

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/378684224>

# UMA EXPLICAÇÃO ALTERNATIVA PARA O DECLÍNIO FERROVIÁRIO DE CARGA GERAL

Research Proposal · March 2024

DOI: 10.13140/RG.2.2.14259.81448

---

CITATIONS

0

READ

1

1 author:



[Sérgio Pinheiro Torggler](#)

CENTRO UNIVERSITÁRIO MOURA LACERDA, Ribeirão Preto, Brazil

20 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

SEE PROFILE

# DECLÍNIO FERROVIÁRIO DE CARGA GERAL, ORIGEM E SOLUÇÃO

## RESUMO

O declínio ferroviário é um fenômeno antigo, atual, nacional e global. Muitos milhares de quilômetros de ferrovias brasileiras estão ameaçados de abandono. O fardo econômico dos ramais decadentes arruína as finanças das operadoras, consumindo os lucros dos ramais produtivos. Nas comunidades acadêmicas, empresariais e governamentais, a causa mais aceita para o declínio é a falta de apoio financeiro estatal às ferrovias. Alguns chegam a argumentar sobre a existência de conluio entre governos e a indústria rodoviária. Ao contrário desse senso comum, este artigo busca demonstrar que essa ideia não encontra amparo nas evidências empíricas e teóricas. O que se encontrou são causas intrínsecas à tecnologia, isto é, o modelo operacional e a tecnologia ferroviária tradicional, ambas impõem severas restrições à qualidade do serviço. No entanto, a restauração da competitividade ferroviária no transporte de cargas gerais é uma tarefa difícil porque é um problema multifatorial e o sucesso depende da superação de todas as restrições simultaneamente. Estas múltiplas restrições explicam os inúmeros fracassos de inovações tecnológicas ferroviárias nas várias décadas passadas, essas tentativas fracassaram porque foram parciais na eliminação dos fatores de restrição. Em resumo, o sucesso de ferrovias com cargas gerais depende essencialmente de pesquisa e desenvolvimento de uma tecnologia que ofereça um serviço de alto valor para o usuário, de alta produtividade e rentabilidade para o operador ferroviário. Isso se tornar cada dia mais possível em razão da abundância de recursos de automação que surgiram neste século XXI.

## ABSTRACT

Railway decline is an ancient, current, national and global phenomenon. Many thousands of kilometers of Brazilian railways are threatened with abandonment. The economic burden of declining lines ruins operators' finances, consuming the profits of productive lines. In the academic, business, and government communities, the most widely accepted cause for the decline is the lack of state financial support for railroads. Some even argue about the existence of collusion between governments and the road industry. Contrary to this common sense, this article seeks to demonstrate that this idea is not supported by empirical and theoretical evidence. What was found are causes intrinsic to technology, that is, the operational model and traditional railway technology, both of which impose severe restrictions on the quality of service. However, restoring railway competitiveness in general cargo transportation is a difficult task because it is a multifactorial problem and success depends on overcoming all constraints simultaneously. These multiple restrictions explain the numerous failures of railway technological innovations in the past several decades, these attempts failed because they were partial in eliminating the restriction factors. In summary, the success of general cargo railways essentially depends on research and development of a technology that offers a high-value service for the user, high productivity and profitability for the railway operator. This becomes more possible every day due to the abundance of automation resources that have emerged in this 21st century.

## 1 Introdução

O declínio ferroviário é um fenômeno antigo, crônico, atual e relevante. Mesmo assim, há muita controvérsia sobre as suas causas. A comunidade ferroviária defende majoritariamente que a causa principal é a falta de investimento governamental em ferrovias, também descrita como um subsídio governamental diferenciado em favor da infraestrutura rodoviária. Este artigo tenta demonstrar que esta relação de causa efeito não encontra amparo nas evidências e é inconsistente com o conhecimento das ciências que estuda a decadência de produtos.

Os produtos, os negócios e os seres vivos vivem sob a lei da seleção natural, os menos aptos tendem a serem eliminados quando surge solução mais eficiente. O modelo rodoviário tomou o nicho de cargas gerais das ferrovias e nesses territórios as ferrovias caíram em decadência (a caminho da extinção ou de ocupar nichos restritos). A ferrovia virou um “fóssil vivo” tecnológico, um produto de nicho de cargas de alto volume, minérios e grãos. Este artigo

defende a hipótese de que a decadência ferroviária é resultado intrínseco de sua tecnologia e que essa incapacidade pode ser superada pela modificação do modelo operacional com adoção de automação e outras tecnologias do século XXI.

