeconômica, primeiramente é necessário estimar de que forma a demanda alocada à Ferrogrão seria distribuída na rede de transportes se ela não fosse construída. Sob outra ótica, é preciso conhecer de quais rodovias, ferrovias ou hidrovias a Ferrogrão captará sua demanda.

A partir daí, verifica-se, então, se a construção da Ferrogrão gerará benefícios socioeconômicos, ou seja, se ela será uma infraestrutura de transporte mais eficiente sob o aspecto socioeconômico do que as outras opções atuais e futuras de transporte. Em caso positivo (isto é, se houver benefícios sociais e econômicos), é feita uma comparação dos custos e dos benefícios e daí se extraem indicadores de viabilidade.

Assim, compara-se a distribuição de demanda em duas hipóteses: (i) na hipótese de construção da Ferrogrão; e (ii) na hipótese de não construção da Ferrogrão. Na primeira hipótese, utiliza-se o Caderno de Demanda (ANTT, 2019).

Por seu turno, na segunda hipótese, para fazer a distribuição da demanda da Ferrogrão em outros modos e rotas de transporte, foi refeita de modo simplificado a segunda etapa do tradicional Modelo de Quatro Etapas, conforme detalhado a seguir.

4.1. Modelo de Quatro Etapas

De acordo com Ortúzar e Willumsen (2011), anos de experimentação e desenvolvimento resultaram em uma estrutura geral conhecida como o Modelo Clássico de Transportes ou Modelo de Quatro Etapas para o cálculo da demanda. A abordagem se inicia com a divisão da área analisada em zonas e com a coleta de dados, que são utilizados para estimar o número de viagens geradas e atraídas por cada zona (*geração de viagens*). No próximo passo, essas viagens são distribuídas no espaço, produzindo uma matriz de viagens (*distribuição de viagens*). Então, é feita a *divisão modal*, na qual as matrizes são segregadas em diferentes modos e, por fim, ocorre a *alocação* na rede de transportes.

Como não poderia ser diferente, o Caderno de Demanda (ANTT, 2019) aplicou o Modelo de Quatro Etapas para o cálculo do volume de carga a ser transportado pela Ferrogrão. O modelo de simulação utilizado foi o programa VISUM, no qual foi modelada a rede de infraestrutura de transportes atual e futura, considerando os projetos em desenvolvimento. A seguir, faz-se uma breve síntese dos principais aspectos considerados na modelagem de demanda da Ferrogrão.

Na etapa de **geração de viagens**, definiu-se a demanda de transportes de cada produto relevante, para cada ano-horizonte, para cada zona, em função de seu potencial como polo produtor ou atrator de deslocamentos. A estimativa de geração de demanda envolve a previsão de dois componentes: (i) a produção, que consiste na demanda produzida em cada zona, e (ii) a atração, que consiste na demanda destinada ou consumida em cada zona.

Na etapa de **distribuição de viagens**, foram montadas as matrizes origem-destino por meio do Modelo Gravitacional, que utiliza informações sobre a oferta de

transportes prevista. A demanda produzida em cada zona é distribuída entre as zonas de destino em função de seu potencial atrator, que depende de dois fatores: (i) a estimativa de atração da zona, e (ii) a competição com as demais zonas.

Na etapa de **divisão modal**, foi utilizado o modelo Logit do tipo aninhado (*nested Logit*), e para a variável de entrada “custo generalizado” adotou-se o frete e os custos de pedágio e transbordo. O frete de cada modo transporte (rodoviário, ferroviário e hidroviário) foi calculado por meio das funções tarifárias fornecidas pela EPL.

Por fim, na **alocação** das viagens, as rotas foram determinadas a partir do caminho de menor impedância. Para tanto, foi utilizado o procedimento de alocação incremental, que permite que uma porcentagem pré-definida da matriz seja alocada a cada iteração (10% ou 25%, por exemplo).

Ainda, o referido Caderno definiu como área de influência todo o território nacional. A divisão em zonas se deu da seguinte forma: no estado do Mato Grosso foram consideradas zonas os municípios e nos demais estados, as microrregiões homogêneas do IBGE. No total, foram definidas 709 zonas de transporte, incluindo-se os portos.

Ressalte-se aqui que a construção da Ferrogrão tem grande potencial de alteração da logística nacional de cargas. Isso ocorre porque haverá uma significativa indução de desenvolvimento dos portos do Arco Norte. Diante disso, não é trivial a distribuição de sua demanda a outros modos e rotas de transporte.

Por exemplo, não é razoável considerar que, caso a Ferrogrão não seja construída, sua demanda seria integralmente absorvida pela BR-163, que corresponde à rota rodoviária a ela paralela. Isso porque o potencial de atração do Porto de Miritituba difere substancialmente nas hipóteses de estar ou não conectado ao Mato Grosso por uma via ferroviária.

Com efeito, conforme se extrai da explanação conceitual do Caderno de Demanda (ANTT, 2019a), no Modelo Gravitacional, mudanças que afetem a acessibilidade relativa de uma zona face às demais alteram o potencial atrator dessa zona, beneficiando-a.

Isto posto, para distribuir a demanda da Ferrogrão nas outras opções de transporte, adotou-se, neste estudo, um zoneamento simplificado, composto pelos corredores utilizados para a calibração do Caderno de Demanda, e foi aplicado o Modelo Gravitacional, conforme detalhado nos itens seguintes.

4.2. Distribuição de demanda

4.2.1. Cenários de oferta de infraestrutura

Neste estudo, foram considerados os mesmos cenários de oferta de infraestrutura adotados no Caderno de Demanda (ANTT, 2019a). Desse modo, mesmo na hipótese de não construção da Ferrogrão, considera-se que todas as outras ferrovias previstas no Caderno de Demanda serão construídas.

Foram definidos quatro cenários de oferta de infraestrutura, quais sejam: (i) Cenário-Base, referente a 2017; (ii) Cenário 1, referente a 2030; (iii) Cenário 2, referente a 2035; e (iv) Cenário 3, referente a 2045. As novas infraestruturas de transporte consideradas em cada cenário são sintetizadas a seguir:

- Cenário Base (2017): situação em 2017.
- Cenário 1 (2030):
 - FIOL (Ilhéus-Caetité);
 - FNS (Porto Nacional-Estrela d'Oeste).
- Cenário 2 (2035):
 - FIOL (Caetité-Figueirópolis);
 - FICO (Lucas do Rio Verde-Campinorte);
 - TLSA;
 - FNS (Açailândia-Barcarena);
 - Extensão Ferrogrão (Sinop-Lucas do Rio Verde).
- Cenário 3 (2045):
 - Extensão FICO (Lucas do Rio Verde-Porto Velho);
 - Extensão FNS (Panorama-Rio Grande);
 - Extensão Ferrogrão (Rondonópolis-Lucas do Rio Verde).

4.2.2. Modelo Gravitacional

O Modelo Gravitacional, utilizado no Caderno de Demanda e também neste estudo, é uma estratégia de modelagem análoga à Lei Gravitacional de Newton, considerando que as viagens entre uma origem e um destino são proporcionais às respectivas populações (ou, no caso de transporte de cargas, à produção e ao consumo de mercadorias) e inversamente proporcionais à distância entre elas (Isler, 2015).

O Modelo Gravitacional pode ser expresso pela seguinte equação:

$$T_{ij} = \alpha_j \frac{O_{t_i} \cdot D_{t_j}}{c_{ij}^\beta} \quad (1)$$

Onde:

T_{ij} = Total de viagens entre as zonas i e j;

α_j, β = coeficientes de calibração do modelo;

O_{t_i} = Oferta total do produto na zona i;

D_{t_j} = Demanda total do produto na zona j;

C_{ij} = custo generalizado

4.2.3. Definição do zoneamento

Conforme já antecipado, neste estudo foi adotado um zoneamento simplificado para fins de distribuição da demanda no cenário “Sem Ferrogrão”. Adotou-se apenas uma zona de origem (“i”), qual seja, o estado do Mato Grosso com centroide em Sinop. Por seu turno, as zonas de destino (“j”) foram definidas da seguinte forma. O Caderno de Demanda¹ levantou os dados de exportação de grãos, por porto, com origem no Mato Grosso, para calibração do modelo. Na sequência, para cada porto, foi definido um corredor específico de exportação, conforme mostra a tabela abaixo.

Tabela 13 – Exportação de soja e milho produzidos no estado do Mato Grosso

Corredor	Portos	Exportação de soja e milho produzidos no Mato Grosso em 2017 (mil t)
Santos	Imbituba, Paranaguá, Rio Grande, Santos, São Francisco, Vitória	25.960
BR-163	Barcarena, Santarém	8.444
Itaqui-Belém	Barcarena, São Luís	3.572
Itacoatiara	Manaus	3.523
Total		41.499

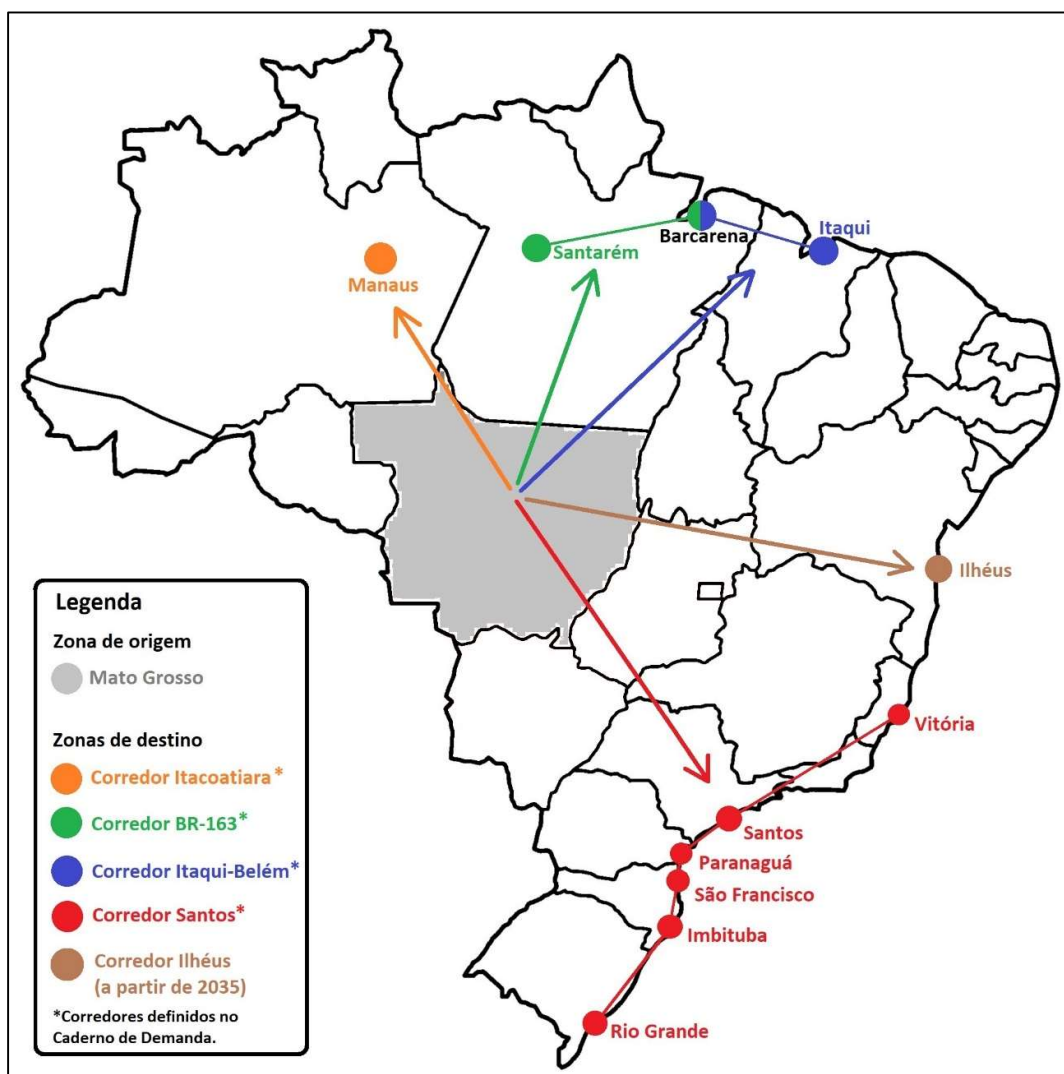
Fonte: ANTT, 2019.

