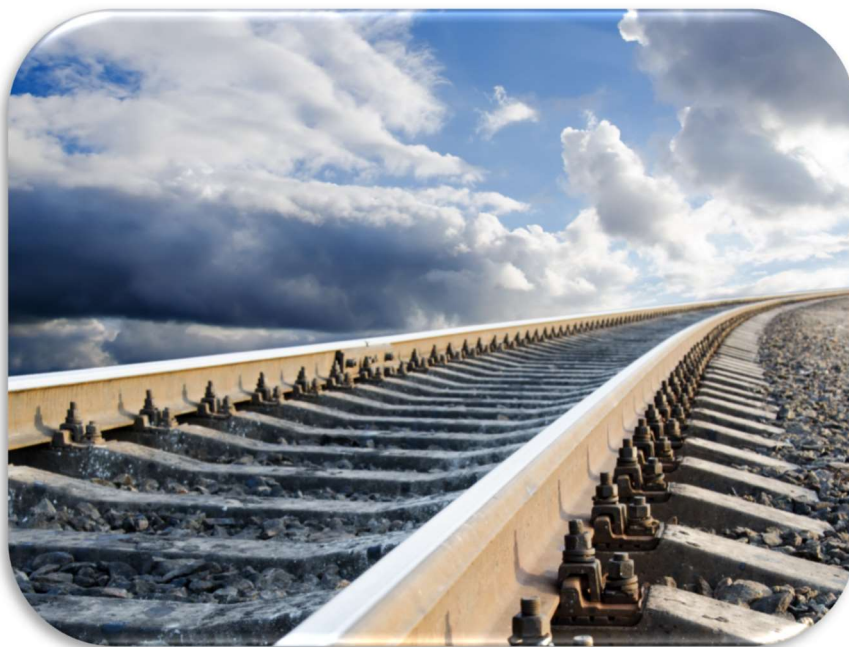


**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES**

CADERNO DE ESTUDOS OPERACIONAIS E DE CAPACIDADE

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



PÓS AUDIÊNCIA PÚBLICA Nº 014/2017

BRASÍLIA, FEVEREIRO DE 2020

SUMÁRIO

1. Introdução.....	5
2. Objetivos.....	6
3. Estudo Operacional.....	7
3.1 Demanda por macro trecho.....	7
3.2 Informações Técnicas	8
3.2.1 Material Rodante	8
3.2.2 Plano de vias.....	9
3.2.3 Sazonalidade.....	11
3.3 Definição dos trens-tipo.....	11
3.3.1 Conceito.....	11
3.3.2 RTC	12
3.3.3 Escolha do Trem-Tipo.....	12
3.4 Conversão da demanda anual em pares diários de trem (PDT).....	14
3.5 Tempos entre pátios	15
3.6 Cálculo da capacidade e da saturação dos segmentos	15
3.6.1 Capacidade Instalada	15
3.6.2 Saturação	17
3.6.3 Resultado do cálculo da capacidade instalada e da saturação da via.....	18
3.7 Otimização do plano de vias.....	21
3.8 Dimensionamento de frota.....	27
3.8.1 Aquisição de frota para atendimento à demanda.....	27
3.8.2 Reposição de ativos	35
3.8.3 Resultados.....	37
4. Lista de Anexos	45

TABELAS

Tabela 1: Definição de macro trechos	8
Tabela 2: Informações técnicas (vagões).....	9
Tabela 3: Informações técnicas (locomotivas)	9
Tabela 4: Resumo do plano de vias	9
Tabela 5: Sazonalidades	11
Tabela 6: Características básicas do trem-tipo definido.....	14
Tabela 7: Resumo da projeção da demanda em PDT.....	15
Tabela 8: Resumo dos tempos de percurso – Cenário Base.....	18
Tabela 9: Resumo da capacidade e da saturação dos segmentos entre pátios – Cenário Base	19
Tabela 10: Seleção de pátios – “Cenário 1 – Redução de pátios”	21
Tabela 11: Resumo dos tempos de percurso – Cenário 1 “Redução de pátios”	23
Tabela 11: Resumo da capacidade e da saturação dos segmentos entre pátios – Cenário 1 “Redução de pátios”	24
Tabela 12: Resumo da saturação do conjunto de ramais ferroviários de acesso aos terminais portuários.....	25
Tabela 13: Resumo dos pátios a serem implantados	25
Tabela 14: Tempos médios de carga e descarga (horas)	30
Tabela 15: Indisponibilidade de locomotivas e de vagões apresentada nos documentos pós Audiência Pública nº 007/2017 – Ferrovia Norte-Sul	31
Tabela 16: Quantitativo de locomotivas AC44 a serem disponibilizadas pela Concessionária.....	37
Tabela 17: Quantitativo de vagões HPT (trem-tipo Graneleiro) a serem disponibilizados pela Concessionária.....	39
Tabela 18: Quantitativo de vagões TCT (trem-tipo Tanque) a serem disponibilizados pela Concessionária.....	41
Tabela 19: Resumo do material rodante a ser disponibilizado pela Concessionária.....	42

FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Situação do Empreendimento.	6
Figura 2 - Demanda da Ferrogrão	28

1. Introdução

Este Caderno de Estudos Operacionais e de Capacidade (“Caderno Operacional”) foi elaborado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), com vistas a subsidiar o processo de concessão da EF-170, entre Sinop/MT e Miritituba, distrito do município de Itaituba/PA, conhecida como “Ferrogrão”.

O desenvolvimento do Caderno Operacional, teve como base os estudos iniciais elaborados pela Estação da Luz Participações Ltda. – EDLP, os quais foram submetidos à Audiência Pública nº 014/2017, e as contribuições colhidas no referido processo de participação social.

A extensão da Ferrogrão é de aproximadamente 933 km, no trecho entre Sinop/MT e Miritituba, distrito do município de Itaituba/PA. Além da linha principal, está prevista a implantação do Ramal de Itapacurá, localizado integralmente em Itaituba/PA, com aproximadamente 11 km de extensão, e do ramal de Santarenzinho, localizado entre Itaituba/PA e Santarenzinho, distrito do município de Rurópolis/PA, com cerca de 32 km de extensão.

O plano de via elaborado pela EDLP prevê a implantação de 47 desvios de cruzamento ao longo da via principal (trecho Sinop/MT e Miritituba, distrito de Itaituba/PA), cada um com 3.500 metros de comprimento e com aproximadamente 20 km de espaçamento entre os respectivos desvios. Adicionalmente, no ramal de Santarenzinho, localizado entre Itaituba/PA e Santarenzinho, distrito do município de Rurópolis/PA, o plano de via prevê a implantação de 01 desvio de cruzamento com cerca de 3.500 metros de comprimento.

A Figura 1 ilustra o trecho ferroviário objeto da Concessão em tela.

Figura 1 - Mapa de Situação do Empreendimento.



Fonte: Apresentação Audiência Pública nº 014/2017 – Sessão Presencial de Brasília/DF

2. Objetivos

Este Caderno tem como objetivo apresentar a metodologia, as premissas e os resultados referentes aos Estudos Operacionais e de Capacidade da Ferrogrão, entre os municípios de Sinop/MT e Miritituba, distrito do município de Itaituba/PA, realizados após a Audiência Pública nº 014/2017. Além disso, objetiva-se apresentar a descrição da metodologia e os cálculos empregados na determinação da frota de locomotivas e vagões necessários ao transporte das cargas projetadas para o período em estudo.

3. Estudo Operacional

Os cálculos de capacidade têm por objetivo identificar os investimentos necessários para eliminação dos gargalos operacionais e para melhoria na segurança ferroviária durante o período de Concessão.

Já o dimensionamento de frota tem por objetivo quantificar as locomotivas e os vagões necessários ao longo do período de Concessão para atendimento à demanda projetada.

Dessa forma, o Estudo foi estruturado nos seguintes tópicos:

- Demanda por macro trecho;
- Informações Técnicas;
- Definição dos trens-tipo;
- Conversão da demanda anual em pares diários de trem (PDT);
- Tempos entre pátios;
- Cálculo da capacidade e da saturação dos segmentos;
- Otimização do plano de vias;
- Dimensionamento de frota.

3.1 Demanda por macro trecho

O principal produto do Caderno de Demanda para o Caderno Operacional é a Matriz Origem-Destino com todos os 41 fluxos de carga cujo transporte é previsto na Ferrogrão, detalhados em: tipos de produto, origem, destino, ponto de entrada, ponto de saída e a projeção de volume ao longo de todo o seu período de concessão.

Para utilização dessa matriz no Estudo Operacional, se faz necessário uma análise do volume total de carga que será transportado em cada entre pátio, para posterior conversão em par de trem e verificação da capacidade instalada.

O traçado da Ferrogrão, para fins deste estudo, foi segregado em intervalos chamados de macro trechos, separados pelos pontos da ferrovia onde há entrada/saída de carga, sejam eles terminais multimodais ou pontos de conexão com outras ferrovias. Desta forma, pode-se presumir que todos os entre pátios contidos em um macro trecho terão os mesmos volumes totais transportados. Os macro trechos da Ferrogrão entre Sinop/MT e Miritituba, distrito do município de Itaituba/PA, estão apresentados no Anexo I e resumidos na Tabela 1.

Tabela 1: Definição de macro trechos

Código	Pátio A	Pátio B
P00-P10	Sinop (P00)	Matupá (P10)
P10-P47	Matupá (P10)	(P47)

Fonte: ANTT (2019)

O Anexo I também apresenta a associação de cada fluxo de demanda contido na Matriz Origem-Destino ao macro trecho pelo qual percorre, bem como a classificação em fluxo de retorno ou não. Os fluxos de retorno se caracterizam pelo aproveitamento do mesmo material rodante no sentido inverso a outro fluxo de maior representatividade, o que não resulta em impacto no cálculo de pares de trem, uma vez que o fluxo com maior volume já contempla todo o ciclo do trem.

Após desconsideração dos referidos fluxos de retorno, os volumes anuais projetados de cada produto ao longo do período de concessão, alocados em cada um dos macro trechos detalhados anteriormente, são apresentados na planilha “Demanda” do Anexo I e serão utilizados no restante deste Estudo Operacional.

Com relação ao acesso da carga total transportada pela Ferrogrão aos terminais portuários, a simulação operacional manteve a mesma premissa adotada pela EDLP no estudo “*Modelo Operacional EF-170_v15*” anexo ao “*Relatório VI – Estudo Operacional*”, que considera que o volume total de carga a ser transportado pela futura concessionária, será dividido de maneira igualitária entre os terminais de Miritituba, Itapacurá e Santarenzinho.