A decadência ferroviária não é um fenômeno homogêneo, ela somente afeta as ferrovias desprovidas de alto volume de minério ou de grãos, ou seja, as ferrovias deficientes são aquelas que competem pelo mercado de carga geral e de passageiros, são aquelas que deveriam diminuir a dependência logística do caminhão, mas não conseguem.

No Brasil, o declínio afeta grandes extensões da malha da RUMO e da Ferrovia Centro Atlântica-VLI, bem como também deverá afetar a malha da Transnordestina e outras menores. O montante de ativos em risco somam muitas dezenas de bilhões de reais. A destruição anual de valor financeiro dos investidores é perene e contínua, da ordem de alguns bilhões de reais anuais.

Ao longo de décadas, uma narrativa foi construída e fomentada pela indústria ferroviária para mostra apenas o lado positivo das ferrovias. Reforçam um saudosismo romântico, quase idealista, como se as ferrovias não tivessem problemas. Subliminarmente, colocam as ferrovias de carga geral na figura de vítimas de uma conspiração entre a indústria rodoviária e os governos de plantão, de tal sorte que as políticas públicas (apoio financeiro do Estado) são direcionadas preferencialmente para a infraestrutura rodoviária, configurando uma competição desleal.

Essas ideias de responsabilizar o Estado pela decadência são divulgadas por muitos agentes, desde políticos da frente parlamentar ferroviária<sup>1</sup>, representantes das indústrias fornecedoras<sup>2</sup>, das operadoras, das construtoras<sup>3</sup>, da Agência Nacional de Transportes Terrestres, das universidades<sup>4</sup>, da imprensa especializada<sup>5</sup>, do ministério dos transportes, bem como agentes menores tais como engenheiros ferroviários<sup>6</sup>, associações de amigos das ferrovias.

Na primeira parte deste artigo, são apresentadas as evidências contrárias ao senso comum. Estas evidências apontam que a própria tecnologia ferroviária tradicional e seu modelo operacional em comboios são os elementos causadores da decadência. Na segunda parte, mostra-se um levantamento do ambiente restritivo à inovação no setor ferroviário e também uma proposta de vagões autômatos e de como essa estratégia poderia recuperar a competitividade das ferrovias através da criação de valor ao usuário de carga geral.

## **2 Evidências sobre a causa do declínio: a tecnologia ferroviária tradicional.**

O modelo operacional ferroviário tradicional usa comboios com locomotivas. Esse modelo não atende seu público com um serviço competitivo no mercado de cargas gerais. As

---

<sup>1</sup> <https://www.fne.org.br/index.php/todas-as-noticias/4059-frente-parlamentar-da-engenharia-discute-situacao-das-ferrovias-brasileiras>

<sup>2</sup> ABIFER, <https://abifer.org.br/entenda-como-o-brasil-ficou-dependente-dos-caminhoes/>

<sup>3</sup> ANTF, <http://www.antf.org.br/historico/>

<sup>4</sup> USP, <https://jornal.usp.br/atualidades/investimento-na-malha-ferroviaria-e-importante-para-economia/>

<sup>5</sup> <http://www.progresso.com.br/noticias/ferrovias-desprezadas/265698/>

<sup>6</sup> <https://seaej.org.br/2018/06/12/palestra-ferrovias-brasileiras-cenrio-atual/>

evidências que explicam essa situação de declínio advêm de diversas áreas, tal como o modelo de ciclo de vida dos produtos, a teoria das restrições, a estrutura de cadeia produtiva, a análise estatística do desempenho ferroviário, a análise do desempenho econômico das operadoras ferroviárias etc., descritas a seguir.

## 2.1 O modelo de ciclo de vida dos produtos, segundo Kotler e Keller.

A ferrovia é uma grande máquina, que existe para atender a necessidade de mobilidade de cargas e de pessoas. Neste sentido, a ferrovia pode ser definida como um produto, tal como apresentado por Kotler e Keller (2006), que classificava como produto qualquer artigo que exista para satisfazer uma necessidade específica de um consumidor.