As zonas de destino (j) adotadas foram os portos marítimos listados anteriormente, também agrupados nos quatro corredores, por simplificação dos cálculos. A partir de 2035, foi adicionada mais uma zona de destino (Ilhéus), visto que está prevista a ligação da FIOCRUZ à FNS, conforme se detalhará posteriormente.

Optou-se por Sinop como o centroide da zona de origem, pois, de acordo com o Caderno de Demanda (ANTT, 2019a), Dentro do estado do Mato Grosso, a principal região produtora é o norte do estado, onde se encontram municípios como Sorriso, Sinop, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, entre outros.

A figura abaixo ilustra o zoneamento adotado para a distribuição de demanda neste estudo.

¹ Para mais detalhes, consultar ANTT (2019), item 7.1.



Fonte: elaboração própria.

Figura 1: Zoneamento adotado neste estudo para a distribuição de demanda

4.2.4. Oferta na zona de origem

A oferta total dos produtos soja, farelo de soja e milho na zona de origem (estado do Mato Grosso), representada no Modelo Gravitacional como “ Ot_i ”, corresponde ao volume total exportado por aquele estado em um dado ano. Em 2017, esse volume foi cerca de 41,5 milhões de toneladas, conforme mostra a tabela do item anterior. A esse volume serão aplicados índices de projetos, apresentados posteriormente.

4.2.5. Demanda nas zonas de destino

Para estimar a demanda nas zonas de destino, foram utilizados os dados de exportação de soja, farelo e milho por porto, fornecidos pela Secretaria de Comércio Exterior do Ministério da Economia (SECEX, 2017) referentes ao ano de 2017, que corresponde ao ano de Cenário-Base. Os dados são mostrados na tabela a seguir.

Tabela 14: Exportação de soja, farelo e milho em 2017

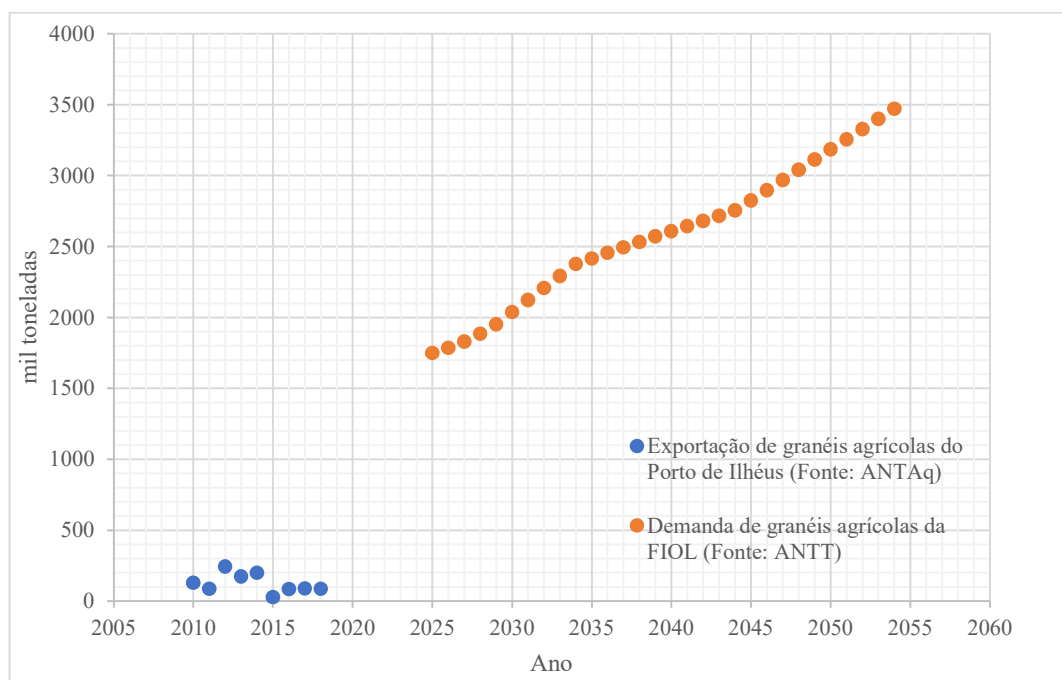
Corredor	Porto	Exportação de soja, farelo e milho em 2017 (mil t)
Santos	Imbituba	1.456
Santos	Paranaguá	20.696
Santos	Rio Grande	15.053
Santos	Santos	35.659
Santos	São Francisco Do Sul	6.312
Santos	Vitória	5.697
Santos	Total	84.873
BR-163	Barcarena	7.480
BR-164	Santarém	3.842
BR-165	Total	11.322
Itaqui-Belém	Barcarena	7.480
Itaqui-Belém	São Luís	8.060
Itaqui-Belém	Total	15.540
Itacoatiara	Manaus	4.270
Itacoatiara	Santarém	3.842
Itacoatiara	Total	8.112

Fonte: SECEX, 2017.

A esses valores foram aplicados os índices de projeção apresentados posteriormente. Todavia, são necessárias ressalvas, diante do fato mencionado anteriormente de que a atratividade de uma zona de destino depende da qualidade de sua acessibilidade.

De acordo com os cenários de infraestrutura, em 2035 a região de Sinop/MT estará ligada por via ferroviária ao Porto de Ilhéus, por meio da conclusão da FIOl, da FICO e da sua extensão entre Lucas do Rio Verde/MT e Sinop/MT. Assim, espera-se que a atratividade do Porto de Ilhéus aumente consideravelmente com a ligação da FIOl até a FNS e desta até o Mato Grosso.

Por esse motivo, não seria razoável, por exemplo, observar apenas o histórico de movimentação do referido Porto e aplicar aos dados um fator de crescimento. Isso pode ser evidenciado na figura abaixo, que compara o histórico de exportação de soja e milho (ANTAq, 2020) e a projeção de demanda dos mesmos produtos da FIOl (ANTT, 2019b).



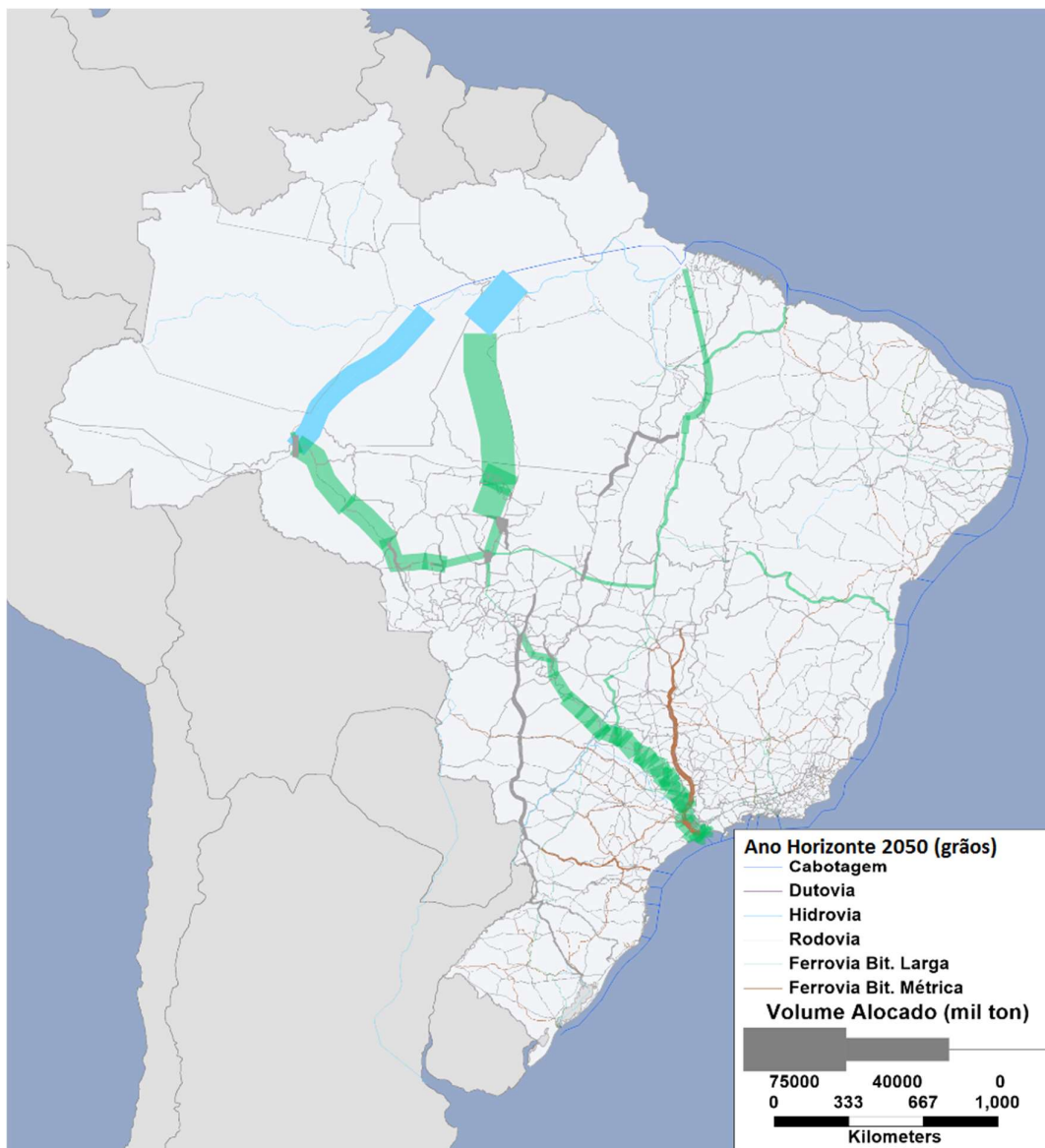
Fonte: ANTT, 2019 e ANTAq, 2020.