3.2 Informações Técnicas

O Anexo II foi elaborado para conter todas as informações técnicas que são relevantes a mais de uma etapa deste Estudo Operacional, o que garante uma referência única e centralizada para as demais planilhas, com informações relevantes do material rodante escolhido, do plano de vias e da sazonalidade considerada para cada um dos produtos.

3.2.1 Material Rodante

Os tipos de vagão considerados na simulação foram os usualmente utilizados para cada produto. Para as locomotivas, foi utilizado o modelo AC44 ou similar, pelo fato de que a tração AC possui melhor performance por apresentar controle de aderência.

Dentre os benefícios da utilização da locomotiva AC, destacam-se:

- Melhor resposta ao controle de velocidade e torque;
- Controle de aderência, de forma a reduzir a ocorrência de “patinação” na arrancada e, principalmente, um melhor controle na frenagem, o que evita “deslizamento” em paradas de emergência e via molhada;
- Frenagem mais confiável, devido ao uso de inversor de frequência aplicado aos motores AC, que permite uma frenagem dinâmica robusta ao longo de todo o percurso, aplicado em função do melhor desempenho do sistema nas perdas térmicas.

Definido o material rodante utilizado no estudo, foram apuradas suas informações técnicas junto ao Sistema de Acompanhamento e Fiscalização do Transporte Ferroviário (SAFF), conforme Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2: Informações técnicas (vagões)

Modelo	Comprimento (m)	Peso Total (t)	Capacidade Útil (t)	Tara (t)
HPT	13,3	130,0	100,0	30,0
TCT	19,1	120,0	87,5	32,5

Fonte: SAFF (2019)

Tabela 3: Informações técnicas (locomotivas)

Modelo	Regime Mínimo Contínuo (km/h)	Comp. (m)	Potência Bruta (HP)	Peso total (t)
AC44	15,90	21,54	4.400	180,00

Fonte: SAFF (2019)

3.2.2 Plano de vias

O posicionamento de desvios e terminais ao longo da ferrovia foi definido nos estudos elaborados pela EDLP. O plano de vias contém as referências quilométricas e os comprimentos dos desvios de cruzamentos e terminais.

O resumo do plano de vias, que contém dados originais utilizados neste estudo, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resumo do plano de vias

Dados EDLP				
Desvio/Pátio	Município	km Início	km Fim	Ext. Útil (m)
P 1	Sinop/MT	11+300	14+800	3.500
P 2	Cláudia/MT	35+050	38+550	3.500

Dados EDLP				
Desvio/Pátio	Município	km Início	km Fim	Ext. Útil (m)
P 3	Cláudia/MT	54+800	58+300	3.500
P 4	Itaúba/MT	74+890	78+390	3.500
P 5	Itaúba/MT	98+300	101+800	3.500
P 6	Nova Santa Helena/MT	118+300	121+800	3.500
P 7	Colíder/MT	131+300	134+800	3.500
P 8	Terra Nova do Norte/MT	154+200	157+700	3.500
P 9	Terra Nova do Norte/MT	170+400	173+900	3.500
P 10	Peixoto de Azevedo/MT	195+350	198+850	3.500
P 11	Matupá/MT	211+000	214+500	3.500
P 12	Guarantã do Norte/MT	231+000	234+500	3.500
P 13	Guarantã do Norte/MT	247+450	250+950	3.500
P 14	Guarantã do Norte/MT	263+000	266+500	3.500
P 15	Novo Progresso/PA	286+700	290+200	3.500
P 16	Novo Progresso/PA	307+400	310+900	3.500
P 17	Novo Progresso/PA	332+800	336+300	3.500
P 18	Altamira/PA	350+000	353+500	3.500
P 19	Altamira/PA	372+500	376+000	3.500
P 20	Altamira/PA	399+300	402+800	3.500
P 21	Altamira/PA	411+100	414+600	3.500
P 22	Altamira/PA	429+500	433+000	3.500
P 23	Altamira/PA	452+250	455+750	3.500
P 24	Novo Progresso/PA	472+600	476+100	3.500
P 25	Novo Progresso/PA	491+500	495+000	3.500
P 26	Novo Progresso/PA	511+600	515+100	3.500
P 27	Novo Progresso/PA	529+700	533+200	3.500
P 28	Novo Progresso/PA	543+450	546+950	3.500
P 29	Novo Progresso/PA	564+900	568+400	3.500
P 30	Novo Progresso/PA	583+850	587+350	3.500
P 31	Novo Progresso/PA	603+150	606+650	3.500
P 32	Novo Progresso/PA	624+300	627+800	3.500
P 33	Novo Progresso/PA	643+300	646+800	3.500
P 34	Novo Progresso/PA	661+850	665+350	3.500
P 35	Itaituba/PA	676+870	680+370	3.500
P 36	Itaituba/PA	692+400	695+900	3.500
P 37	Itaituba/PA	714+400	717+900	3.500
P 38	Itaituba/PA	729+000	732+500	3.500
P 39	Itaituba/PA	748+750	752+250	3.500
P 40	Itaituba/PA	764+450	767+950	3.500
P 41	Itaituba/PA	784+650	788+150	3.500
P 42	Trairão/PA	806+900	810+400	3.500
P 43	Trairão/PA	822+600	826+100	3.500

Dados EDLP				
Desvio/Pátio	Município	km Início	km Fim	Ext. Útil (m)
P 44	Trairão/PA	845+100	848+600	3.500
P 45	Itaituba/PA	864+500	868+000	3.500
P 46	Trairão/PA	887+450	890+950	3.500
P 47	Trairão/PA	909+250	912+750	3.500
P 48 (Ramal Santarenzinho)	Itaituba/PA	10+500	14+000	3.500

Fonte: EDLP (2019)

3.2.3 Sazonalidade

A fim de simular o cenário mais crítico e respeitar os produtos cuja distribuição ao longo do ano não é homogênea, foi definido um índice de sazonalidade, resultante da divisão entre 365 dias no ano pelo número de dias operacionais da carga, ou seja, o período do ano em que existe o transporte desse produto. Os valores de Sazonalidade utilizados nesse estudo estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Sazonalidades

Carga	Sazonalidade	Dias operacionais/ano
Soja em grão	1,21	302
Milho em grão	1,21	302
Farelo de Soja	1,21	302
Fertilizantes	1,21	302
Etanol	1,00	365
Gasolina	1,00	365
Diesel	1,00	365
Açúcar Granel	1,21	302

Fonte: ANTT (2019)

3.3 Definição dos trens-tipo

3.3.1 Conceito

O trem-tipo refere-se ao conjunto referencial de locomotivas e vagões que circulam pela rede e transportam as cargas entre os terminais, definido para cada tipo de carga. A característica da composição é de acordo com o tipo de locomotiva utilizada, a localização delas no trem, os tipos de vagões e suas configurações de carregamento, além de demais características relacionadas ao material rodante.

A definição do trem-tipo consiste na obtenção do trem mais eficiente possível dentro das limitações físicas da via, o que terá como consequência a diminuição da quantidade de trens e cruzamentos, bem como a melhora da velocidade comercial. Seu comprimento é a soma do comprimento dos vagões e locomotivas, limitado pelo comprimento dos pátios, capacidade de carga nos engates, força tratora das locomotivas e a capacidade de os trens reiniciarem o seu movimento em aative.

3.3.2 RTC

Em ferrovias em fase de construção é comum a obtenção de informações de desempenho de trens por meio de simulação computacional, com o uso de *softwares* específicos para este fim. Na Ferrogrão, foi utilizado o *Rail Traffic Controller* (RTC), que, baseado em dados previamente cadastrados como planialtimetria, altimetria, tipos de AMV e velocidade máxima do trecho, traça a rota do trem e apresenta, entre outros aspectos, os esforços aplicados nos trens, o consumo de combustível, o tempo de percurso e o seu comportamento no traçado ferroviário.

Os dados de entrada que alimentam o RTC foram fornecidos pela EDLP, tais como, dados planialtimétricos com todas as características geométricas horizontais e verticais da ferrovia, posição dos pátios de cruzamento ao longo do traçado e o modo operacional do transporte dos diferentes tipos de carga (sentidos de origem e destino). De posse destes dados, realizou-se o cadastro da malha e foram definidas as rotas dos trens para todas situações operacionais identificadas.

3.3.3 Escolha do Trem-Tipo

Com o RTC, foi possível obter informações de diferentes configurações de trem-tipo, com as quais se construiu uma base de dados, em que os trens utilizados passam por um processo de validação, dividido em quatro etapas:

- i) Esforço trator e extensão: aferição da capacidade de tração das composições, com o esforço trator necessário para se vencer as rampas ao longo do percurso. Além disto, verifica-se a necessidade de limitação da composição pela extensão do pátio com o menor comprimento útil;
- ii) Velocidade mínima contínua: nesta etapa, são eliminados os trens-tipo cuja velocidade simulada apresentou-se abaixo da velocidade mínima em regime

contínuo em algum momento do percurso. Para validação dos trens-tipo, considerou-se o limite em 15,9 km/h, em aderência com as velocidades adotadas em outras concessionárias e obtidas de fabricantes de locomotivas (Tabela 3);

- iii) Saturação: consiste em limitar a quantidade mínima de vagões, caso haja necessidade dentre os trens-tipo analisados, que resulte em valores dentro do limite aceitável de saturação, a qual é projetada de maneira aproximada nos entre pátios críticos e nos anos picos de demanda de cada macro trecho; e
- iv) Econômico-financeiro: realiza-se uma análise financeira para cada combinação validada de trem-tipo nos anos de Concessão, em busca de uma minimização dos custos, com base na necessidade de aquisição de frota, bem como no consumo projetado de combustível, no *sustaining* e em outros custos operacionais.

Para cálculo dos tempos de percurso dos trens, foram realizadas simulações que consideraram tráfego sem paradas ao longo da ferrovia e tráfego com parada em todos os pátios de cruzamento, para os trens no sentido exportação e importação. Com os resultados das simulações, foi adotada uma ponderação das condições de tráfego em função do sentido do percurso. No sentido exportação, considerou-se o peso de 80% no tempo de percurso obtido na simulação sem paradas, enquanto que o tempo obtido na simulação com paradas corresponde a 20%. No sentido importação, os valores foram o inverso, de forma que alocou-se o peso de 20% do tempo simulado sem paradas e 80% do tempo simulado com paradas.

Desta forma, a premissa adotada no cálculo dos tempos de percurso prioriza a passagem da composição carregada no sentido exportação, uma vez que o transporte de cargas em direção ao porto é mais representativo do que a demanda no sentido inverso.