Irigaray et al. (2006) explicam também que um produto pode ser algo tangível (um bem, por exemplo) ou intangível (um serviço ou uma marca). Alertam os autores que um produto só continuará vivo no mercado se continuar atendendo às necessidades impostas pelos consumidores, sendo elas facilmente perceptíveis ou não tão claras. Kayo et al (2006, p.84) mencionam que:

A teoria do ciclo de vida não se restringe apenas a produtos. Ela pode alcançar dimensões mais amplas e seus conceitos podem ser aplicados a empresas e até a setores. Supõe-se que o ciclo de vida de um setor é resultado da agregação dos ciclos de vida das empresas que o compõem. O ciclo de vida de cada empresa, por sua vez, compreende vários produtos, cada um com seu próprio ciclo de vida.

Ainda, segundo Kotler e Keller (2006), ao dizer que um produto possui um ciclo de vida, faz-se necessário compreender os seguintes fatores:

1- Os produtos têm vida limitada. 2- As vendas dos produtos passam por estágios distintos, cada um deles com desafios, oportunidades e problemas diferentes para as empresas. 3- O lucro aumenta e diminui em diferentes estágios do ciclo de vida do produto. 4- Os produtos necessitam de diferentes estratégias de produção, financeira, marketing, compras e recursos humanos de acordo com cada estágio do seu ciclo de vida.

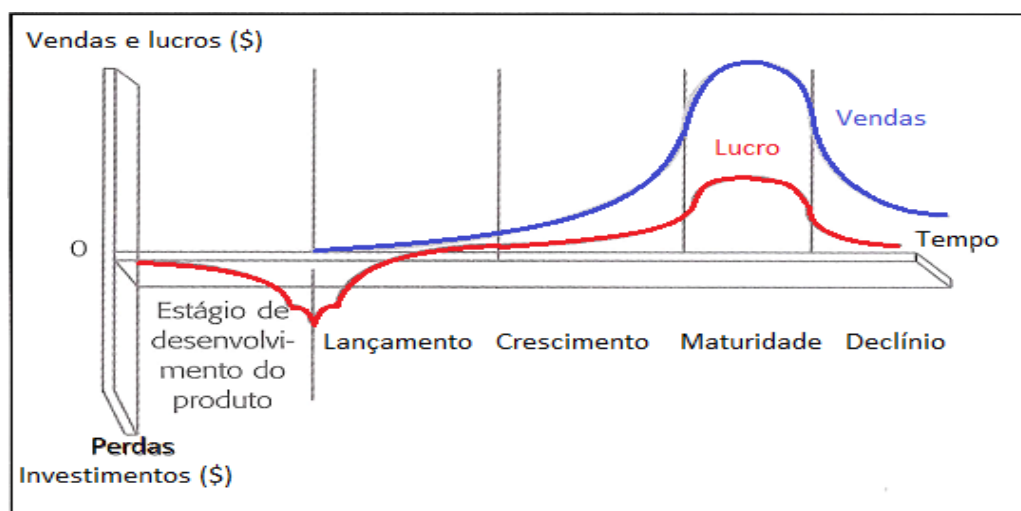


Figura 1 - Ciclo de vida do produto. Fonte: Sandhusen,1998 apud Irigaray et al., 2006 p.59.

FALCÃO SOBRAL (2013, citando WRIGHT; KROLL; PARNELL, 2000) descreve a fase de decadência nos seguintes termos:

No declínio, as vendas podem ser reduzidas tanto de forma lenta quanto rápida. Muitas vezes, os consumidores se voltam para produtos ou serviços substitutos. Estes substitutos possuem características superiores, custos menores, maiores conveniências, ou trabalham com uma tecnologia superior.

Rodrigue (2020) mostra em seu trabalho um gráfico da evolução da malha ferroviária de carga norte-americana, o qual foi reproduzido na figura 2 a seguir. Esta figura guarda grande semelhança ao gráfico de ciclo de vida de produto de Kotler, mostrado na figura 1.