Figura 2 – Análise da atratividade do Porto de Ilhéus

Isto posto, adotou-se neste estudo os dados de transporte de granéis agrícolas da FIOL, sentido exportação, como valores de atratividade do Porto de Ilhéus.

O mesmo raciocínio também se aplica à atratividade do Corredor de Itacoatiara. Em 2045, iniciarão as operações da ferrovia entre Sinop/MT, Lucas do Rio Verde/MT, Vilhena/RO e Porto Velho/RO. Todavia, não foram localizados dados consistentes da projeção de demanda do Porto de Porto Velho/RO para 2045 que considerasse a ligação ferroviária até o estado de Mato Grosso.

Diante disso, optou-se, neste estudo, por estimar a atratividade de Porto Velho (integrante do Corredor Itacoatiara) a partir da figura 53 do Caderno de Demanda (ANTT, 2019a), que apresenta o carregamento da rede em 2050, replicada a seguir.



Fonte: ANTT, 2019a.

Figura 3: Volume carregado de grãos em 2050 conforme Caderno de Demanda

Assim, por meio da leitura do carregamento e da escala da figura, estima-se que Porto Velho atrairá cerca de 35 milhões de toneladas de grãos agrícolas em 2045, ano em que haverá acesso ferroviário até o Mato Grosso.

4.2.6. Custo generalizado

Para a definição do custo, primeiramente destaca-se que, para que os cenários “Com Ferrogrão” e “Sem Ferrogrão” se tornem passíveis de serem comparados, os fluxos terão como origem o município de Sinop e como destino um porto marítimo.

Assim, no cenário “com Ferrogrão”, são calculados os custos para transportar a demanda de Sinop até Miritituba via ferrovia, e de Miritituba até Barcarena via hidrovia. Já no cenário “sem Ferrogrão”, a demanda é distribuída nos corredores apresentados anteriormente.

De modo similar ao Caderno de Demanda (ANTT, 2019a), adotou-se como custo generalizado o custo de frete, acrescido das tarifas de pedágio de transbordo. Para cálculo do frete, também foram utilizadas as mesmas funções tarifárias, que foram propostas pela EPL e são apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 15: Funções tarifárias da EPL utilizadas no Caderno de Demanda

Modo/Rota	Função tarifária (out/2018)
Rodoviário (Santos)	$15,137627+014151*\text{distância}$
Rodoviário (Miritituba)	$15,137627+0157238*\text{distância}$
Ferroviário RMN	$0,106695*\text{distância}$
Ferroviário FNSTN	$0,077148*\text{distância}$
Hidrovia Baixa Restrição	$4,01743798869405+0,0212235589726*\text{distância}$
Hidrovia Média Restrição	$5,60718027309477+0,0318221334112*\text{distância}$

Fonte: ANTT, 2019a.

Há duas funções para o modo rodoviário: (i) para a rota de Santos e (ii) para a rota de Miritituba. Todavia, a BR-163, que liga o estado do Mato Grosso até Miritituba foi totalmente pavimentada em 2019, o que reduziu o custo de transporte dado pela função tarifária da EPL, datada de outubro de 2018, quando ainda havia trechos em estrada de terra.

Assim, neste estudo, optou-se pela utilização da função tarifária rodoviária da rota de Santos em todas as rotas rodoviárias. Em seguida, foram incluídos os valores de pedágio, adotando-se como referência a tarifa para caminhões de 7 eixos com 36 toneladas úteis.

Para o modo ferroviário, há duas funções tarifárias: (i) RMN e (ii) FNSTN. Assim, para tais ferrovias foram adotadas as respectivas funções. Estendeu-se a aplicação da tarifa RMN à RMP, por pertencerem ao mesmo grupo econômico e serem contíguas, e também à Ferrogrão, visto que assim foi feito no Caderno de Demanda. Para as demais, adotou-se a média das duas funções.

Por fim, no modo hidroviário, adotou-se a função de média restrição para a hidrovia do Rio Madeira (condição assim fixada no Caderno de Demanda) e no Rio Manaus. Para as demais, adotou-se a média das funções.

Isto posto, a tabela abaixo apresenta as funções tarifárias para cada rota de transporte.

Tabela 16: Função tarifária adotada em cada rota

Modo	Trecho	Via	Função tarifária
Rodovia	Sinop-Miritituba	BR-163	Rodoviário (Santos)
Rodovia	Sinop-Rondonópolis	BR-163, BR-364	Rodoviário (Santos)
Rodovia	Rondonópolis-Santos	BR-364	Rodoviário (Santos)

Modo	Trecho	Via	Função tarifária
Rodovia	Sinop-Barcarena	BR-158, BR-150	Rodoviário (Santos)
Rodovia	Sinop-Porto de Itaquí	BR-158, BR-222	Rodoviário (Santos)
Rodovia	Sinop-Porto Nacional	BR-163, TO-080	Rodoviário (Santos)
Rodovia	Sinop-Porto Velho	BR-364	Rodoviário (Santos)
Ferrovia	Sinop - Lucas do Rio Verde	EXTFGRÃO	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Lucas do Rio Verde - Campinorte	FICO	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Campinorte - Estrela d'Oeste	RMC	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Estrela d'Oeste - Santos	RMP	RMN
Ferrovia	Campinorte-Porto Nacional	RMC	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Porto Nacional-Açailândia	FNSTN	FNSTN
Ferrovia	Açailândia-Itaquí	EFC	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Açailândia-Barcarena	EXTFNS	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Campinorte-Figueirópolis	RMC	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Figueirópolis-Ilhéus	FIOL	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Lucas do Rio Verde - Vilhena	EXTFICO	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Vilhena - Porto Velho	EXTFICO	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Lucas do Rio Verde - Rondonópolis	EXTFGRÃO	Média (RMN e FNSTN)
Ferrovia	Rondonópolis-Santos	RMN, RMP	RMN
Ferrovia	Sinop-Miritituba	FGRÃO	RMN
Hidrovia	Porto Velho-Manaus	Rio Madeira	Hidrovia média restrição
Hidrovia	Porto Velho-Santarém	Rio Madeira	Hidrovia média restrição
Hidrovia	Santarém-Barcarena	Rio Amazonas	Hidrovia média restrição
Hidrovia	Miritituba-Santarém	Rio Tapajós	Média (Hidrovia média e baixa)
Hidrovia	Miritituba-Barcarena	Rio Tapajós	Média (Hidrovia média e baixa)

Fonte: elaboração própria.

Os corredores possuem mais de uma rota de transporte, via de regra. Por exemplo, o Corredor Santos no Cenário-Base (2017) tem há duas rotas: (i) uma rota rodoviária entre Sinop/MT e Santos/SP; e (ii) uma rota rodoferroviária, de Sinop/MT até Rondonópolis/MT via rodovia e de Rondonópolis/MT até Santos via ferrovia.

Para cada rota foi calculado o custo por meio das funções tarifárias expostas anteriormente. Por seu turno, para calcular o custo do corredor, utilizou-se o Método de Alocação por Proporção Inversa. Definiu-se o percentual de participação de cada rota e, a partir daí, obteve-se o custo médio ponderado do corredor.

O Método de Alocação por Proporção Inversa foi proposto inicialmente por Irwin e von Cube (1962 apud CAMPOS, 2013, p. 112), e, ao contrário do método de alocação “tudo ou nada”, considera que um fluxo de transporte representado por um par origem-destino pode utilizar mais de uma rota entre a sua origem e seu destino, tendo em vista que a percepção de tempo, distância e a escolha de rotas pode variar entre os usuários da infraestrutura de transportes.

Assim, considerando as impedâncias tempo, distância ou custo logístico, o método distribui o fluxo em diferentes rotas na proporção inversa de suas impedâncias, conforme a seguinte equação:

$$P(r)_{ij} = \frac{w_{ijr}^{-1}}{\sum_x (w_{ijr}^{-1})} \quad (2)$$

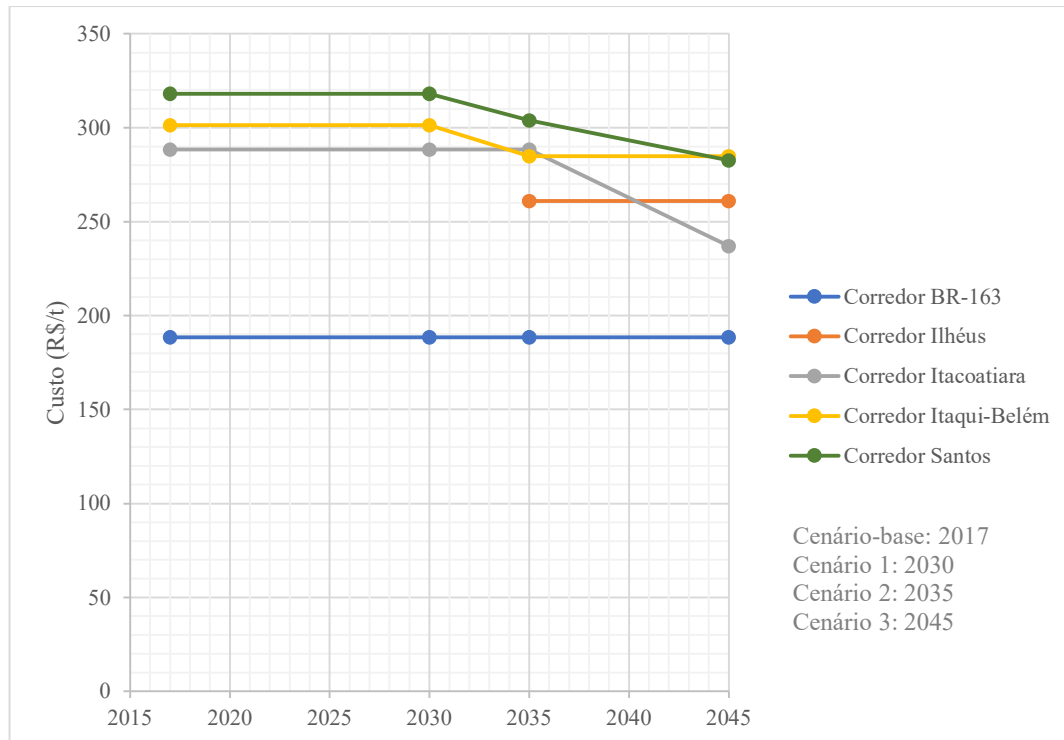
Onde:

$P(r)_{ij}$ representa a proporção de um fluxo que será alocado na rota r , com origem i para o destino j ;

w_{ijr}^{-1} representa o inverso da impedância w de uma rota r , com origem i para o destino j , elevado. Note-se que, nesse estudo, a impedância w é representada pelo custo de transporte da rota r ; e

$\sum_x (w_{ijr}^{-1})$ representa o somatório do inverso das impedâncias w de uma rota r , considerando as x rotas possíveis, com origem i para o destino j .