Como ponto de partida, foram avaliadas as configurações das composições padrão definidas nos estudos da EDLP. Os resultados dessas análises preliminares são apresentados no Anexo III: “FGRAO – Definição de trem Tipo – Configuração Padrão”.

Após serem ponderados os pontos descritos acima e analisada a necessidade de novos trens-tipo para atendimento às cargas previstas no caderno de demanda, foram definidas as composições apresentadas em resumo na Tabela 6.

Tabela 6: Características básicas do trem-tipo definido

Trem-tipo	Produtos	Vagão	Qtd. Locos	Qtd. Vagões	Tonelada Útil (ton)	Comprimento (m)
Grãos/Farelos	Soja em Grão, Farelo de Soja	HPT	3	175	17.500	2.394
Granel Líquido	Combustíveis, Petroquímicos	TCT	2	54	4.725	1.076

Fonte: ANTT (2019)

Na simulação do transporte de granéis sólidos agrícolas e não agrícolas, foi considerada a utilização do sistema Locotrol no conjunto de 3 locomotivas, que tem como principal objetivo distribuir de maneira mais eficiente ao longo da composição os esforços de tração e frenagem, o que permite a utilização de um trem maior e mais pesado com mais segurança. Além disso, a fim de fornecer a tração requerida para vencer as condições geométricas da via, nos trechos entre os pátios P04 e P05 (19,91 km) e P13 e P17 (71,35 km) foi considerada a utilização de locomotiva auxiliar tipo Helper.

Os dados que embasaram a definição dos trens-tipo e os resultados da aplicação da metodologia de validação propostos estão dispostos no Anexo IV deste documento.

3.4 Conversão da demanda anual em pares diários de trem (PDT)

A conversão da demanda em pares diários de trem (PDT) possibilita uma futura comparação com a capacidade instalada da ferrovia, o que indica o grau de saturação de cada entre pátio.

Por meio da combinação do trem tipo ideal de cada um dos produtos com a sua demanda anual, que previamente foi agrupada em macro trechos, pode-se calcular os pares diários de trens (PDT) por meio da equação:

$$PDT = \frac{\left(\frac{TU}{cap}\right)}{\left(\frac{365}{saz}\right)}$$

Onde:

PDT = Demanda em pares de trens por dia;

TU = Demanda estimada de cada produto transportado em cada ano, em toneladas úteis;

cap = Capacidade de carga do trem-tipo definido (Tabela 6);

saz = Índice de sazonalidade de cada tipo de carga transportada (Tabela 5).

O Anexo V apresenta, na planilha “PDT”, o detalhamento da demanda de cada produto em pares diários de trem, em cada um dos macros trechos ao longo dos 60 anos de operação da

Concessão. A soma da demanda de todos os produtos em PDT por macro trecho está apresentada na planilha “PDT TOTAL” e seu extrato é mostrado na Tabela 7.

Tabela 7: Resumo da projeção da demanda em PDT

Pátio A	Pátio B	Ano da Concessão												
		2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2089
P 00 (Sinop)	P 10 (Matupá)	3	8	9	7	8	8	8	8	8	9	9	9	9
P 10 (Matupá)	P 47	4	9	10	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10

Fonte: ANTT (2019)

3.5 Tempos entre pátios

O cálculo dos tempos médios de percurso em cada um dos entre pátios é feito com os dados obtidos na simulação realizada no *software Rail Traffic Controller* (RTC), por meio da ponderação dos tempos dos trens-tipo selecionados para cada grupo de produtos, com a quantidade de trens previstos no ano pico de cada macro trecho, conforme apresentados no Anexo VI. Importante ressaltar que neste anexo, chamado de Cenário Base, foram considerados todos os pátios e terminais previstos em projeto pela EDLP, de onde partirá a avaliação inicial da operação da ferrovia e dos trens-tipo adotados.

3.6 Cálculo da capacidade e da saturação dos segmentos

A capacidade de transporte de uma ferrovia é traduzida pela quantidade de trens que podem circular entre dois pátios de cruzamento, em ambos os sentidos, num período de 24 horas. Para determinação da capacidade são consideradas as condições da ferrovia para a realização do transporte de carga. Dentre elas, destacam-se características associadas à via, ao material rodante e à sinalização ferroviária.

A metodologia escolhida para o cálculo da capacidade da ferrovia foi a fórmula de Colson, cujo resultado é expresso em pares diários de trens (PDT).

3.6.1 Capacidade Instalada

Em linhas singelas, como é o caso da Ferrogrão, o cálculo da capacidade, expresso em pares de trens por dia, pode ser realizado matematicamente por meio da fórmula de Colson, mostrada a seguir:

$$Ct = \left(\frac{1.440 \times K}{t_{CG} + \theta} \right)$$

Onde:

Ct = capacidade instalada no trecho (PDT);

K = índice de eficiência da ferrovia = $k_1 \cdot k_2$;

k_1 = índice de eficiência ligado à manutenção da via permanente, expresso por:

$$k_1 = \frac{(1440 - \text{Tempo de manutenção})}{1440}$$

k_2 = índice de eficiência ligado à gestão dos recursos operacionais;

t_{CG} = tempo de percurso do trem de ida e volta (min);

θ = tempo de licenciamento (min).

Para definição do índice k_1 , de forma análoga ao valor utilizado no processo de Subconcessão da Ferrovia Norte-Sul: Trecho Porto Nacional/TO – Estrela d'Oeste/SP, adotou-se o índice de eficiência referente à manutenção da via permanente (k_1) de 0,9208. Esse índice teve o valor estimado em função da baixa necessidade de interdições ou interrupções de tráfego que impactem na circulação dos trens ou restrições de via, por se tratar de ferrovia nova em que não há grandes demandas de manutenção.

Quanto ao índice de eficiência ligado à gestão dos recursos operacionais, a ANTT, com base na referência teórica apresentada por Lai¹ (2008), desenvolveu metodologia para a definição do k_2 , constante na Nota Técnica nº 83/2014/GEROF/SUFER/ANTT. Nela são estabelecidos os seguintes valores: 0,6 para trechos ferroviários não sinalizados; 0,7 para os trechos com sistema de sinalização com funcionalidades análogas ao *Automatic Block Signaling* (ABS); e 0,8 para os trechos com sistema de sinalização com funcionalidades análogas ao Controle Centralizado de Tráfego (CTC).

Cabe ressaltar que este critério considera informações de uma série de parâmetros, tais como características do sistema de intertravamento, dos sistemas de bloqueio, do Centro de Controle Operacional (CCO), entre outros.

Assim, de acordo com a metodologia apresentada na referida Nota Técnica para a definição do valor de k_2 , considerou-se, após análise dos critérios estabelecidos, que a solução

¹ LAI, Y. C. *Introduction to Railroad Capacity*. AREMA REES 2008

dimensionada para a Ferrogrão possui funcionalidades similares às de um sistema CTC. Dessa forma, o índice de eficiência referente à gestão de recursos operacionais (k_2) foi fixado em 0,8.

Para o tempo de licenciamento (θ), manteve-se a estimativa apresentada nos documentos submetidos à Audiência Pública, de 5 minutos.

Cada um desses coeficientes está apresentado em planilha própria no Anexo VIII, juntamente com os dados de tempo de importação e exportação definidos previamente, o que permite o cálculo da capacidade instalada, detalhada para cada segmento entre pátios, ano a ano, no Cenário Base. Os resultados estão apresentados na planilha “Capacidade (PDT)”, também no Anexo VIII.

Outra planilha relevante para os cálculos nesse anexo é a “# Vias” que define cada segmento como linha singela ou duplicada. No caso da Ferrogrão, a ferrovia é considerada integralmente singela, portanto foi preenchido o valor “1” para todos os entre pátios.

3.6.2 Saturação

A saturação pode ser entendida como a taxa de utilização da capacidade, ou seja, a fração da capacidade necessária para atender à demanda em um determinado trecho.

Após a conversão da demanda em pares de trem por dia e do cálculo da capacidade da via ao longo de todos os seus segmentos, calculou-se a saturação por meio da utilização da fórmula abaixo:

$$Saturação (\%) = \frac{Demanda (PDT)}{Capacidade (PDT)} * 100$$

A partir da taxa de utilização da capacidade por segmento e por ano é possível identificar os gargalos ao longo da ferrovia e, conseqüentemente, propor intervenções, quando necessário, para evitar situações de saturação da malha e dificuldade na operação do transporte ferroviário.

Considera-se que o segmento se encontra saturado e precisa de intervenção de ampliação da capacidade para poder atender à demanda a partir da taxa crítica de utilização da capacidade de 90%. Essa premissa foi estabelecida pela Agência para a análise dos estudos operacionais da Ferrovia Norte-Sul e extrapolada para as outras concessões.

A premissa de saturação dos segmentos com nível de utilização da capacidade da ferrovia em 90% considera que, para a implantação das intervenções, necessita-se de tempo para elaboração dos projetos e desenvolvimento das obras.

3.6.3 Resultado do cálculo da capacidade instalada e da saturação da via

A partir da consideração do Cenário Base, com todos os pátios e terminais previstos em projeto pela EDLP, e conforme as premissas expostas anteriormente, verifica-se que a taxa de ocupação da capacidade instalada na malha para todo o período de concessão pode ser considerada baixa, visto que sua saturação máxima é de 80% no ano de 2089. Os tempos resultantes da simulação do RTC estão apresentados na Tabela 8 e os resultados máximos de saturação, bem como o ano de sua ocorrência, estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 8: Resumo dos tempos de percurso – Cenário Base

Pátio Início	Pátio Fim	Tempo de Ida (min)	Tempo de Volta (min)	Extensão (km)
Sinop (P00)	(P01)	13,63	11,66	7,80
(P01)	(P02)	25,75	25,05	20,25
(P02)	(P03)	26,11	28,46	16,25
(P03)	(P04)	26,45	23,98	16,59
(P04)	(P05)	21,25	55,73	19,91
(P05)	(P06)	30,64	32,28	16,50
(P06)	(P07)	16,89	10,78	9,50
(P07)	(P08)	27,66	26,82	19,40
(P08)	(P09)	15,74	25,85	12,70
(P09)	Matupá (P10)	30,04	24,38	21,45
Matupá (P10)	(P11)	15,13	21,66	12,15
(P11)	(P12)	21,53	28,54	16,50
(P12)	(P13)	16,77	23,05	12,95
(P13)	(P14)	15,33	33,20	12,05
(P14)	(P15)	21,27	55,87	20,20
(P15)	(P16)	20,52	34,88	17,20
(P16)	(P17)	30,92	41,71	21,90
(P17)	(P18)	19,71	19,48	13,70
(P18)	(P19)	28,69	20,13	19,00
(P19)	(P20)	55,83	22,68	23,30
(P20)	(P21)	12,89	9,98	8,30
(P21)	(P22)	21,15	23,71	14,90
(P22)	(P23)	24,28	26,61	19,25