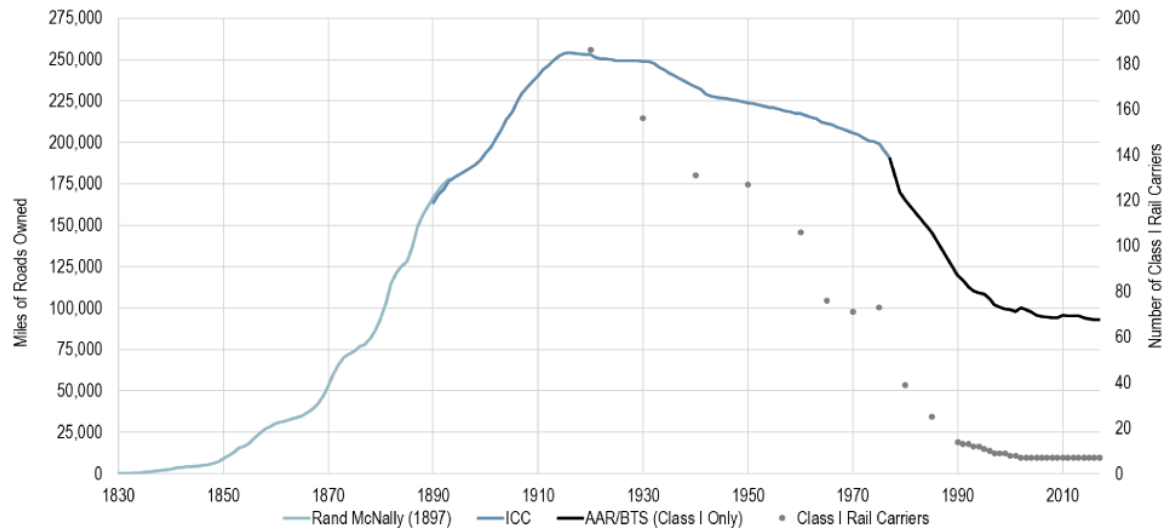


Figura 2. Evolução da malha ferroviária norte americana. Fonte: Rodrigue (2020)

Embora na figura 1 a variável do eixo y seja vendas e lucro e na figura 2 essa variável é a extensão da malha, pode-se afirmar que estas variáveis são ligadas, uma vez que a extensão da malha pode ser usada como *proxy* de volume de vendas, na medida em que a existência da malha é uma situação diretamente dependente da receita de serviços prestados.

Rodrigue (2020) descreve o período de decadência das ferrovias norte-americanas usando o termo “racionalização”, nos seguintes termos:

Racionalização (1950-2000). A era pós-Segunda Guerra Mundial foi de intensa racionalização do transporte ferroviário. Na década de 1970, o sistema ferroviário dos Estados Unidos enfrentava sérias dificuldades financeiras; várias empresas ferroviárias estavam falindo. Uma das falências mais significativas foi a Penn Central em 1970, que controlava mais de 10.000 milhas. A resposta do Governo Federal foi a desregulamentação. Em 1980, a *Staggers Rail Act* permitiu que as empresas ferroviárias fixassem suas próprias tarifas, níveis de serviço, bem como abandonassem, vendessem ou alugassem segmentos ferroviários não lucrativos. Entre 1950 e 2000, 79.300 milhas foram abandonadas, o que deixou o sistema ferroviário com 144.500 milhas em 2000, uma quilometragem semelhante à de meados da década de 1880. Apenas entre 1975 e 1980, 12.300 milhas foram abandonadas. O transporte ferroviário estava perdendo passageiros para os modos rodoviário e aéreo, o que significou a perda de receitas e o abandono de numerosos serviços de passageiros. O papel da ferrovia como suporte para viagens de passageiros de longa distância estava em colapso. Embora houvesse cerca de 2.000 trens regulares de passageiros por dia em 1950, esse número caiu para 200 na década de 1990. Como resultado, o transporte ferroviário tornou-se predominantemente orientado para o frete e o desenvolvimento do transporte intermodal

de longa distância na década de 1970 justificou uma maior racionalização da indústria ferroviária, principalmente por meio de fusões. Entre as mais significativas estava a fusão Burlington Northern / Santa Fe em 1995, seguida pela aquisição pela Union Pacific da Southern Pacific Railroad em 1996 e a cisão da Conrail (uma empresa criada em 1976 pelo Governo Federal para consolidar os ativos das empresas ferroviárias falidas) entre a Norfolk Southern e a CSX em 1999. As taxas de frete foram cortadas pela metade. Enquanto em 1960 havia 106 operadores ferroviários de Classe I, este número caiu para 7 em 2002 e permaneceu assim desde então.