Neste estudo, a impedância foi o custo de transporte. Os custos dos corredores (de Sinop/MT até um porto de exportação) nos diferentes cenários (2017, 2030, 2035 e 2045) são apresentados na figura abaixo.



Fonte: elaboração própria.

Figura 4: Custos dos corredores na hipótese “Sem Ferrogrão”

No **Cenário 1**, referente a 2030, a distribuição de demanda nos quatro corredores permanece inalterada quando comparada ao Cenário-base, uma vez que não há implementação de infraestrutura que altere substancialmente o escoamento da produção do Mato Grosso.

No **Cenário 2**, referente a 2035, ocorrerão as seguintes mudanças na oferta de infraestrutura e seus respectivos efeitos nos custos:

- Extensão da FNS entre Açailândia e Barcarena, que reduzirá o custo de transporte até o Porto de Barcarena e, conseqüentemente, do Corredor Itaqui-Belém;
- Construção da FICO e da sua extensão até Sinop, que reduzirá o custo de transporte até os Portos de Santos, Itaqui ou Barcarena por meio do escoamento pela FNS. Assim, haverá redução do custo dos corredores Santos e Itaqui-Belém.
- Ligação da FIOI à FNS, que permitirá a ligação do Mato Grosso ao Porto de Ilhéus por meio de ferrovia.

Por fim, no **Cenário 3**, referente a 2045, haverá:

- Extensão da FICO entre Lucas do Rio Verde e Porto Velho, que reduzirá substancialmente o custo do Corredor Itacoatiara;
- Extensão da Ferrogrão entre Rondonópolis e Lucas de Rio Verde, que reduzirá ainda mais o custo do Corredor Santos.

4.2.7. Calibração do modelo

De acordo com o Caderno de Demanda (ANTT, 2019a), a maior desvantagem do Modelo Gravitacional é a necessidade de um procedimento de calibração, além de exigir informações que descrevam a oferta de transportes, tanto para seu desenvolvimento quanto para sua aplicação.

Neste estudo, a calibração do Modelo Gravitacional, apresentado na Equação 1, foi feita com a ferramenta Solver do programa Microsoft Excel. Para tanto, utilizaram-se os dados do cenário-base de 2017, uma vez que o total de viagens entre as zonas de origem e destino (T_{ij}) é conhecido, ou seja, corresponde à exportação de soja, farelo e milho produzidos no Mato Grosso nos portos de análise. A tabela a seguir apresenta os parâmetros calibrados.

Tabela 17: Resultado da calibração do Modelo Gravitacional

Variável	Valor calibrado
α Corredor Santos	0,6
α Corredor BR-163	0,3
α Corredor Itaqui-Belém	0,4
α Corredor Itacoatiara	0,6
β	3,15

Fonte: elaboração própria.

De acordo com Ortúzar e Willumsen (2011), o parâmetro β não é restrito a ser um número inteiro e diferentes estudos estimaram valores entre 0,6 e 3,6. Portanto, o valor encontrado está dentro do intervalo recomendado.

Para o Corredor Ilhéus, que corresponde à ligação ferroviária entre Sinop/MT e Ilhéus/BA a partir de 2035, adotou-se o mesmo valor do Corredor Itaquí-Belém, por ser o mais próximo geograficamente.

4.2.8. Critérios de projeção

Para projetar a oferta na zona de origem e a demanda nas zonas de destino dos produtos soja, farelo e milho para os anos 2030, 2035 e 2045, tomou-se como parâmetro a projeção apresentada no Caderno de Demanda e replicada na tabela a seguir.

Tabela 18: Projeção do volume de grãos produzidos no Mato Grosso

Produto	Variável (mil t)	2020	2030	2040	2050
Soja	Produção	38.496	50.589	55.987	59.285
Soja	Consumo	9.573	11.014	12.728	14.441
Soja	Exportação	25.632	36.531	40.658	42.467
Farelo de soja	Produção	7.333	8.434	9.746	11.058
Farelo de soja	Consumo	869	1.025	1.146	1.242
Farelo de soja	Exportação	5.495	6.260	7.339	8.476
Milho	Produção	29.861	44.291	52.042	56.234
Milho	Consumo	3.092	3.648	4.078	4.421
Milho	Exportação	18.051	30.463	38.128	41.193
Total	Produção	75.690	103.314	117.775	126.577
Total	Consumo	13.534	15.687	17.952	20.104
Total	Exportação	49.178	73.254	86.125	92.136

Fonte: ANTT 2019a.

Foram considerados apenas os valores de exportação, uma vez que o consumo ocorre no próprio estado do Mato Grosso e, portanto, não demanda os corredores de transporte em análise.

Portanto, tem-se a taxa de projeção a ser aplicada. Para o ano de 2035, foi utilizada a interpolação linear dos anos de 2030 e 2040 e, de modo análogo, para o ano de 2045 foi utilizada a interpolação linear dos anos 2040 e 2050. Os resultados da projeção são mostrados na tabela abaixo.

Tabela 19: Resultado da projeção de oferta e demanda nos anos-horizontes

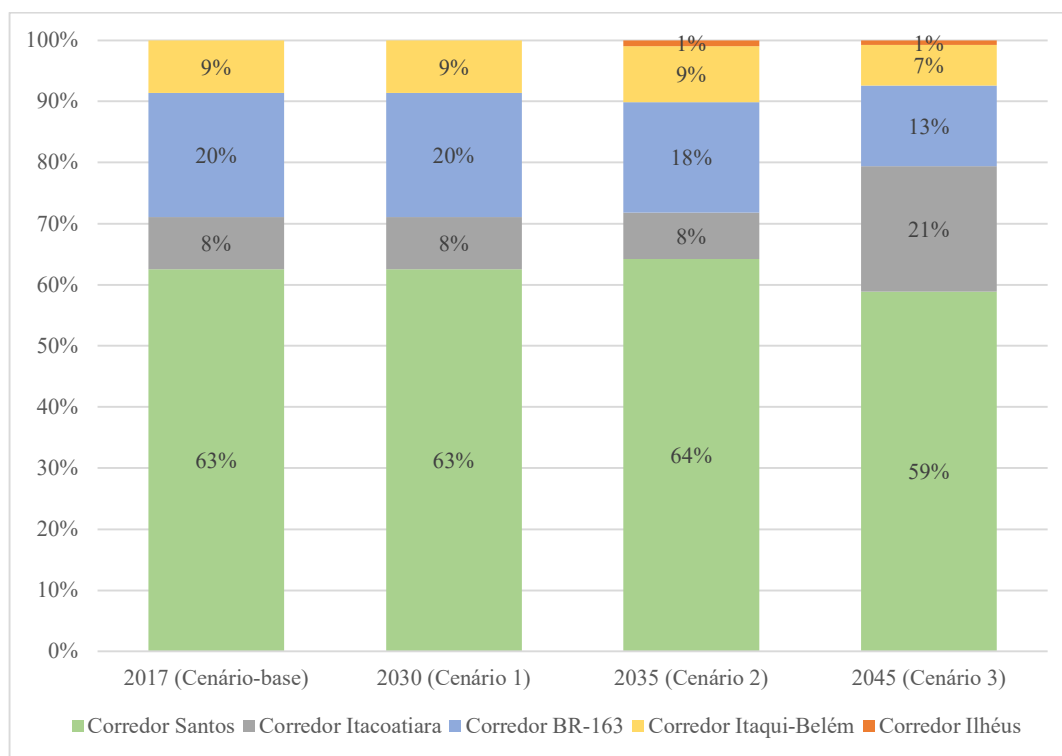
Ano	Corredor	Oti Oferta de soja, farelo e milho no MT (TU)	Dtj Demanda de soja, farelo e milho (TU)
2017	Santos	41.499.000	84.873.177
2017	BR-163	41.499.000	11.322.419
2017	Itaqui-Belém	41.499.000	15.539.766
2017	Itacoatiara	41.499.000	8.112.000
2030	Santos	73.254.000	149.818.060
2030	BR-163	73.254.000	19.986.325
2030	Itaqui-Belém	73.254.000	27.430.783
2030	Itacoatiara	73.254.000	14.319.296
2035	Santos	79.689.500	162.979.855
2035	BR-163	79.689.500	21.742.161
2035	Itaqui-Belém	79.689.500	29.840.628
2035	Itacoatiara	79.689.500	15.577.272
2035	Ilhéus*	79.689.500	2.418.232
2045	Santos	89.130.500	182.288.457
2045	BR-163	89.130.500	24.318.005
2045	Itaqui-Belém	89.130.500	33.375.916
2045	Itacoatiara*	89.130.500	35.000.000
2045	Ilhéus	89.130.500	2.827.367

*A demanda no Corredor Ilhéus em 2023 e no Corredor Itacoatiara em 2045 foram estimadas conforme exposto no item 4.2.5 Demanda nas zonas de destino.

Fonte: elaboração própria.

4.2.9. Resultados da distribuição de demanda

Uma vez definidos os parâmetros de entrada do Modelo Gravitacional, quais sejam: a oferta, a demanda, o custo e as variáveis de calibração, é possível obter, finalmente, a distribuição da demanda da Ferrogrão nos corredores analisados. Os resultados são apresentados na figura a seguir.



Fonte: elaboração própria.

Figura 5: Resultado da distribuição de demanda da Ferrogrão a partir do Modelo Gravitacional

Portanto, no cenário “Sem Ferrogrão”, a demanda a ela alocada no Caderno de Demanda será distribuída conforme os resultados apresentados.