Pátio Início	Pátio Fim	Tempo de Ida (min)	Tempo de Volta (min)	Extensão (km)
(P23)	(P24)	21,01	40,96	16,85
(P24)	(P25)	26,73	15,41	15,40
(P25)	(P26)	22,45	23,65	16,60
(P26)	(P27)	19,70	22,15	14,60
(P27)	(P28)	16,72	21,64	10,25
(P28)	(P29)	24,57	25,21	17,95
(P29)	(P30)	18,58	19,73	15,45
(P30)	(P31)	23,05	19,97	15,80
(P31)	(P32)	22,91	23,15	17,65
(P32)	(P33)	19,93	34,91	15,50
(P33)	(P34)	22,62	16,98	15,05
(P34)	(P35)	14,88	19,11	11,52
(P35)	(P36)	17,56	24,12	12,03
(P36)	(P37)	34,50	45,15	18,50
(P37)	(P38)	18,93	14,68	11,10
(P38)	(P39)	19,58	30,69	16,25
(P39)	(P40)	24,07	22,85	12,20
(P40)	(P41)	28,78	17,73	16,70
(P41)	(P42)	23,30	27,96	18,75
(P42)	(P43)	16,96	17,08	12,20
(P43)	(P44)	25,46	31,10	19,00
(P44)	(P45)	18,10	42,98	15,90
(P45)	(P46)	37,31	32,04	19,45
(P46)	(P47)	24,59	23,29	18,30

Fonte: ANTT (2019)

Tabela 9: Resumo da capacidade e da saturação dos segmentos entre pátios – Cenário Base

Pátio Início	Pátio Fim	Capacidade de Tráfego - Pares de trens/dia (PDT)	Saturação Máxima (%)	Ano da Saturação Máxima
Sinop (P00)	(P01)	35,0	26%	2044
(P01)	(P02)	19,0	47%	2044
(P02)	(P03)	17,8	51%	2044
(P03)	(P04)	19,1	47%	2044
(P04)	(P05)	12,9	70%	2044
(P05)	(P06)	15,6	58%	2044
(P06)	(P07)	32,5	28%	2044
(P07)	(P08)	17,8	50%	2044
(P08)	(P09)	22,8	40%	2044
(P09)	Matupá (P10)	17,9	50%	2044
Matupá (P10)	(P11)	25,4	39%	2089

Pátio Início	Pátio Fim	Capacidade de Tráfego - Pares de trens/dia (PDT)	Saturação Máxima (%)	Ano da Saturação Máxima
(P11)	(P12)	19,3	52%	2089
(P12)	(P13)	23,7	42%	2089
(P13)	(P14)	19,8	50%	2089
(P14)	(P15)	12,9	77%	2089
(P15)	(P16)	17,6	57%	2089
(P16)	(P17)	13,7	73%	2089
(P17)	(P18)	24,0	42%	2089
(P18)	(P19)	19,7	51%	2089
(P19)	(P20)	12,7	79%	2089
(P20)	(P21)	38,1	26%	2089
(P21)	(P22)	21,3	47%	2089
(P22)	(P23)	19,0	53%	2089
(P23)	(P24)	15,8	63%	2089
(P24)	(P25)	22,5	44%	2089
(P25)	(P26)	20,8	48%	2089
(P26)	(P27)	22,6	44%	2089
(P27)	(P28)	24,5	41%	2089
(P28)	(P29)	19,4	52%	2089
(P29)	(P30)	24,5	41%	2089
(P30)	(P31)	22,1	45%	2089
(P31)	(P32)	20,8	48%	2089
(P32)	(P33)	17,7	56%	2089
(P33)	(P34)	23,8	42%	2089
(P34)	(P35)	27,2	37%	2089
(P35)	(P36)	22,7	44%	2089
(P36)	(P37)	12,5	80%	2089
(P37)	(P38)	27,5	36%	2089
(P38)	(P39)	19,2	52%	2089
(P39)	(P40)	20,4	49%	2089
(P40)	(P41)	20,6	49%	2089
(P41)	(P42)	18,9	53%	2089
(P42)	(P43)	27,2	37%	2089
(P43)	(P44)	17,2	58%	2089
(P44)	(P45)	16,1	62%	2089
(P45)	(P46)	14,3	70%	2089
(P46)	(P47)	20,1	50%	2089

Fonte: ANTT (2019)

Os resultados detalhados dos cálculos de saturação por segmento entre pátios e por ano podem ser verificados no Anexo VIII.

3.7 Otimização do plano de vias

Em razão do resultado do cálculo da capacidade instalada e da saturação da via ao longo do período de Concessão no Cenário Base e da característica *greenfield* do projeto, propõe-se a redução da quantidade de pátios a serem executados.

Para tanto, foram realizadas novas simulações operacionais no RTC, de acordo com a metodologia já descrita, com a retirada de alguns pátios previstos em projeto. A seleção desses pátios foi baseada na saturação dos pátios adjacentes e respeitou-se, como premissa, a distância máxima entre pátios de 50 km, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Seleção de pátios – “Cenário 1 – Redução de pátios”

Cenário Base		Extensão entre pátios (km)	Cenário 01 - Redução de pátios		Extensão entre pátios (km)
Pátio Início	Pátio Fim		Pátio Início	Pátio Fim	
Sinop (P00)	(P01)	7,80	Sinop (P00)	(P02)	31,55
(P01)	(P02)	20,25			
(P02)	(P03)	16,25			
(P03)	(P04)	16,59	(P02)	(P04)	36,34
(P04)	(P05)	19,91			
(P05)	(P06)	16,50			
(P06)	(P07)	9,50	(P06)	(P08)	32,40
(P07)	(P08)	19,40			
(P08)	(P09)	12,70			
(P09)	Matupá (P10)	21,45	(P08)	Matupá (P10)	37,65
Matupá (P10)	(P11)	12,15			
(P11)	(P12)	16,50			
(P12)	(P13)	12,95	(P12)	(P13)	12,95
(P13)	(P14)	12,05	(P13)	(P14)	12,05
(P14)	(P15)	20,20	(P14)	(P15)	20,20
(P15)	(P16)	17,20	(P15)	(P16)	17,20
(P16)	(P17)	21,90	(P16)	(P17)	21,90
(P17)	(P18)	13,70	(P17)	(P18)	13,70
(P18)	(P19)	19,00	(P18)	(P19)	19,00
(P19)	(P20)	23,30	(P19)	(P20)	23,30
(P20)	(P21)	8,30	(P20)	(P22)	26,70
(P21)	(P22)	14,90			
(P22)	(P23)	19,25			
(P23)	(P24)	16,85	(P23)	(P24)	16,85
(P24)	(P25)	15,40	(P24)	(P26)	35,50
(P25)	(P26)	16,60			

Cenário Base		Extensão entre pátios (km)	Cenário 01 - Redução de pátios		Extensão entre pátios (km)
Pátio Início	Pátio Fim		Pátio Início	Pátio Fim	
(P26)	(P27)	14,60	(P26)	(P28)	28,35
(P27)	(P28)	10,25			
(P28)	(P29)	17,95	(P28)	(P30)	36,90
(P29)	(P30)	15,45			
(P30)	(P31)	15,80	(P30)	(P32)	36,95
(P31)	(P32)	17,65			
(P32)	(P33)	15,50	(P32)	(P33)	15,50
(P33)	(P34)	15,05	(P33)	(P34)	15,05
(P34)	(P35)	11,52	(P34)	(P36)	27,05
(P35)	(P36)	12,03			
(P36)	(P37)	18,50	(P36)	(P37)	18,50
(P37)	(P38)	11,10	(P37)	(P38)	11,10
(P38)	(P39)	16,25	(P38)	(P39)	16,25
(P39)	(P40)	12,20	(P39)	(P40)	12,20
(P40)	(P41)	16,70	(P40)	(P41)	16,70
(P41)	(P42)	18,75	(P41)	(P42)	18,75
(P42)	(P43)	12,20	(P42)	(P44)	34,70
(P43)	(P44)	19,00			
(P44)	(P45)	15,90	(P44)	(P45)	15,90
(P45)	(P46)	19,45	(P45)	(P46)	19,45
(P46)	(P47)	18,30	(P46)	(P47)	18,30

Fonte: ANTT (2019)

Com os novos resultados de tempos de percurso, apresentados na Tabela 11, foi recalculada a capacidade da via e verificou-se que no entre pátio P02-P04, ocorre uma saturação de 91% no ano de 2044, fato que exigiria a construção de novo pátio no referido trecho. Entretanto, em função da queda da demanda, em 2045 o índice de saturação decresce para 75% e se mantém abaixo do limite de saturação até o final da concessão. Devido a essas condições, em que pese o índice de saturação ultrapassar o nível máximo estabelecido em 2044, neste segmento em particular, não foi considerado a construção de novo pátio. A Tabela 12 apresenta os dados de saturação dos segmentos nesse novo cenário. Os resultados completos da simulação no Cenário 1 “Redução de pátios” estão apresentados no Anexo IX.