Todos os elementos descritos por Kotler para caracterizar o declínio ou decadência estão presentes na descrição da fase de racionalização relatada por Rodrigue (2020). Assim, embora os ferroviários relutem em usar o termo decadência ou declínio, estes são os termos específicos utilizados na literatura clássica sobre o assunto.

A insustentabilidade econômica, em regra, decorre do surgimento de uma nova empresa, novo produto, ou nova forma de atividade mais eficiente, que conquiste a preferência da demanda do mercado. Assim, o declínio se expressa nas seguintes frases:

A Idade da Pedra não acabou por falta de pedra, e a Idade do Petróleo terminará muito antes de o mundo ficar sem petróleo. (Zaki Yamani)

Só existe um chefe: o cliente. E ele pode demitir todas as pessoas da empresa, do presidente ao faxineiro, simplesmente levando seu dinheiro para gastar em outro lugar. (Sam Walton)

Estas afirmações são amplamente aceitas no ambiente de negócios como verdadeiras e expressam uma relação de causa e efeito entre declínio e mudança da preferência do consumidor por opção melhor. Delas pode-se deduzir que a idade de ouro das ferrovias não acabou por falta de ferrovias, mas foi sim por que os usuários encontraram transporte melhor.

Neste sentido, o declínio das ferrovias de carga demonstra-se como um fenômeno totalmente aderente ao modelo de ciclo de vida de produto de Kotler e as causas são as limitações tecnológicas determinantes da qualidade do serviço ao usuário. O valor do serviço ferroviário foi e é destruído pelas limitações da tecnologia ferroviária tradicional.

Não foi encontrado qualquer estudo sobre a percepção de qualidade do serviço ferroviário pelo usuário de carga geral. É estranho que ao longo de muitas décadas de declínio ferroviário, a questão da má qualidade do serviço ferroviário fique ausente nas discussões sobre a decadência de ramais e de ferrovias.

## **2.2 Modelagem da cadeia produtiva ferroviária de carga geral.**

Outra análise que demonstra a inconsistência da relação causa-efeito entre a falta de apoio governamental e a decadência é a modelagem da cadeia produtiva das ferrovias de carga geral. O mapeamento do fluxo de recursos, de materiais e de serviços, é especialmente útil para analisar a criação de valor e para identificar o papel dos agentes privados e públicos no contexto geral do setor. Segundo Castro et al (2002) uma das finalidades da análise da cadeia produtiva é a identificação de fatores críticos à melhoria do desempenho, numa visão sistêmica.

Em primeiro lugar, é preciso entender que a cadeia produtiva ferroviária é um elo logístico intermediário no fluxo de outras cadeias produtivas, tais como as cadeias de minérios, de cereais e de cargas gerais.

O relevante no entendimento das cadeias produtivas é verificar que elas são formadas por dois fluxos de sentidos opostos. No sentido de fornecedores aos consumidores finais, o fluxo é constituído de produtos e de serviços. No sentido oposto, dos consumidores aos fornecedores, o fluxo é constituído de recursos financeiros e de informações. Veja na Figura 2, uma representação da cadeia produtiva das ferrovias de carga geral.

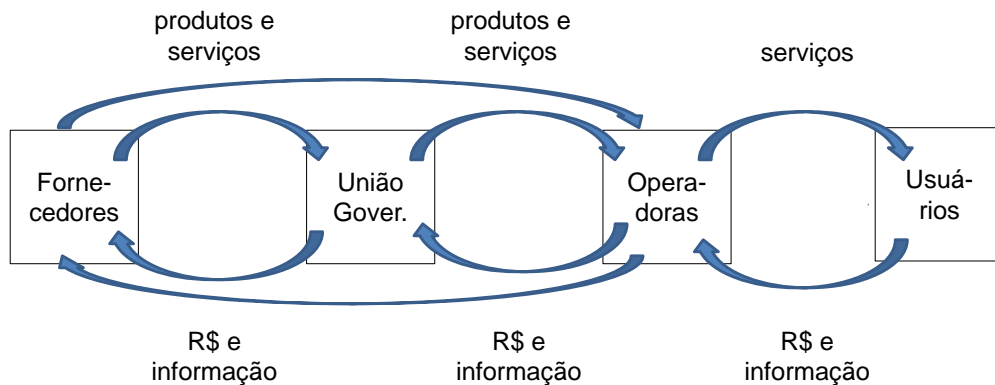


Figura 2. Cadeia produtiva das ferrovias de carga geral. Fonte: elaborado pelo autor.