5. Resultados da Avaliação Socioeconômica

5.1. Redução do custo de transporte

Os benefícios de redução do custo de transporte oriundos da construção da Ferrogrão são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 20: Benefício de redução do custo de transporte

Ano	Demanda (TU 10 ⁶)	Custo Cenário "Com Ferrogrão"	Custo Cenário "Sem Ferrogrão"	Custo Cenário "Sem Ferrogrão" menos Cenário "Com Ferrogrão"	VPL WACC 11,04% (R\$)
2020	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2025	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2030	21,2	R\$ 3.032.268.693,62	R\$ 6.098.257.789,43	R\$ 3.065.989.095,81	R\$ 968.939.412,82
2035	48,5	R\$ 6.942.887.342,05	R\$ 13.572.006.257,27	R\$ 6.629.118.915,23	R\$ 1.241.036.514,71
2040	52,3	R\$ 7.483.620.238,33	R\$ 14.629.034.823,40	R\$ 7.145.414.585,06	R\$ 792.426.365,31
2045	46,8	R\$ 6.697.926.721,78	R\$ 12.211.333.502,23	R\$ 5.513.406.780,45	R\$ 362.204.844,84
2050	48,8	R\$ 6.975.553.103,20	R\$ 12.717.488.387,68	R\$ 5.741.935.284,47	R\$ 223.457.660,18
2055	50,2	R\$ 7.188.330.897,77	R\$ 13.105.414.490,66	R\$ 5.917.083.592,90	R\$ 136.410.371,84
2060	51,3	R\$ 7.345.889.999,82	R\$ 13.392.668.565,16	R\$ 6.046.778.565,34	R\$ 82.578.404,46
2065	52,2	R\$ 7.474.735.122,04	R\$ 13.627.572.711,32	R\$ 6.152.837.589,27	R\$ 49.776.070,45
2070	53,0	R\$ 7.584.770.473,95	R\$ 13.828.183.801,14	R\$ 6.243.413.327,19	R\$ 29.920.577,97
2075	53,7	R\$ 7.681.612.456,93	R\$ 14.004.741.383,85	R\$ 6.323.128.926,92	R\$ 17.950.752,66
2080	54,3	R\$ 7.768.101.504,54	R\$ 14.162.423.999,46	R\$ 6.394.322.494,92	R\$ 10.753.451,88
2085	54,8	R\$ 7.845.778.768,74	R\$ 14.304.041.401,10	R\$ 6.458.262.632,36	R\$ 6.433.862,82
2089	55,2	R\$ 7.902.249.803,09	R\$ 14.406.996.638,19	R\$ 6.504.746.835,10	R\$ 4.262.542,09
Total	3049,6	R\$ 436.337.726.419,30	R\$ 810.329.258.482,38	R\$ 373.991.532.063,07	R\$ 19.208.699.531,73

Fonte: elaboração própria.

5.2. Redução das externalidades negativas

Os benefícios de redução das externalidades negativas oriundos da construção da Ferrogrão são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 21: Benefício da redução de externalidades negativas

Ano	Demanda (TU 10 ⁶)	Custo Cenário "Com Ferrogrão"	Custo Cenário "Sem Ferrogrão"	Custo Cenário "Sem Ferrogrão" menos Cenário "Com Ferrogrão"	VPL WACC 11,04% (R\$)
2020	0,0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2025	0,0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2030	21,2	R\$ 3.464.835.414,03	R\$ 6.224.627.590,48	R\$ 2.759.792.176,45	R\$ 872.172.511,83
2035	48,5	R\$ 7.908.835.867,02	R\$ 13.329.555.306,67	R\$ 5.420.719.439,65	R\$ 1.014.812.201,54

Ano	Demanda (TU 10 ⁶)	Custo Cenário "Com Ferrogrão"	Custo Cenário "Sem Ferrogrão"	Custo Cenário "Sem Ferrogrão" menos Cenário "Com Ferrogrão"	VPL WACC 11,04% (R\$)
2040	52,3	R\$ 8.523.055.781,40	R\$ 14.367.701.065,36	R\$ 5.844.645.283,96	R\$ 648.171.070,24
2045	46,8	R\$ 7.555.754.414,12	R\$ 12.031.582.521,38	R\$ 4.475.828.107,26	R\$ 294.040.815,36
2050	48,8	R\$ 7.864.607.140,09	R\$ 12.530.286.800,63	R\$ 4.665.679.660,53	R\$ 181.573.251,60
2055	50,2	R\$ 8.099.089.347,97	R\$ 12.912.502.626,56	R\$ 4.813.413.278,58	R\$ 110.966.743,14
2060	51,3	R\$ 8.274.292.928,45	R\$ 13.195.528.317,51	R\$ 4.921.235.389,06	R\$ 67.207.317,42
2065	52,2	R\$ 8.419.144.928,89	R\$ 13.426.974.671,72	R\$ 5.007.829.742,83	R\$ 40.513.028,74
2070	53,0	R\$ 8.543.712.789,73	R\$ 13.624.632.763,80	R\$ 5.080.919.974,07	R\$ 24.349.511,12
2075	53,7	R\$ 8.653.732.508,86	R\$ 13.798.591.416,70	R\$ 5.144.858.907,84	R\$ 14.605.757,81
2080	54,3	R\$ 8.752.146.283,84	R\$ 13.953.952.942,26	R\$ 5.201.806.658,42	R\$ 8.747.975,67
2085	54,8	R\$ 8.840.590.609,80	R\$ 14.093.485.733,98	R\$ 5.252.895.124,18	R\$ 5.233.049,28
2089	55,2	R\$ 8.904.903.274,21	R\$ 14.194.925.468,70	R\$ 5.290.022.194,49	R\$ 3.466.536,49
Total	3049,6	R\$ 492.971.369.514,15	R\$ 799.878.584.867,55	R\$ 306.907.215.353,40	R\$ 16.256.015.828,58

Fonte: elaboração própria.

5.3. Total dos benefícios

Assim, uma vez que benefícios de redução do custo de transporte e de redução das externalidades negativas foram trazidos a valor presente líquido (VPL), é possível somá-los, e assim obter o valor total. Antes, porém, faz-se uma ressalva.

O cálculo dos custos de externalidades foi feito utilizando dados da realidade da União Europeia. Para a transposição desses valores para o Brasil, optou-se por aplicar um fator de correção.

Como fator de correção, foi selecionado o PIB per capita em paridade de poder de compra (PPC). Esse mesmo fator foi utilizado no próprio estudo europeu, nas situações em que havia um valor disponível para apenas um país e era necessário transpô-lo a outros países. Por exemplo, havia o custo de isolamento provocado pela infraestrutura de transportes apenas para a Alemanha, e o valor foi adaptado aos outros países com base no PIB per capita PPC de cada um dos outros país da União Europeia.

Assim, foram consultados os valores de PIB per capita em PPC do Brasil e da União Europeia em 2016 – por ser esta a data base da maioria dos dados do estudo europeu. Os valores foram consultados no sítio eletrônico do Banco Mundial², e são mostrados na tabela abaixo.

Tabela 22: PIB per capita PPC em 2016

Local	PIB per capita PPC em 2016
Brasil	\$15.331,55
União Europeia	\$40.276,31

Fonte: Banco Mundial

² <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD>

Esses valores foram utilizados para adaptar os valores de VPL da realidade europeia para a realidade brasileira, conforme mostra a tabela abaixo.

Tabela 23: Total dos benefícios ajustados à realidade brasileira

Benefício	Total a VPL	Total a VPL ponderado pelo PIB per capita PPC
Redução do custo do frete	R\$ 19.208.699.531,73	R\$ 19.208.699.531,73
Redução das externalidades	R\$ 16.256.015.828,58	R\$ 6.188.001.534,05
TOTAL	R\$ 35.464.715.360,30	R\$ 25.396.701.065,77

Fonte: elaboração própria.

5.4. CAPEX

O CAPEX foi extraído de ANTT (2019c). Todavia, para sua aplicação na Avaliação Socioeconômica, seus valores devem ser corrigidos por fatores de conversão, a fim de transformar os valores financeiros em valores econômicos.

O Departamento de Transportes do Reino Unido produziu um manual para tratar do cálculo da análise benefício-custo (Department for Transport, 2018), no qual sustenta que a relação benefício-custo pode ser baseada tanto em custo de fatores, quanto em preços de mercado, de modo que a escolha da alternativa não afetará o resultado. Porém, é essencial que todos os impactos sejam expressos de maneira consistente.

Nessa mesma linha, o DNIT (2016) propõe fatores de conversão para transformar valores financeiros (preços de mercado) em valores econômicos (preços a custo de fatores). A aplicação desses fatores de conversão tem por objetivo eliminar dos valores financeiros de projetos ferroviários os impostos indiretos (IPI, ICMS, etc) e acrescentar, caso tenham sido concedidos, os subsídios governamentais, e com isso indicar os valores reais desses projetos para a sociedade. Os fatores de conversão propostos pelo DNIT são mostrados na tabela abaixo.

Tabela 24: Fatores de conversão de valor financeiro para valor econômico

Custos (obras e serviços)		
Construção	Canteiro de obras	0,700
	Mobilização e desmobilização	0,810
	Terraplenagem	0,795
	Drenagem e obras de arte correntes (OAC)	0,701
	Obras de arte especiais	0,733
	Sinalização	0,762
	Obras complementares	0,590
	Realocação de serviços públicos	0,700
	Aquisição e transportes	0,700
	Construção de acessos rodoviários aos principais pátios	0,790
	Reassentamento de população afetada pelo empreendimento	0,700
	Paisagismo e urbanização	0,700
	Desapropriações	0,700

Custos (obras e serviços)	
Custos ambientais	0,780
Estudos e projeto	0,700
Supervisão e gerenciamento	0,700
Custos de operação	0,700
Custos de manutenção	0,700
Benefícios	
Diretos	0,700

Fonte: DNIT (2016).

A tabela abaixo mostra como foram aplicados os fatores de conversão ao CAPEX da Ferrogrão.

Tabela 25: Itens do CAPEX e aplicação dos fatores

Item	Tipo de investimento	Total (R\$) VPL	Fatores	Obs (itens de custo de fatores adotados)
1	Custos Indiretos	R\$ 221.236.428,18	0,723	Média dos fatores de construção
2	Desapropriação e Aquisição de Terras	R\$ 53.544.990,26	0,700	Desapropriações
3	Edificações e Instalações	R\$ 26.435.343,79	0,723	Média dos fatores de construção
4	Infraestrutura Ferroviária	R\$ 706.529.831,29	0,723	Média dos fatores de construção
5	Máquinas e Equipamentos	R\$ 57.063.798,22	0,700	Custos de operação
6	Locomotiva	R\$ 121.708.923,60	0,700	Custos de operação
7	Vagão	R\$ 331.998.431,83	0,700	Custos de operação
8	Projeto Executivo	R\$ 134.212.320,22	0,700	Estudos e projeto
9	Serviços Preliminares	R\$ 0,00	0,723	Média dos fatores de construção
10	Sistemas Ferroviários	R\$ 0,00	0,723	Média dos fatores de construção
11	Superestrutura Ferroviária	R\$ 1.132.158.727,71	0,723	Média dos fatores de construção
12	Terraplanagem	R\$ 919.815.197,04	0,795	Terraplanagem

Fonte: elaboração própria.