Tabela 11: Resumo dos tempos de percurso – Cenário 1 “Redução de pátios”

Pátio Início	Pátio Fim	Tempo de Ida (min)	Tempo de Volta (min)	Extensão (km)
Sinop (P00)	(P02)	39,93	37,26	31,55
(P02)	(P04)	49,68	52,03	36,34
(P04)	(P05)	21,23	55,73	19,91
(P05)	(P06)	30,64	32,28	16,50
(P06)	(P08)	44,06	37,44	32,40
(P08)	Matupá (P10)	46,38	51,33	37,65
Matupá (P10)	(P12)	35,22	52,19	32,15
(P12)	(P13)	16,78	23,05	12,95
(P13)	(P14)	15,34	33,20	12,05
(P14)	(P15)	21,27	55,87	20,20
(P15)	(P16)	20,52	34,67	17,20
(P16)	(P17)	30,94	39,91	21,90
(P17)	(P18)	19,71	25,35	13,70
(P18)	(P19)	28,70	20,13	19,00
(P19)	(P20)	55,82	22,68	23,30
(P20)	(P22)	31,02	34,72	26,70
(P22)	(P23)	24,28	26,60	19,25
(P23)	(P24)	21,01	40,98	16,85
(P24)	(P26)	46,39	38,62	35,50
(P26)	(P28)	33,73	45,71	28,35
(P28)	(P30)	42,34	44,98	36,90
(P30)	(P32)	43,63	42,95	36,95
(P32)	(P33)	19,91	34,91	15,50
(P33)	(P34)	22,61	16,98	15,05
(P34)	(P36)	31,14	45,24	27,05
(P36)	(P37)	34,50	45,12	18,50
(P37)	(P38)	18,94	14,71	11,10
(P38)	(P39)	17,84	30,70	16,25
(P39)	(P40)	22,63	22,56	12,20
(P40)	(P41)	26,55	17,65	16,70
(P41)	(P42)	21,74	27,05	18,75
(P42)	(P44)	40,15	48,05	34,70
(P44)	(P45)	18,10	42,97	15,90
(P45)	(P46)	37,31	32,04	19,45
(P46)	(P47)	24,59	23,29	18,30

Fonte: ANTT (2019)

Tabela 12: Resumo da capacidade e da saturação dos segmentos entre pátios – Cenário 1 “Redução de pátios”

Pátio Início	Pátio Fim	Capacidade - Pares de trens/dia (PDT)	Saturação Máxima (%)	Ano da Saturação Máxima
Sinop (P00)	(P02)	12,90	70%	2044
(P02)	(P04)	9,94	91%*	2044
(P04)	(P05)	12,94	70%	2044
(P05)	(P06)	15,62	58%	2044
(P06)	(P08)	12,26	73%	2044
(P08)	Matupá (P10)	10,33	87%	2044
Matupá (P10)	(P12)	11,48	87%	2089
(P12)	(P13)	23,66	42%	2089
(P13)	(P14)	19,81	51%	2089
(P14)	(P15)	12,91	77%	2089
(P15)	(P16)	17,62	57%	2089
(P16)	(P17)	13,99	72%	2089
(P17)	(P18)	21,19	47%	2089
(P18)	(P19)	19,71	51%	2089
(P19)	(P20)	12,70	79%	2089
(P20)	(P22)	14,99	67%	2089
(P22)	(P23)	18,98	53%	2089
(P23)	(P24)	15,84	63%	2089
(P24)	(P26)	11,79	85%	2089
(P26)	(P28)	12,56	80%	2089
(P28)	(P30)	11,49	87%	2089
(P30)	(P32)	11,58	86%	2089
(P32)	(P33)	17,73	56%	2089
(P33)	(P34)	23,79	42%	2089
(P34)	(P36)	13,03	77%	2089
(P36)	(P37)	12,54	80%	2089
(P37)	(P38)	27,45	36%	2089
(P38)	(P39)	19,81	51%	2089
(P39)	(P40)	21,13	47%	2089
(P40)	(P41)	21,56	46%	2089
(P41)	(P42)	19,72	51%	2089
(P42)	(P44)	11,38	88%	2089
(P44)	(P45)	16,06	62%	2089
(P45)	(P46)	14,27	70%	2089
(P46)	(P47)	20,06	50%	2089

Fonte: ANTT (2019)

* Este valor de saturação refere-se ao ano de 2044. Visto que em 2045, devido à queda do valor da demanda, o índice de saturação baixa para 75% e se mantém abaixo do limite de saturação até o final da concessão, neste segmento em particular não foi considerado a construção de novo pátio.

Com relação à divisão da carga total transportada pela Ferrogrão entre os terminais portuários, a simulação operacional manteve a premissa adotada pela EDLP em seu estudo “Modelo Operacional EF-170_v15” anexo ao “Relatório VI – Estudo Operacional”, que considera que o volume total de carga a ser transportado será dividido de maneira igualitária entre os terminais de Miritituba, Itapacurá e Santarenzinho.

Para fins de cálculo da capacidade dos ramais ferroviários de acesso aos referidos terminais, o modelo operacional, por meio de dados obtidos do RTC e através de métodos estatísticos, avaliou de maneira conjunta a capacidade desses trechos. A Tabela 13 apresenta os dados de saturação do conjunto de ramais ferroviários. Os resultados completos das simulações nos ramais de acesso aos terminais portuários estão apresentados no Anexo X.

Tabela 13: Resumo da saturação do conjunto de ramais ferroviários de acesso aos terminais portuários

Ramais Acesso Terminais Portuários	Ano da Concessão												
	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2089
PDT	7,60	8,66	9,62	8,41	8,78	9,06	9,27	9,44	9,59	9,72	9,83	9,93	10,01
Capacidade	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23
Saturação	28%	32%	35%	31%	32%	33%	34%	35%	35%	36%	36%	36%	37%

Fonte: ANTT (2019)

Apresenta-se a seguir resumo obtido do cenário com redução de pátios. Os resultados completos da simulação no Cenário 1 “Redução de pátios” estão apresentados no Anexo IX.

Tabela 14: Resumo dos pátios a serem implantados

Desvio/Pátio	km Início	km Fim	Ano de início de operação
P01	11+300	14+800	Não é necessário
P02	35+050	38+550	2030
P03	54+800	58+300	Não é necessário
P04	74+890	78+390	2030
P05	98+300	101+800	2030
P06	118+300	121+800	2030
P07	131+300	134+800	Não é necessário
P08	154+200	157+700	2030
P09	170+400	173+900	Não é necessário
P10 (Matupá)	195+350	198+850	2030
P11	211+000	214+500	Não é necessário
P12	231+000	234+500	2030
P13	247+450	250+950	2030

Desvio/Pátio	km Início	km Fim	Ano de início de operação
P14	263+000	266+500	2030
P15	286+700	290+200	2030
P16	307+400	310+900	2030
P17	332+800	336+300	2030
P18	350+000	353+500	2030
P19	372+500	376+000	2030
P20	399+300	402+800	2030
P21	411+100	414+600	Não é necessário
P22	429+500	433+000	2030
P23	452+250	455+750	2030
P24	472+600	476+100	2030
P25	491+500	495+000	Não é necessário
P26	511+600	515+100	2030
P27	529+700	533+200	Não é necessário
P28	543+450	546+950	2030
P29	564+900	568+400	Não é necessário
P30	583+850	587+350	2030
P31	603+150	606+650	Não é necessário
P32	624+300	627+800	2030
P33	643+300	646+800	2030
P34	661+850	665+350	2030
P35	676+870	680+370	Não é necessário
P36	692+400	695+900	2030
P37	714+400	717+900	2030
P38	729+000	732+500	2030
P39	748+750	752+250	2030
P40	764+450	767+950	2030
P41	784+650	788+150	2030
P42	806+900	810+400	2030
P43	822+600	826+100	Não é necessário
P44	845+100	848+600	2030
P45	864+500	868+000	2030
P46	887+450	890+950	2030
P47	909+250	912+750	2030
P48(Ramal Santarenzinho)	10+500	14+000	Não é necessário

Fonte: ANTT (2019)

3.8 Dimensionamento de frota

No que se refere ao dimensionamento de frota, a ANTT desenvolveu e aplicou metodologia de cálculo da necessidade de locomotivas e vagões para atendimento à demanda, semelhante à empregada na modelagem da Subconcessão da Ferrovia Norte-Sul: Trecho Porto Nacional/TO – Estrela d’Oeste/SP, versão pós Audiência Pública nº 007/2017.

Para este fim, foi necessária a carga de dados, informações e premissas que foram utilizados nos cálculos, quais sejam:

- Demanda de carga em toneladas úteis (TU) e o esforço em tonelada quilômetro útil (TKU);
- Velocidade Média Comercial (VMC) adotada;
- Tempos de carga e descarga considerados;
- Características dos trens-tipo;
- Índices de sazonalidade dos produtos transportados;
- Índices de indisponibilidade de vagões e locomotivas.

Embora semelhantes em metodologia, os cálculos realizados foram segregados de forma a determinar a frota necessária para atendimento à demanda própria na Ferrogrão e para o atendimento ao direito de passagem das suas cargas em outras malhas.

3.8.1 Aquisição de frota para atendimento à demanda

3.8.1.1 Premissas e dados de entrada

3.8.1.1.1 Demanda e esforços adotados

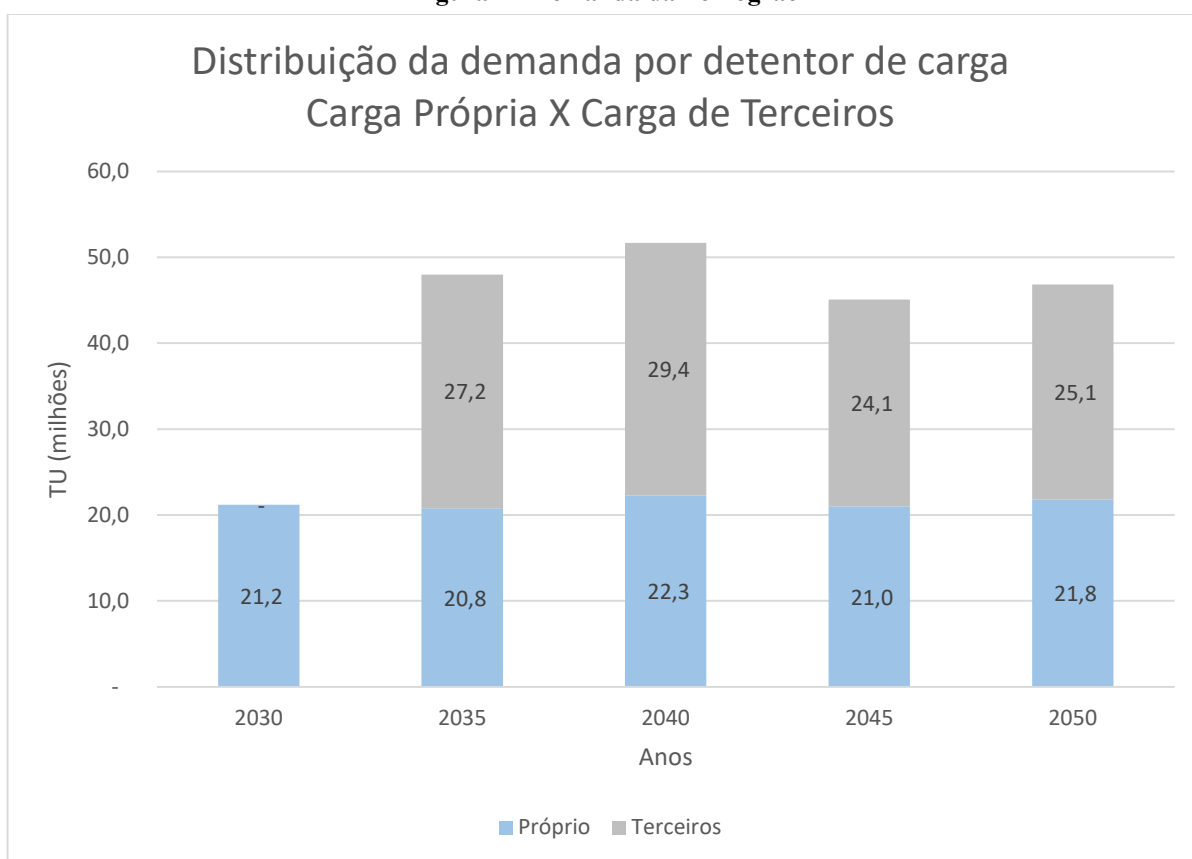
A demanda adotada para o cálculo da frota de locomotivas e vagões baseia-se no Caderno de Demanda da ANTT após os ajustes decorrentes da compatibilização dos resultados com os estudos pós Audiência Pública nº 014/2017 (referente ao processo de concessão de trecho da EF-170, entre Sinop/MT e Miritituba, distrito do município de Itaituba/PA, integrante do Programa de Parcerias de Investimentos – PPI do Governo Federal, conhecido como “Ferrogrão”).

O Estudo de Demanda considera vários cenários ao longo do tempo. No Cenário de Infraestrutura 1 (ano horizonte 2030), ocorre a entrada da Ferrogrão, com início em Sinop/MT e fim em Miritituba/PA, além do terminal intermediário no município de Matupá/MT. No Cenário de Infraestrutura 2 (ano horizonte 2035) destaca-se a inclusão de um trecho de ferrovia entre

Sinop/MT e Lucas do Rio Verde/MT. Já para o Cenário de Infraestrutura 3 (ano horizonte 2045), considera-se a complementação dos projetos ferroviários que cortam o Mato Grosso, com a inclusão da FICO entre Lucas do Rio Verde/MT e Porto Velho/RO e do trecho ferroviário entre Rondonópolis/MT e Lucas do Rio Verde/MT.

Os valores de demanda em TU estimados para transporte pela Concessionária da Ferrogrão na sua própria malha ou em malha concedida a terceiros, bem como por terceiros na malha da Ferrogrão, são apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Demanda da Ferrogrão



Fonte: EDLP, adaptado ANTT (2019)

Para extrapolar os resultados da demanda para os anos posteriores a 2050, foram utilizadas as projeções de produção estadual do Mato Grosso, com base na premissa de que o percentual de captação da produção em 2050 se manteria constante até 2089.

Os volumes de carga referentes ao direito de passagem de outras ferrovias na Ferrogrão foram desconsiderados no cálculo de frota da Concessionária, de forma que é responsabilidade

dessa assegurar a disponibilidade de material rodante apenas para o adequado atendimento de sua demanda própria e de seu direito de passagem nas malhas das demais Concessionárias.

Para efeito do dimensionamento de frota, a expansão futura da Ferrogrão entre Sinop/MT e Lucas do Rio Verde/MT (Ferrogrão 2), foi considerada como uma concessão distinta.

Os valores de demanda e esforço da ferrovia em transportar carga, respectivamente em TU e TKU, estão dispostos nos Anexos XI e XII.

A apresentação das premissas, dados e cálculos de dimensionamento de frota no presente estudo foi segregada em transporte da demanda da Ferrogrão em sua própria malha e transporte dessa demanda na malha de terceiros.

3.8.1.1.2 Velocidade Média Comercial (VMC)

A Velocidade Média Comercial (VMC) dos trens foi obtida pela razão entre a distância total percorrida (extensão da ferrovia multiplicada por 2) e o tempo médio ponderado de percurso. Este, por sua vez, foi calculado pela soma da multiplicação dos tempos entre pátios obtidos da simulação operacional no RTC, para cada segmento ferroviário e para cada trem-tipo, pela respectiva quantidade de trens em cada condição, dividida pela quantidade total de trens.

Considerou-se ainda que os tempos simulados não contemplam os tempos dentro dos pátios, foi utilizado um fator de 1,30 referente à relação *transit time*/seção de bloqueio. Para definição desse fator, foram observadas as relações de tempo de trânsito e tempo em movimento em outras ferrovias, de forma que foi adotado o valor com aquele obtido para a Estrada de Ferro Carajás (EFC).

Por meio da aplicação da metodologia descrita e os tempos simulados, foi definida a velocidade média de 36,73 km/h no cenário que considera a redução de pátios.

3.8.1.1.3 Tempos de carga e descarga

Para o cálculo de rotação das locomotivas e dos vagões, detalhado adiante, foram considerados, por tipo de fluxo, os tempos de carga e descarga das composições.

Como referência geral, foram adotados os mesmos tempos empregados nos estudos de prorrogação antecipada de concessões ferroviárias desde o processo referente à Malha Paulista (versão pós Audiência Pública nº 010/2016).

Os resultados deste levantamento estão dispostos na tabela abaixo. As planilhas com todos os tempos de carga e descarga por grupo de produtos estão apresentadas no Anexo XI (planilhas “Tempo na Origem” e “Tempo no Destino”).

Tabela 15: Tempos médios de carga e descarga (horas)

Mercadoria	Tempos (horas)	
	Carga	Descarga
Soja em Grão	24	24
Milho em Grão	24	24
Açúcar	24	24
Diesel	48	48
Etanol	48	48
Gasolina	48	48
Fertilizantes	24	24
Farelo de Soja	24	24

Fonte: ANTT (2019)

3.8.1.1.4 Trens-tipo

Os trens-tipo empregados para cálculo da frota são os mesmos previamente apresentados (Tabela 6), mas de forma segregada, de modo a apresentar as características das composições para cada fluxo de mercadoria.

A metodologia aplicada a trens-tipo no levantamento de material rodante necessário consiste na análise individual de cada fluxo de mercadoria, de modo a definir o perfil mais adequado de composição a ser utilizado pela Concessionária para cada tipo de produto.

3.8.1.1.5 Sazonalidade

Os índices de sazonalidade aplicados por tipo de produto são os mesmos adotados no cálculo de PDT para verificação da saturação da via (Tabela 5).

3.8.1.1.6 Indisponibilidade de vagões e locomotivas

A indisponibilidade de frota seguiu a metodologia apresentada na versão pós Audiência Pública nº 007/2017 da Subconcessão da Ferrovia Norte-Sul: Trecho Porto Nacional/TO – Estrela d’Oeste/SP.

Foram utilizados dados do SAFF da ANTT, e realizou-se uma média dos valores de indisponibilidade para locomotivas e para vagões após excluir-se os valores *outliers* ou discrepantes, conforme mostra a Tabela 16.

Tabela 16: Indisponibilidade de locomotivas e de vagões apresentada nos documentos pós Audiência Pública nº 007/2017 – Ferrovia Norte-Sul

Ferrovia	Indisponibilidade	
	Vagão	Locomotiva
EFC	4,27%	13,54%
EFPO	31,03%	68,22%
EFVM	7,92%	15,11%
FCA	16,36%	23,21%
FNSTN	2,79%	10,57%
FTC	44,77%	51,96%
FTL	35,82%	32,25%
MRS	6,86%	19,89%
RMN	0,55%	8,88%
RMO	3,31%	3,06%
RMP	3,60%	2,28%
RMS	2,41%	5,88%
MÉDIA	4,45%	10,99%

Fonte: SAFF, ANTT (2017)

O cálculo da frota de locomotivas e vagões da Ferrogrão adotou os mesmos valores de indisponibilidade da Ferrovia Norte-Sul, trecho Porto Nacional/TO – Estrela d'Oeste/SP, ou seja, 4,45% de indisponibilidade de vagões e 10,99% de indisponibilidade de locomotivas ao longo de todo o período de Concessão.

3.8.1.2 Metodologia de cálculo

De posse de todas as informações necessárias, foram efetuados os cálculos de:

- Distância média;
- Rotação e ciclo de materiais rodantes;
- Frequência de trens para o fluxo de transporte;
- Frota de vagões;
- Frota de locomotivas;
- Cálculo de frota para atendimento ao direito de passagem.

3.8.1.2.1 Distância média

As distâncias médias percorridas são calculadas por meio da divisão entre o esforço de carga (TKU) pela carga transportada (TU):

$$L = \frac{TKU}{TU}$$

Onde:

L = distância média em km;

TKU = esforço de carga para cada produto no ano a ser considerado, em tonelada quilômetro útil;

TU = carga total de cada produto no ano a ser considerado, em tonelada útil.

Os cálculos realizados e os valores obtidos podem ser verificados no Anexo XI (planilha “KM Total”).

3.8.1.2.2 Rotação e ciclo de materiais rodantes

Com a definição da Velocidade Média Comercial e das distâncias, conforme itens anteriores, é possível obter, por meio de cálculos, os tempos de rotação e ciclo de todo o material rodante.

Vagões

Segundo Rosa² (2016), a rotação de vagões pode ser entendida como o tempo gasto entre dois carregamentos sucessivos. Neste tempo estão incluídos os tempos de carregamento do vagão na origem, circulação do vagão carregado até o destino, descarga no destino e transporte do vagão vazio até outro ponto de carregamento.

Caso não sejam conhecidos os tempos de viagem e os tempos de operação na origem e no destino, pode-se calcular a rotação média da seguinte forma:

$$R = \frac{2 \cdot L}{24 \cdot V}$$

Onde:

R = rotação de vagões, em dias;

L = distância entre o ponto de origem e o ponto de destino, em km;

V = velocidade comercial do trem, em km/h.

Em razão de os tempos de espera dos vagões nos terminais não estão contemplados na VMC adotada, foram acrescidos à rotação os tempos de carga e descarga:

² ROSA, Rodrigo de Alvarenga. Operação Ferroviária – Planejamento, Dimensionamento e Acompanhamento. LTC, 2016.

$$R = \frac{2 \cdot L}{24 \cdot V} + \frac{TC}{24} + \frac{TD}{24}$$

Onde:

R = rotação de vagões, em dias;

L = distância entre o ponto de origem e o ponto de destino, em km;

V = velocidade comercial do trem, em km/h;

TC = tempo de carga;

TD = tempo de descarga.

Locomotivas

De maneira análoga aos vagões, a rotação das locomotivas é calculada da seguinte forma:

$$R = \frac{2 \cdot L}{24 \cdot V}$$

Onde:

R = rotação de locomotivas em dias;

L = distância entre o ponto de origem e o ponto de destino, em km;

V = velocidade comercial do trem, em km/h.