Ressalte-se que os benefícios de redução do custo de transporte não contêm ICMS (tributo indireto), assim os valores já estão a custo de fatores. De igual modo, os benefícios de externalidades extraídos do estudo europeu também não continham a incidência de tributos.

5.5. OPEX

O OPEX foi extraído de ANTT (2019c) e é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 26: Custos do serviço de transporte

Malha	Modalidade	Tipo de custo	Custo (R\$/1.000 TKU)
Malha Própria	Vertical	Custo Operacional Fixo	R\$ 17,61
		Despesas Administrativas	R\$ 5,52
		Custo Operacional Variável	R\$ 10,04

Malha	Modalidade	Tipo de custo	Custo (R\$/1.000 TKU)
Malha Própria	Visitado por Direito de Passagem	Custo Operacional Fixo	R\$ 12,01
		Despesas Administrativas	R\$ 0,01
		Custo Operacional Variável	-
Malha De Terceiros	Visitante por Direito de Passagem	Custo Operacional Fixo	R\$ 6,35
		Despesas Administrativas	R\$ 2,17
		Custo Operacional Variável	R\$ 9,94

Fonte: ANTT (2019c).

5.6. Fluxo de caixa da Avaliação Socioeconômica

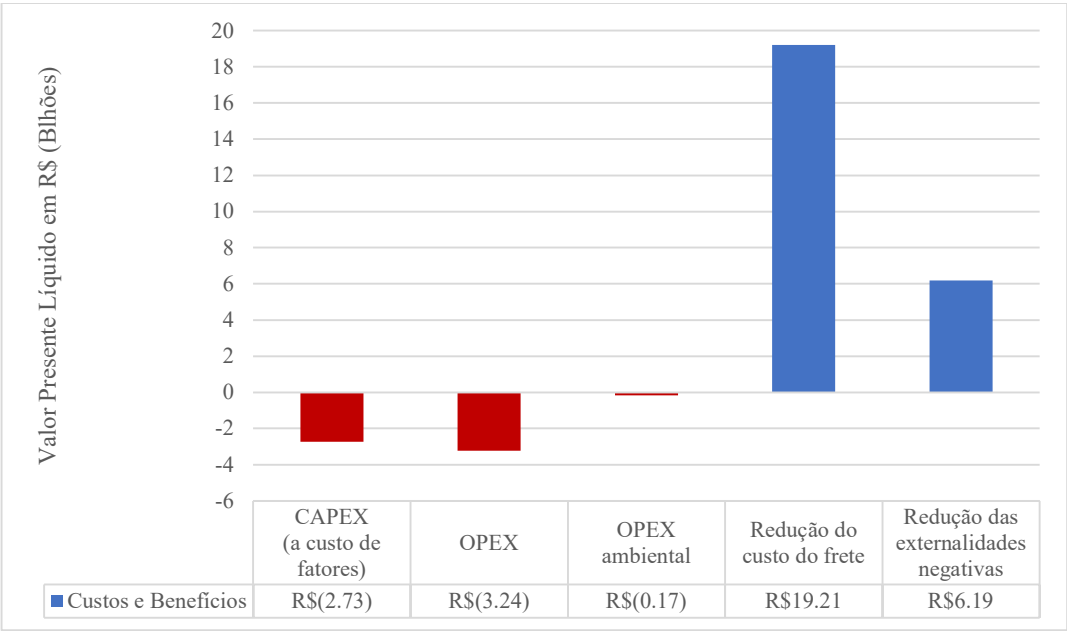
Uma vez que já são conhecidos todos os benefícios e custos do projeto da Ferrogrão, faz-se a comparação de ambos por meio do modelo de fluxo de caixa, apresentado na tabela a seguir.

Ano	Custos			Benefícios		Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
	CAPEX (a custo de fatores)	OPEX	OPEX ambiental	Redução do custo do frete	Redução das externalidades negativas			
2020	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2021	-R\$ 75.716.926,99	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 75.716.926,99	-R\$ 61.409.289,60	-R\$ 61.409.289,60
2022	-R\$ 61.358.155,67	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 61.358.155,67	-R\$ 44.816.087,31	-R\$ 106.225.376,91
2023	-R\$ 526.869.742,11	R\$ 0,00	-R\$ 41.698.755,53	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 568.568.497,64	-R\$ 373.994.297,97	-R\$ 480.219.674,88
2024	-R\$ 910.616.258,76	R\$ 0,00	-R\$ 41.698.755,53	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 952.315.014,29	-R\$ 564.135.416,90	-R\$ 1.044.355.091,79
2025	-R\$ 945.053.757,04	R\$ 0,00	-R\$ 41.698.755,53	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 986.752.512,57	-R\$ 526.418.959,28	-R\$ 1.570.774.051,06
2026	-R\$ 928.501.236,36	R\$ 0,00	-R\$ 41.698.755,53	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 970.199.991,89	-R\$ 466.127.896,31	-R\$ 2.036.901.947,37
2027	-R\$ 407.061.363,51	R\$ 0,00	-R\$ 41.698.755,53	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 448.760.119,04	-R\$ 194.168.434,76	-R\$ 2.231.070.382,13
2028	-R\$ 320.523.482,71	R\$ 0,00	-R\$ 41.698.755,53	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 362.222.238,24	-R\$ 141.143.223,50	-R\$ 2.372.213.605,62
2029	-R\$ 478.494.551,24	R\$ 0,00	-R\$ 41.698.755,53	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 520.193.306,77	-R\$ 182.545.120,59	-R\$ 2.554.758.726,21
2030	-R\$ 678.607.915,73	-R\$ 641.461.858,07	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 3.065.989.095,81	R\$ 1.050.540.206,26	R\$ 2.789.068.004,58	R\$ 881.424.502,90	-R\$ 1.673.334.223,32
2031	-R\$ 63.923.524,48	-R\$ 1.044.058.467,76	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 4.990.078.789,84	R\$ 1.709.778.807,10	R\$ 5.584.484.081,01	R\$ 1.589.386.866,30	-R\$ 83.947.357,02
2032	-R\$ 92.131.518,68	-R\$ 1.327.123.538,18	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.342.756.523,65	R\$ 2.173.210.218,17	R\$ 7.089.320.161,27	R\$ 1.817.070.173,04	R\$ 1.733.122.816,03
2033	-R\$ 86.432.335,08	-R\$ 1.349.080.429,06	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.447.477.338,97	R\$ 2.209.049.015,88	R\$ 7.213.622.067,02	R\$ 1.665.102.763,75	R\$ 3.398.225.579,78
2034	-R\$ 88.934.270,56	-R\$ 1.370.954.379,06	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.551.810.541,57	R\$ 2.244.756.679,16	R\$ 7.329.287.047,41	R\$ 1.523.596.387,50	R\$ 4.921.821.967,28
2035	-R\$ 22.508.288,90	-R\$ 919.768.329,72	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.629.118.915,23	R\$ 2.063.446.576,45	R\$ 7.742.897.349,36	R\$ 1.449.546.834,67	R\$ 6.371.368.801,95
2036	-R\$ 9.190.987,44	-R\$ 933.743.513,30	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.733.141.082,41	R\$ 2.095.953.021,41	R\$ 7.878.768.079,39	R\$ 1.328.334.993,58	R\$ 7.699.703.795,54
2037	-R\$ 8.986.850,88	-R\$ 947.670.359,79	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.836.933.875,37	R\$ 2.128.390.198,38	R\$ 8.001.275.339,39	R\$ 1.214.867.907,20	R\$ 8.914.571.702,74
2038	-R\$ 15.784.735,79	-R\$ 961.554.145,79	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.940.527.736,24	R\$ 2.160.768.345,23	R\$ 8.116.565.676,20	R\$ 1.109.845.940,99	R\$ 10.024.417.643,73
2039	-R\$ 9.190.987,44	-R\$ 975.398.257,05	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 7.043.943.799,08	R\$ 2.193.094.862,54	R\$ 8.245.057.893,44	R\$ 1.015.323.988,67	R\$ 11.039.741.632,40
2040	-R\$ 53.253.950,44	-R\$ 988.823.023,24	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 7.145.414.585,06	R\$ 2.224.817.837,56	R\$ 8.320.763.925,25	R\$ 922.772.588,69	R\$ 11.962.514.221,09
2041	-R\$ 6.743.770,08	-R\$ 997.300.485,61	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 7.208.166.786,35	R\$ 2.244.467.255,87	R\$ 8.441.198.262,84	R\$ 843.055.434,83	R\$ 12.805.569.655,92
2042	-R\$ 6.402.735,40	-R\$ 1.005.754.512,96	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 7.270.825.289,38	R\$ 2.264.092.158,67	R\$ 8.515.368.676,01	R\$ 765.906.991,75	R\$ 13.571.476.647,68
2043	-R\$ 12.859.585,62	-R\$ 1.014.188.560,02	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 7.333.404.276,65	R\$ 2.283.696.419,52	R\$ 8.582.661.026,84	R\$ 695.208.519,69	R\$ 14.266.685.167,37