Os cálculos e os resultados de rotação para locomotivas e vagões podem ser verificados no Anexo XI (planilhas “Rotacao Vagao” e “Rotacao Locomotiva”).

3.8.1.2.3 Frequência de trens para o fluxo de transporte

Para o cálculo dos quantitativos de frota é necessária a determinação da frequência de trens para o fluxo de transporte. Esse cálculo foi feito por meio da seguinte equação:

$$Nt = \frac{\left(\frac{TU}{\text{vagões} \cdot \text{capacidade}} \right)}{\left(\frac{365}{\text{saz}} \right)}$$

Onde:

Nt = frequência de trens;

TU = carga a ser transportada;

vagões = quantidade de vagões do trem-tipo;

capacidade = capacidade de carga de cada vagão;

saz = sazonalidade da carga.

Os cálculos e os resultados de frequência de trens estão apresentados no Anexo XI (planilha “Frequência”).

3.8.1.2.4 Frota de vagões

De posse de todos os dados acima, é possível efetuar os cálculos para obtenção da frota necessária à operação da ferrovia.

Assim, a frota de vagões foi calculada conforme a fórmula abaixo:

$$N = \frac{(1 + m) \cdot (C_f \cdot R)}{(T_f \cdot C_v)}$$

Onde:

m = indisponibilidade do vagão;

C_f = carga a ser transportada, em tonelada;

R = rotação do vagão, em dias;

T_f = período dentro do qual se deve fazer o fluxo de transporte, em dias (sazonalidade considerada);

C_v = Capacidade de carga de cada vagão, em toneladas.

Os resultados dos cálculos estão apresentados no Anexo XI (planilha “Vagões”).

3.8.1.2.5 Frota de locomotivas

O cálculo da frota de locomotivas para atender a um fluxo de transporte é feito a partir da seguinte equação:

$$N = N_t \cdot L_t \cdot R \cdot (1 + m)$$

Onde:

N_t = frequência de trens para o fluxo de transporte;

L_t = número de locomotivas por trem;

R = rotação da locomotiva, em dias;

m = indisponibilidade da locomotiva.

Os resultados dos cálculos estão apresentados no Anexo XI (planilha “Locomotivas”).

3.8.1.2.6 Cálculo de frota para atendimento ao direito de passagem

Similarmente ao que foi executado para o transporte de cargas da Ferrogrão em sua própria malha, foram executados os cálculos relativos às cargas desta que trafegam na malha de outras concessionárias por meio de direito de passagem.

Para o transporte de cargas da Ferrogrão em direito de passagem na futura malha da FICO, adotou-se a velocidade média considerada no estudo elaborado pela VALEC, de 46,73 km/h. Já em relação ao trecho de expansão futura da Rumo Malha Norte, a velocidade média adotada foi aquela obtida no SAFF/ANTT/2019, de 12,79 km/h. Finalmente, para o trecho de extensão da Ferrogrão entre Sinop/MT e Lucas do Rio Verde/MT (Ferrogrão 2), foi adotada a mesma velocidade média obtida no estudo de implantação do trecho principal, de 36,73 km/h.

As metodologias de cálculo de distância média, rotação de materiais rodantes, frequência de trens, número de vagões e de locomotivas foram as mesmas e, por essa razão, não serão aqui reproduzidas.

As premissas, dados e cálculos para obtenção da frota para atendimento ao direito de passagem estão apresentadas no Anexo XII.

3.8.2 Reposição de ativos

De forma a buscar subsídio técnico que embasasse os seus estudos, a ANTT, por meio da literatura existente sobre o tema, adotou as seguintes premissas para o final de vida útil de frota principal:

- Idade máxima para as locomotivas: 40 anos;
- Idade máxima para os vagões: não aplicada.

No caso das locomotivas, a ANTT verificou que o documento da *Environment Protection Agency* (EPA): “*Locomotive Emission Standards - Regulatory Support Document*”, indica que a vida útil da frota de locomotivas é estimada em 40 anos, valor este empregado como referência.

A partir do ano de aquisição/fabricação de cada locomotiva, adiciona-se a idade máxima indicada, o que resulta no ano da substituição. Atingida a idade máxima do ativo, procede-se à sua baixa e verifica-se a quantidade existente. No caso de a frota existente ser inferior à necessária, faz-se necessária a aquisição de ativo na quantidade suficiente para a equiparação.

No caso do presente estudo, mesmo com a previsão de aquisição de material rodante novo para o início de operação pela Concessionária, serão necessárias novas aquisições de locomotivas por fim de sua vida útil em razão de o prazo de Concessão da Ferrogrão ser superior à vida útil das locomotivas,

No que tange aos vagões, a ANTT realizou pesquisa sobre os *benchmarks* considerados na literatura técnica, conforme listado abaixo:

- *Federal Transit Administration* - FTA - USA (Disponível em: <https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/FTA%20TAM%20ULB%20Cheat%20Sheet%202016-10-26.pdf>);
Office of Rail Regulation - Documento “*Freight wagon TSI process*” (Disponível em: (https://orr.gov.uk/_data/assets/pdf_file/0018/5058/tsi-study-letter-301109.pdf));
- *The generalized life cycle cost model for BOXN wagons of Indian Railways* (Disponível em: http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/91934/15/16_chapter7.pdf);
- *Feasibility Study of measures for the rehabilitation and renewal of the freight wagon fleet of Tajik Railways* (Disponível em: www.traceca-org.org/en/technical-assistance/...of-railway-rehabilitation).

Apesar de a literatura técnica indicar idades máximas de vagões em cerca de 30 a 35 anos, a ANTT adota que a Concessionária realizará reposição de componentes de vagões (por exemplo, peças dos truques - rodas, rolamentos, molas, sistema de freios, ampara-balanços, sapatas de freios etc.), que possuem vida útil menor que as “caixas” (*buckets*). Portanto, essas reposições de componentes permitirão que o vagão continue em operação, de forma que se avaliou como não aplicável a previsão de uma idade máxima para este ativo.

Dessa forma, não foi considerada a reposição de vagões por idade máxima.

Quanto à eventual reposição de vagões por perda em acidentes, considerou-se que a Concessionária contratará seguro para cobertura desse tipo de sinistro. Assim, a reposição desses ativos será realizada na quantidade suficiente para substituição do material rodante sucateado, por meio dos recursos de indenização oriundos do seguro, de forma que não há necessidade de quantificação de vagões acidentados ao longo do período de Concessão para aquisição de frota.

3.8.3 Resultados

Ressalta-se que, de acordo com a premissa estipulada pelo Ministério de Infraestrutura – MINFRA, a qual considera a expansão futura da Ferrogrão entre Sinop/MT e Lucas do Rio Verde/MT (Ferrogrão 2) uma concessão distinta, verifica-se uma significativa transferência da demanda da Ferrogrão para a futura concessionária desse trecho. Como consequência, no quinto ano de operação da Ferrogrão observa-se a necessidade de redução da frota de locomotivas e vagões por falta de demanda.

Para suprir a necessidade de atendimento da elevada demanda temporária, verificada nos anos iniciais da concessão da Ferrogrão, e a fim de evitar a necessidade de redução de frota recém adquirida, por redução da demanda, optou-se pelo arrendamento de Locomotivas AC 44 e vagões HPT.

A partir da aplicação da metodologia da ANTT, a qual considera a evolução da demanda ao longo dos anos da Concessão, foram obtidos os seguintes quantitativos, conforme cálculos realizados:

Tabela 17: Quantitativo de locomotivas AC44 a serem disponibilizadas pela Concessionária

Ano	Locomotivas necessárias para atendimento da demanda		Aquisições		Leasing	Reduções	
	Malha Própria	Direito de Passagem	Acréscimo de demanda	Reposição por Fim de Vida Útil	Para atendimento da demanda própria	Falta de Demanda	Fim de Vida Útil
2030	28	0	27	0	1	0	0
2031	45	0	0	0	18	0	0
2032	57	0	0	0	30	0	0
2033	58	0	0	0	31	0	0
2034	59	0	0	0	32	0	0
2035	26	1	0	0	0	0	0
2036	26	1	0	0	0	0	0
2037	26	1	0	0	0	0	0
2038	27	1	1	0	0	0	0
2039	27	1	0	0	0	0	0
2040	29	1	2	0	0	0	0
2041	29	1	0	0	0	0	0
2042	29	1	0	0	0	0	0
2043	30	1	1	0	0	0	0
2044	30	1	0	0	0	0	0

Ano	Locomotivas necessárias para atendimento da demanda		Aquisições		Leasing	Reduções	
	Malha Própria	Direito de Passagem	Acréscimo de demanda	Reposição por Fim de Vida Útil	Para atendimento da demanda própria	Falta de Demanda	Fim de Vida Útil
2045	28	2	0	0	0	0	0
2046	28	2	0	0	0	0	0
2047	28	2	0	0	0	0	0
2048	29	2	0	0	0	0	0
2049	29	2	0	0	0	0	0
2050	29	2	0	0	0	0	0
2051	29	2	0	0	0	0	0
2052	29	2	0	0	0	0	0
2053	30	2	1	0	0	0	0
2054	30	2	0	0	0	0	0
2055	30	2	0	0	0	0	0
2056	30	2	0	0	0	0	0
2057	30	2	0	0	0	0	0
2058	30	2	0	0	0	0	0
2059	30	2	0	0	0	0	0
2060	31	2	1	0	0	0	0
2061	31	2	0	0	0	0	0
2062	31	2	0	0	0	0	0
2063	31	2	0	0	0	0	0
2064	31	2	0	0	0	0	0
2065	31	2	0	0	0	0	0
2066	31	2	0	0	0	0	0
2067	31	2	0	0	0	0	0
2068	31	2	0	0	0	0	0
2069	31	2	0	0	0	0	0
2070	32	2	1	27	0	0	27
2071	32	2	0	0	0	0	0
2072	32	2	0	0	0	0	0
2073	32	2	0	0	0	0	0
2074	32	2	0	0	0	0	0
2075	32	2	0	0	0	0	0
2076	32	2	0	0	0	0	0
2077	32	2	0	0	0	0	0
2078	32	2	0	1	0	0	1
2079	32	2	0	0	0	0	0
2080	32	2	0	2	0	0	2
2081	32	2	0	0	0	0	0