Ano	Custos			Benefícios		Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
	CAPEX (a custo de fatores)	OPEX	OPEX ambiental	Redução do custo do frete	Redução das externalidades negativas			
2044	-R\$ 6.743.770,08	-R\$ 1.022.605.645,59	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 7.395.915.964,48	R\$ 2.303.283.315,02	R\$ 8.662.458.340,14	R\$ 631.909.422,48	R\$ 14.898.594.589,84
2045	-R\$ 24.895.531,66	-R\$ 894.176.935,57	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.513.406.780,45	R\$ 1.703.765.023,73	R\$ 6.290.707.813,26	R\$ 413.269.859,85	R\$ 15.311.864.449,69
2046	-R\$ 3.410.346,80	-R\$ 901.480.653,00	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.561.123.533,20	R\$ 1.718.955.659,88	R\$ 6.367.796.669,59	R\$ 376.741.925,84	R\$ 15.688.606.375,53
2047	-R\$ 3.410.346,80	-R\$ 908.777.934,33	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.608.822.855,36	R\$ 1.734.145.397,28	R\$ 6.423.388.447,81	R\$ 342.246.881,20	R\$ 16.030.853.256,73
2048	-R\$ 3.751.381,48	-R\$ 916.070.428,13	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.656.509.235,00	R\$ 1.749.334.498,53	R\$ 6.478.630.400,23	R\$ 310.870.179,78	R\$ 16.341.723.436,51
2049	-R\$ 3.410.346,80	-R\$ 923.359.728,45	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.704.187.117,88	R\$ 1.764.523.215,73	R\$ 6.534.548.734,66	R\$ 282.378.747,75	R\$ 16.624.102.184,26
2050	-R\$ 1.023.104,04	-R\$ 929.356.769,68	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.741.935.284,47	R\$ 1.776.033.758,90	R\$ 6.580.197.645,96	R\$ 256.080.136,16	R\$ 16.880.182.320,42
2051	-R\$ 3.069.312,12	-R\$ 936.931.866,94	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.789.853.099,94	R\$ 1.791.299.937,47	R\$ 6.633.760.334,66	R\$ 232.496.959,47	R\$ 17.112.679.279,89
2052	-R\$ 2.728.277,44	-R\$ 942.269.905,71	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.823.830.346,18	R\$ 1.802.295.388,49	R\$ 6.673.736.027,82	R\$ 210.643.019,67	R\$ 17.323.322.299,56
2053	-R\$ 9.185.127,66	-R\$ 947.388.822,62	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.856.346.197,87	R\$ 1.812.783.986,56	R\$ 6.705.164.710,45	R\$ 190.593.482,22	R\$ 17.513.915.781,78
2054	-R\$ 2.387.242,76	-R\$ 952.291.930,18	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.887.417.488,44	R\$ 1.822.770.964,45	R\$ 6.748.117.756,25	R\$ 172.743.531,40	R\$ 17.686.659.313,18
2055	-R\$ 2.046.208,08	-R\$ 956.984.944,53	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.917.083.592,90	R\$ 1.832.269.915,70	R\$ 6.782.930.832,30	R\$ 156.371.310,71	R\$ 17.843.030.623,90
2056	-R\$ 2.046.208,08	-R\$ 961.476.736,15	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.945.403.669,32	R\$ 1.841.301.685,21	R\$ 6.815.790.886,61	R\$ 141.506.533,58	R\$ 17.984.537.157,48
2057	-R\$ 1.705.173,40	-R\$ 965.777.988,25	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.972.449.403,12	R\$ 1.849.891.874,24	R\$ 6.847.466.592,03	R\$ 128.029.692,92	R\$ 18.112.566.850,40
2058	-R\$ 1.023.104,04	-R\$ 969.900.827,13	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 5.998.303.599,09	R\$ 1.858.070.074,25	R\$ 6.878.058.218,48	R\$ 115.815.630,61	R\$ 18.228.382.481,01
2059	-R\$ 1.364.138,72	-R\$ 973.857.610,24	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.023.051.991,47	R\$ 1.865.867.112,92	R\$ 6.906.305.831,75	R\$ 104.729.174,87	R\$ 18.333.111.655,88
2060	-R\$ 7.479.954,26	-R\$ 977.660.941,53	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.046.778.565,34	R\$ 1.873.313.391,06	R\$ 6.927.559.536,91	R\$ 94.606.873,26	R\$ 18.427.718.529,13
2061	-R\$ 1.023.104,04	-R\$ 981.322.450,92	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.069.567.105,97	R\$ 1.880.439.127,61	R\$ 6.960.269.154,93	R\$ 85.603.003,65	R\$ 18.513.321.532,78
2062	-R\$ 1.157.580,89	-R\$ 984.854.404,97	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.091.498.141,75	R\$ 1.887.273.296,53	R\$ 6.985.367.928,73	R\$ 77.370.036,58	R\$ 18.590.691.569,36
2063	-R\$ 2.723.434,89	-R\$ 988.266.997,95	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.112.643.907,32	R\$ 1.893.842.029,95	R\$ 7.008.103.980,74	R\$ 69.904.414,10	R\$ 18.660.595.983,46
2064	-R\$ 2.723.434,89	-R\$ 991.569.945,84	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.133.071.212,14	R\$ 1.900.169.414,29	R\$ 7.031.555.722,01	R\$ 63.164.931,97	R\$ 18.723.760.915,43
2065	-R\$ 2.382.400,21	-R\$ 994.771.756,33	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.152.837.589,27	R\$ 1.906.276.326,11	R\$ 7.054.568.235,15	R\$ 57.071.014,86	R\$ 18.780.831.930,29
2066	-R\$ 2.178.263,66	-R\$ 997.880.138,95	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.171.997.671,01	R\$ 1.912.182.330,50	R\$ 7.076.730.075,20	R\$ 51.558.269,78	R\$ 18.832.390.200,07
2067	-R\$ 2.178.263,66	-R\$ 1.000.902.046,31	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.190.597.418,90	R\$ 1.917.903.989,98	R\$ 7.098.029.575,22	R\$ 46.571.910,62	R\$ 18.878.962.110,68

Ano	Custos			Benefícios		Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
	CAPEX (a custo de fatores)	OPEX	OPEX ambiental	Redução do custo do frete	Redução das externalidades negativas			
2068	-R\$ 2.178.263,66	-R\$ 1.003.842.838,21	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.208.677.082,87	R\$ 1.923.455.776,05	R\$ 7.118.720.233,36	R\$ 42.063.821,23	R\$ 18.921.025.931,91
2069	-R\$ 1.837.228,98	-R\$ 1.006.708.158,85	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.226.272.575,19	R\$ 1.928.850.515,33	R\$ 7.139.186.179,00	R\$ 37.990.591,23	R\$ 18.959.016.523,14
2070	-R\$ 181.442.757,70	-R\$ 1.009.502.241,07	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.243.413.327,19	R\$ 1.934.098.793,05	R\$ 6.979.175.597,78	R\$ 33.446.603,11	R\$ 18.992.463.126,25
2071	-R\$ 1.974.127,10	-R\$ 1.012.229.159,62	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.260.126.843,34	R\$ 1.939.210.344,57	R\$ 7.177.742.377,50	R\$ 30.978.208,96	R\$ 19.023.441.335,21
2072	-R\$ 1.837.228,98	-R\$ 1.014.892.022,39	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.276.437.095,53	R\$ 1.944.193.615,43	R\$ 7.196.509.935,90	R\$ 27.971.188,14	R\$ 19.051.412.523,35
2073	-R\$ 1.633.092,42	-R\$ 1.017.494.053,71	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.292.361.811,11	R\$ 1.949.054.989,87	R\$ 7.214.898.131,15	R\$ 25.254.555,88	R\$ 19.076.667.079,24
2074	-R\$ 1.974.127,10	-R\$ 1.020.037.727,71	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.307.920.663,77	R\$ 1.953.801.253,36	R\$ 7.232.318.538,62	R\$ 22.798.570,91	R\$ 19.099.465.650,14
2075	-R\$ 1.633.092,42	-R\$ 1.022.525.582,19	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.323.128.926,92	R\$ 1.958.437.734,68	R\$ 7.250.016.463,29	R\$ 20.582.096,90	R\$ 19.120.047.747,05
2076	-R\$ 1.633.092,42	-R\$ 1.024.959.167,02	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.337.998.734,14	R\$ 1.962.968.703,42	R\$ 7.266.983.654,42	R\$ 18.579.129,25	R\$ 19.138.626.876,30
2077	-R\$ 1.633.092,42	-R\$ 1.027.340.376,90	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.352.542.179,27	R\$ 1.967.398.310,65	R\$ 7.283.575.496,91	R\$ 16.770.126,78	R\$ 19.155.397.003,07
2078	-R\$ 7.829.238,98	-R\$ 1.029.671.083,15	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.366.772.020,75	R\$ 1.971.730.815,16	R\$ 7.293.610.990,09	R\$ 15.123.588,87	R\$ 19.170.520.591,94
2079	-R\$ 1.633.092,42	-R\$ 1.031.952.596,60	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.380.695.519,16	R\$ 1.975.968.768,15	R\$ 7.315.687.074,59	R\$ 13.661.171,20	R\$ 19.184.181.763,14
2080	-R\$ 14.229.522,08	-R\$ 1.034.186.232,58	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.394.322.494,92	R\$ 1.980.115.418,29	R\$ 7.318.630.634,86	R\$ 12.307.878,19	R\$ 19.196.489.641,33
2081	-R\$ 1.428.955,87	-R\$ 1.036.373.078,06	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.407.660.874,72	R\$ 1.984.173.399,60	R\$ 7.346.640.716,69	R\$ 11.126.605,97	R\$ 19.207.616.247,30
2082	-R\$ 1.428.955,87	-R\$ 1.038.514.392,49	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.420.716.572,82	R\$ 1.988.144.704,95	R\$ 7.361.526.405,72	R\$ 10.040.661,55	R\$ 19.217.656.908,86
2083	-R\$ 7.829.238,98	-R\$ 1.040.611.337,63	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.433.498.770,65	R\$ 1.992.032.261,19	R\$ 7.369.698.931,54	R\$ 9.052.421,08	R\$ 19.226.709.329,93
2084	-R\$ 7.681.669,54	-R\$ 1.042.664.547,85	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.446.011.400,01	R\$ 1.995.837.406,09	R\$ 7.384.111.065,02	R\$ 8.168.339,28	R\$ 19.234.877.669,21
2085	-R\$ 1.428.955,87	-R\$ 1.044.675.233,78	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.458.262.632,36	R\$ 1.999.562.711,39	R\$ 7.404.329.630,40	R\$ 7.376.355,50	R\$ 19.242.254.024,72
2086	-R\$ 1.224.819,32	-R\$ 1.046.644.136,84	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.470.255.747,63	R\$ 2.003.209.275,47	R\$ 7.418.204.543,26	R\$ 6.655.419,66	R\$ 19.248.909.444,38
2087	-R\$ 1.224.819,32	-R\$ 1.048.572.103,21	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.481.997.306,71	R\$ 2.006.779.153,71	R\$ 7.431.588.014,21	R\$ 6.004.527,17	R\$ 19.254.913.971,55
2088	-R\$ 1.428.955,87	-R\$ 1.050.460.176,27	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.493.492.242,45	R\$ 2.010.273.903,71	R\$ 7.444.485.490,33	R\$ 5.416.920,02	R\$ 19.260.330.891,56
2089	-R\$ 1.224.819,32	-R\$ 1.052.308.967,64	-R\$ 7.391.523,69	R\$ 6.504.746.835,10	R\$ 2.013.695.471,25	R\$ 7.457.516.995,70	R\$ 4.886.889,67	R\$ 19.265.217.781,23
Total	-R\$ 6.149.562.134,03	-R\$ 60.152.982.482,72	-R\$ 735.382.710,13	R\$ 373.991.532.063,07	R\$ 116.827.046.641,93	R\$ 423.780.651.378,13	R\$ 19.265.217.781,23	-
VPL	-R\$ 2.729.530.842,64	-R\$ 3.235.168.306,47	-R\$ 166.784.135,43	R\$ 19.208.699.531,73	R\$ 6.188.001.534,05	R\$ 19.265.217.781,23	-	-

Os benefícios e custos a valor presente líquido são ainda ilustrados na figura abaixo.