Ano	Locomotivas necessárias para atendimento da demanda		Aquisições		Leasing	Reduções	
	Malha Própria	Direito de Passagem	Acréscimo de demanda	Reposição por Fim de Vida Útil	Para atendimento da demanda própria	Falta de Demanda	Fim de Vida Útil
2082	32	2	0	0	0	0	0
2083	32	2	0	1	0	0	1
2084	33	2	1	0	0	0	0
2085	33	2	0	0	0	0	0
2086	33	2	0	0	0	0	0
2087	33	2	0	0	0	0	0
2088	33	2	0	0	0	0	0
2089	33	2	0	0	0	0	0

Fonte: ANTT (2019)

Tabela 18: Quantitativo de vagões HPT (trem-tipo Graneleiro) a serem disponibilizados pela Concessionária

Ano	Vagões HPT necessários para atendimento da demanda		Leasing	Aquisições por Acréscimo de Demanda	Reduções por Falta de Demanda
	Malha Própria	Direito de Passagem			
2030	2705	0	362	2.343	0
2031	4402	0	2.059	0	0
2032	5.595	0	3.252	0	0
2033	5.687	0	3.344	0	0
2034	5.780	0	3.437	0	0
2035	2.343	0	0	0	0
2036	2.378	0	0	35	0
2037	2.412	0	0	34	0
2038	2.446	0	0	34	0
2039	2.481	0	0	35	0
2040	2.560	0	0	79	0
2041	2.578	0	0	18	0
2042	2.596	0	0	18	0
2043	2.614	0	0	18	0
2044	2.632	0	0	18	0
2045	2.417	0	0	0	0
2046	2.433	0	0	0	0
2047	2.449	0	0	0	0
2048	2.465	0	0	0	0
2049	2.481	0	0	0	0
2050	2.497	0	0	0	0
2051	2.515	0	0	0	0

Ano	Vagões HPT necessários para atendimento da demanda		Leasing	Aquisições por Acréscimo de Demanda	Reduções por Falta de Demanda
	Malha Própria	Direito de Passagem			
2052	2.527	0	0	0	0
2053	2.539	0	0	0	0
2054	2.550	0	0	0	0
2055	2.562	0	0	0	0
2056	2.573	0	0	0	0
2057	2.584	0	0	0	0
2058	2.595	0	0	0	0
2059	2.605	0	0	0	0
2060	2.616	0	0	0	0
2061	2.626	0	0	0	0
2062	2.636	0	0	4	0
2063	2.646	0	0	10	0
2064	2.656	0	0	10	0
2065	2.666	0	0	10	0
2066	2.675	0	0	9	0
2067	2.684	0	0	9	0
2068	2.693	0	0	9	0
2069	2.702	0	0	9	0
2070	2.711	0	0	9	0
2071	2.719	0	0	8	0
2072	2.728	0	0	9	0
2073	2.736	0	0	8	0
2074	2.744	0	0	8	0
2075	2.752	0	0	8	0
2076	2.760	0	0	8	0
2077	2.768	0	0	8	0
2078	2.775	0	0	7	0
2079	2.783	0	0	8	0
2080	2.790	0	0	7	0
2081	2.797	0	0	7	0
2082	2.804	0	0	7	0
2083	2.811	0	0	7	0
2084	2.817	0	0	6	0
2085	2.824	0	0	7	0
2086	2.830	0	0	6	0
2087	2.836	0	0	6	0
2088	2.843	0	0	7	0
2089	2.849	0	0	6	0

Fonte: ANTT (2019)

Tabela 19: Quantitativo de vagões TCT (trem-tipo Tanque) a serem disponibilizados pela Concessionária

Ano	Vagões TCT necessários para atendimento da demanda		Aquisições por Acréscimo de Demanda	Reduções por Falta de Demanda
	Malha Própria	Direito de Passagem		
2030	56	0	56	0
2031	93	0	37	0
2032	121	0	28	0
2033	125	0	4	0
2034	129	0	4	0
2035	134	61	66	0
2036	138	63	6	0
2037	142	65	6	0
2038	147	67	7	0
2039	151	69	6	0
2040	220	71	71	0
2041	227	73	9	0
2042	233	75	8	0
2043	239	77	8	0
2044	246	79	9	0
2045	252	146	73	0
2046	259	149	10	0
2047	265	153	10	0
2048	272	157	11	0
2049	278	161	10	0
2050	280	162	3	0
2051	286	165	9	0
2052	291	168	8	0
2053	296	171	8	0
2054	300	174	7	0
2055	304	176	6	0
2056	308	178	6	0
2057	311	180	5	0
2058	313	181	3	0
2059	315	183	4	0
2060	317	184	3	0
2061	319	185	3	0
2062	320	185	1	0
2063	321	186	2	0
2064	322	187	2	0
2065	323	187	1	0
2066	324	187	1	0
2067	324	188	1	0

Ano	Vagões TCT necessários para atendimento da demanda		Aquisições por Acréscimo de Demanda	Reduções por Falta de Demanda
	Malha Própria	Direito de Passagem		
2068	325	188	1	0
2069	325	188	0	0
2070	326	188	1	0
2071	326	189	1	0
2072	326	189	0	0
2073	326	189	0	0
2074	327	189	1	0
2075	327	189	0	0
2076	327	189	0	0
2077	327	189	0	0
2078	327	189	0	0
2079	327	189	0	0
2080	327	189	0	0
2081	327	189	0	0
2082	327	189	0	0
2083	327	189	0	0
2084	327	189	0	0
2085	327	189	0	0
2086	327	189	0	0
2087	327	189	0	0
2088	327	189	0	0
2089	327	189	0	0

Fonte: ANTT (2019)

Apresenta-se a seguir um resumo da proposta de quantitativo de material rodante a ser disponibilizado pela Concessionária para atendimento à demanda ao longo do período de Concessão.

Tabela 20: Resumo do material rodante a ser disponibilizado pela Concessionária

Ano	Locomotivas AC 44			Vagões			
	Aquisição	Leasing	Total Necessário para Atendimento da Demanda	HPT		TCT	Total Necessário para Atendimento da Demanda
				Aquisição	Leasing	Aquisição	
2030	27	1	28	2.343	362	56	2.761
2031	0	18	45	0	2.059	37	4.495
2032	0	30	57	0	3.252	28	5.716
2033	0	31	58	0	3.344	4	5.812

Ano	Locomotivas AC 44			Vagões			
	Aquisição	Leasing	Total Necessário para Atendimento da Demanda	HPT		TCT	Total Necessário para Atendimento da Demanda
				Aquisição	Leasing	Aquisição	
2034	0	32	59	0	3.437	4	5.909
2035	0	0	27	0	0	66	2.538
2036	0	0	27	35	0	6	2.579
2037	0	0	27	34	0	6	2.619
2038	1	0	28	34	0	7	2.660
2039	0	0	28	35	0	6	2.701
2040	2	0	30	79	0	71	2.851
2041	0	0	30	18	0	9	2.878
2042	0	0	30	18	0	8	2.904
2043	1	0	31	18	0	8	2.930
2044	0	0	31	18	0	9	2.957
2045	0	0	30	0	0	73	2.815
2046	0	0	30	0	0	10	2.841
2047	0	0	30	0	0	10	2.867
2048	0	0	31	0	0	11	2.894
2049	0	0	31	0	0	10	2.920
2050	0	0	31	0	0	3	2.939
2051	0	0	31	0	0	9	2.966
2052	0	0	31	0	0	8	2.986
2053	1	0	32	0	0	8	3.006
2054	0	0	32	0	0	7	3.024
2055	0	0	32	0	0	6	3.042
2056	0	0	32	0	0	6	3.059
2057	0	0	32	0	0	5	3.075
2058	0	0	32	0	0	3	3.089
2059	0	0	32	0	0	4	3.103
2060	1	0	33	0	0	3	3.117
2061	0	0	33	0	0	3	3.130
2062	0	0	33	4	0	1	3.141
2063	0	0	33	10	0	2	3.153
2064	0	0	33	10	0	2	3.165
2065	0	0	33	10	0	1	3.176
2066	0	0	33	9	0	1	3.186
2067	0	0	33	9	0	1	3.196
2068	0	0	33	9	0	1	3.206
2069	0	0	33	9	0	0	3.215
2070	1	0	34	9	0	1	3.225

Ano	Locomotivas AC 44			Vagões			
	Aquisição	Leasing	Total Necessário para Atendimento da Demanda	HPT		TCT	Total Necessário para Atendimento da Demanda
				Aquisição	Leasing	Aquisição	
2071	0	0	34	8	0	1	3.234
2072	0	0	34	9	0	0	3.243
2073	0	0	34	8	0	0	3.251
2074	0	0	34	8	0	1	3.260
2075	0	0	34	8	0	0	3.268
2076	0	0	34	8	0	0	3.276
2077	0	0	34	8	0	0	3.284
2078	0	0	34	7	0	0	3.291
2079	0	0	34	8	0	0	3.299
2080	0	0	34	7	0	0	3.306
2081	0	0	34	7	0	0	3.313
2082	0	0	34	7	0	0	3.320
2083	0	0	34	7	0	0	3.327
2084	1	0	35	6	0	0	3.333
2085	0	0	35	7	0	0	3.340
2086	0	0	35	6	0	0	3.346
2087	0	0	35	6	0	0	3.352
2088	0	0	35	7	0	0	3.359
2089	0	0	35	6	0	0	3.365

Fonte: ANTT (2019)

Os resultados consolidados de dimensionamento de frota de locomotivas e vagões, os quais consideram as quantidades necessárias para atendimento à demanda na malha da Ferrogrão e em direito de passagem, aquisições e reduções ao longo do período da Concessão e idade média da frota estão apresentados no Anexo XIII.

4. Lista de Anexos

Anexo I:	A. FGRAO - Demanda
Anexo II:	B. FGRAO - Informações Técnicas
Anexo III:	C.1. FGRAO – Definição de Trem Tipo – Configuração Padrão
Anexo IV:	C.2. FGRAO – Definição de Trem Tipo – Locotrol e Helper
Anexo V:	D. FGRAO – PDT
Anexo VI:	E.1 FGRAO – Tempos Médios - Cenário 00 - Base
Anexo VII:	E.2 FGRAO – Tempos Médios - Cenário 01 – Redução de Pátios
Anexo VIII:	F.1 FGRAO – Calculo Saturação - Cenário 00 - Base
Anexo IX:	F.2 FGRAO – Calculo Saturação - Cenário 01 – Redução de Pátios
Anexo X:	F.3 FGRAO – Calculo Saturação - Portos
Anexo XI:	G.1 FGRAO - Calculo de Frota - Trecho Próprio
Anexo XII:	G.2 FGRAO - Calculo de Frota - Demais Trechos
Anexo XIII:	G.3 FGRAO - Calculo de Frota - TOTAL Final