Fonte: elaboração própria.

Figura 6: Benefícios e custos (VPL) decorrentes da implantação da Ferrogrão

5.7. Indicadores de viabilidade

A partir do fluxo de caixa da Avaliação Socioeconômica, observa-se que os benefícios superam os custos em 2032. Assim, do ponto de vista socioeconômico, o projeto se paga no décimo-segundo ano a partir do início da construção ou no terceiro ano a partir do início da operação da ferrovia.

A relação benefício-custo equivale à divisão do valor presente líquido de todos os benefícios pelo valor presente líquido de todos os custos incorridos no período de análise. Um investimento cuja RCB excede 1 é considerado economicamente viável (Sinha e Labi, 2007).

Complementando a definição anterior, o manual britânico que trata da relação benefício-custo (Department for Transport, 2018) ressalta essa é uma análise que quantifica em termos monetários, o tanto quanto possível, os custos e benefícios de uma proposta, incluindo itens para os quais o mercado não fornece uma quantificação satisfatória de valor.

Isto posto, a relação benefício-custo do projeto de implantação da Ferrogrão é igual a:

$$\text{Relação Benefício/Custo} = 4,14$$

Assim, conclui-se que os benefícios são mais de quatro vezes maiores que os custos, ou seja, trata-se de um projeto bastante benéfico à sociedade.

5.8. Análise de sensibilidade

Por fim, foi feita uma análise de sensibilidade a fim de se avaliar os efeitos de eventuais variações dos benefícios e dos custos. A análise é apresentada na tabela abaixo.

Tabela 27: Análise de sensibilidade da Relação Benefício-Custo

		Variação dos custos			
		0%	5%	10%	20%
Variação dos benefícios	0%	4,14	3,94	3,77	3,45
	-5%	3,93	3,75	3,58	3,28
	-10%	3,73	3,55	3,39	3,11
	-20%	3,31	3,16	3,01	2,76

Fonte: elaboração própria.

Constata-se que, ainda no pior cenário, com o incremento dos custos em 20% e com a redução dos benefícios também em 20%, o projeto se mostra benéfico à sociedade.

5.9. Aumento da arrecadação tributária

Para o cálculo da arrecadação de tributos, dividiu-se o CAPEX em dois grupos: (i) obras e serviços; e (ii) supervisão de obra, conforme exposto na tabela abaixo.

Tabela 28 – Divisão do CAPEX para cálculo da arrecadação de tributos

Item	Obras e Serviços	Supervisão de obra	Total (R\$)
Custos Indiretos	-	R\$ 439.258.733,14	R\$ 439.258.733,14
Desapropriação e Aquisição de Terras	R\$ 81.172.915,76	-	R\$ 81.172.915,76
Edificações e Instalações	R\$ 75.331.999,32	-	R\$ 75.331.999,32
Infraestrutura Ferroviária	R\$ 1.421.276.319,73	-	R\$ 1.421.276.319,73
Máquinas e Equipamentos	-	-	R\$ 162.612.979,18
Locomotiva	-	-	R\$ 761.417.952,72
Vagão	-	-	R\$ 1.371.991.776,61
Projeto Executivo	-	R\$ 171.809.795,78	R\$ 171.809.795,78
Serviços Preliminares	R\$ 0,00	-	R\$ 0,00
Sistemas Ferroviários	R\$ 0,00	-	R\$ 0,00
Superestrutura Ferroviária	R\$ 2.280.928.506,39	-	R\$ 2.280.928.506,39
Terraplanagem	R\$ 1.653.783.840,24	-	R\$ 1.653.783.840,24
Total	R\$ 5.512.493.581,44	R\$ 611.068.528,92	R\$ 8.419.584.818,87

Fonte: elaboração própria.

A esses valores foram aplicadas as alíquotas de tributos apresentadas no item 2.4. Assim, o acréscimo de arrecadação tributária em virtude do CAPEX da Ferrogrão é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 29 Acréscimo de arrecadação tributária em virtude da Ferrogrão

Investimentos Projetados		Tributos		
Descrição	Base Tributável (R\$)	Competência	Alíquota (%)	Valor (R\$)
Obras e Serviços	R\$ 5.512.493.581,44	União	5,85%	R\$ 322.480.874,51
		Estado	-	-
		Município	4,00%	R\$ 220.499.743,26
Supervisão de obra	R\$ 611.068.528,92	União	9,45%	R\$ 57.745.975,98
		Estado	-	-
		Município	4%	R\$ 24.442.741,16
Total	R\$ 6.123.562.110,36	-	-	R\$ 625.169.334,91

Fonte: elaboração própria.

Por fim, a tabela abaixo mostra a arrecadação tributária por ente federativo.

Tabela 30 Acréscimo de arrecadação tributária por ente federativo

Ente federativo	Tributos
União	R\$ 380.226.850,50
Estado	Não calculado
Município	R\$ 244.942.484,41

Fonte: elaboração própria.

5.10. Geração de empregos

De acordo com a metodologia do BNDES apresentada anteriormente, o CAPEX da Ferrogrão proporcionará a geração dos quantitativos de empregos anuais apresentados na tabela a seguir.

Tabela 31: Empregos gerados em decorrência do CAPEX da Ferrogrão

Empregos anuais gerados em decorrência da Ferrogrão				
Setor	Diretos	Indiretos	Efeito-Renda	Total
Construção civil	46.741	42.565	245.929	335.235
Peças e outros veículos	3.684	11.651	23.301	38.636
Total	50.426	54.215	269.230	373.871

Fonte: elaboração própria.

Em média, o quantitativo de empregos gerados nos períodos de construção e operação da Ferrogrão são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 32: Média de empregos por período

Período	Média
2020 a 2029 (construção da Ferrogrão)	28.089
2030 a 2089 (operação da Ferrogrão)	1.550

Fonte: elaboração própria.

6. Considerações finais

A Avaliação Socioeconômica é um importante instrumento para a análise de projetos de transportes sob o ponto de vista da sociedade, na qual se comparam os custos e benefícios econômicos e sociais a fim de verificar a viabilidade de implantação.

Este estudo fez a Avaliação Socioeconômica da Ferrogrão, obtendo como resultados: geração de **R\$ 19,2 bilhões** de benefícios de redução do custo de frete e **R\$ 6,1 bilhões** de redução de externalidades negativas (como acidentes, poluição, congestionamentos). Ao comparar esses benefícios aos custos de implantação e operação, foram obtidos os seguintes indicadores de viabilidade: **Relação Benefício-Custo de 4,1** e no *payback* de 12 anos a partir no início das obras, que corresponde já ao terceiro ano de operação.

Ademais, como benefícios indiretos decorrentes dos investimentos de CAPEX, serão gerados em **média 28 mil empregos durante a construção e 1,5 mil empregos durante a operação**, e a **arrecadação tributária de R\$ 625 milhões**, sendo R\$ 380 milhões à União e R\$ 244 milhões aos municípios.

Portanto, trata-se de um projeto viável e bastante vantajoso sob a ótica socioeconômica. Em linhas gerais, isso deve ao fato de que a Ferrogrão promoverá uma mudança na logística de exportação de grãos agrícolas no Brasil, criando uma rota mais eficiente entre o estado do Mato Grosso e os Portos do Arco Norte.

Referências

- ANTAQ (2020) *Anuário estatístico aquaviário*. Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, DF.
- ANTT (2019a) *Caderno de Demanda – EF-170 – Ferrogrão: Trecho Sinop/MT – Itaituba/PA – Pós Audiência Pública*. Agência Nacional de Transportes Terrestres, Brasília, DF.
- ANTT (2019b) *Caderno de Demanda – Ferrovia de Integração Oeste-Leste: Trecho Caetitê/BA – Ilhéus/BA – Pós Audiência Pública nº 010/2018*. Agência Nacional de Transportes Terrestres, Brasília, DF.
- ANTT (2019c) *Caderno Econômico-Financeiro – EF-170 – Ferrogrão: Trecho Sinop/MT – Itaituba/PA – Pós Audiência Pública*. Agência Nacional de Transportes Terrestres, Brasília, DF.
- Campos, V. B. G. (2013) *Planejamento de transportes: conceitos e modelos*. Ed. Interciência, 2013. 188p. Rio de Janeiro, RJ.
- Department for Transport (2018) *Transport Analysis Guidance (TAG) A1.1: Cost-Benefit Analysis*. Maio de 2018. Disponível em <<https://www.gov.uk/transport-analysis-guidance-webtag>>. Acesso em fevereiro de 2019.
- DNIT (2016) *EB – Escopo Básico 01: Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA de Empreendimento Ferroviário*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Brasília, DF.
- Essen, H.; Wijngaarden, L.; Schrotten, A.; Sutter, D.; Bieler, C.; Maffii, S.; Brambilla, M.; Fiorello, D.; Fermi, F.; Parolin, R.; Beyrouthy, K. (2019) *Handbook on the external costs of transport. Version 2019*. Preparado para a Comissão Europeia. Delft, Países Baixos.
- Isler, C.A. (2015) *Avaliação socioeconômica de uma rede ferroviária regional para o transporte de passageiros*. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.
- Leal Jr, I. C. (2010) *Método de Escolha Modal para Transporte de Produtos Perigosos com Base em Medidas de Ecoeficiência*. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.
- Miguel, D.A.A.; Souza, A.P.M. (2019) *Avaliação Socioeconômica de investimentos em ferrovias de carga: uma aplicação prática à Malha Paulista*. 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2019, Balneário Camboriú, SC. Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - 2019. Rio de Janeiro: ANPET, 2019. p. 350 a 361.
- Najberg, S. e Ikeda, M. (1999) Modelo de Geração de Emprego: Metodologia e Resultados. *Textos para discussão do BNDES*, nº 72. Rio de Janeiro, RJ.
- Najberg, S. e Pereira, R.O. (2004) Novas Estimativas do Modelo de Geração de Empregos do BNDES. *Sinopse Econômica*, nº 133. Rio de Janeiro, RJ.
- Ortúzar, J. D.; Willumsen, L. G. (2011) *Modelling transport*. 4. Ed. John Wiley & Sons Ltd. Reino Unido.
- SECEX (2017) *Base de dados do Comércio Exterior Brasileiro*. Secretaria de Comércio Exterior do Ministério da Economia. Consultado em <<http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/base-de-dados-do-comercio-exterior-brasileiro-arquivos-para-download>> em janeiro de 2020.
- Sinha, K.C.; Labi, S. (2007) *Transportation Decision Making: Principles of Project Evaluation and Programming*. John Wiley & Sons, Inc. United States of America, 2007.
- Villar, L. B.; Marchetti, D. S. (2007) Dimensionamento do Potencial de Investimentos do Setor Ferroviário. *BNDES Ferrovias*, p. 247-288. Brasília, DF.