Na cadeia produtiva das ferrovias brasileiras, os principais elos são os fornecedores, o governo federal, as operadoras e os usuários. O governo federal é praticamente o único proprietário dos ativos ferroviários. As operadoras são concessões, apenas tem o direito de uso das malhas para exploração comercial.

Os usuários, os clientes ou os consumidores finais são a fonte de sustentação econômica de qualquer cadeia produtiva. A finalidade dos agentes envolvidos é a conquista da liderança no mercado de usuários para garantir o suprimento de recursos necessários para o crescimento dos negócios. O declínio, na cadeia produtiva ferroviária, surge da incapacidade das operadoras conquistarem clientes de carga geral.

Além disso, a informação recebida de clientes é um recurso importante para se avaliar o quanto a atividade cria ou destrói valor. Ela serve para eleger estratégias que promovam o desenvolvimento e a melhoria da competitividade das entidades envolvidas. Assim, a informação sobre a percepção de valor do usuário é um recurso chave para orientar a evolução dos negócios.

Embora a percepção do cliente seja um importante elemento no planejamento dos negócios, não há estudos sobre a satisfação dos clientes de carga geral com o serviço ferroviário. A única informação que se tem é a crônica falta de clientes. Embora os clientes não verbalizem suas opiniões, a recusa de fazer negócio por si só já significaria que os clientes ou não gostam ou encontram barreiras ao serviço ferroviário.

No Brasil, o argumento da falta de políticas públicas como fator responsável pela decadência das ferrovias não se ajusta ao modelo de cadeia produtiva, isso porque se o governo fosse responsável pela decadência, ele deveria ocupar a posição de usuário final, mas de fato, o governo ocupa a posição intermediária na cadeia, atua principalmente como investidor. Se a sustentabilidade da cadeia depende dos usuários, não cabe dizer que a decadência é por culpa de falta de recursos governamentais.

### 2.3 Decadência ferroviária e o subsídio à infraestrutura rodoviária.

Muitos ferroviários insistem na defesa da tese de que há uma concorrência desleal por parte do modal rodoviário. Apontam existir subsídio ao rodoviário na forma de investimento governamental a fundo perdido na infraestrutura rodoviária, enquanto os operadores ferroviários arcam com toda manutenção e expansão de sua infraestrutura. Alegam que este diferencial de custo é a causa do abandono, nos seguintes termos:

Pneu é infraestrutura zero, ninguém vai instalar trilho p/ rodar um vagão autônomo sozinho com uma carga que pode ir em um caminhão que não depende de trilho... ...É por isso que o decauville e as ferrovias de cargas leves caíram em desuso.

No entanto, esta proposição não se mostra verdadeira em muitas situações, tais como:

- a) Grandes ramais decadentes ocorrem no planalto paulista (parte da malha Paulista, a Sorocabana, a malha Oeste da Rumo), um dos maiores territórios de carga geral do país.
- b) O custo rodoviário no Estado de São Paulo é acrescido dos pedágios, um dos maiores do país.

O custo dos pedágios é o custo da infraestrutura bancado pelo transporte rodoviário, isto é, pelos usuários do transporte rodoviário. Em termos de comparação, o custo do pedágio no estado de São Paulo chega a representar algo como 40% da tarifa ferroviária da Rumo, tal como mostra a tabela 1, a seguir. Por outro lado, a tarifa ferroviária é muito próxima do custo de frete da tabela de frete mínimo da ANTT.

As rodovias que cobram pedágio são aquelas de grande tráfego de carga e, quase sempre, são rodovias paralelas a alguma ferrovia desativada ou subutilizada.

Tabela 1. O custo dos pedágios paulistas em termos de reais por TKU e a sua relação com custo do frete ferroviário da Rumo.

Tarifa quilômetro (Tkm) pedágios paulistas (R\$/eixo)	Sistema	Dupla	Simplex
Julho/19	0,222882	0,195022	0,139301
Tkm média – ida (R\$)		0,15	
Tkm média – volta (R\$)		0,15	
Tkm por viagem		0,30	
Carga por eixo (t)		6,5	
Custo pedágio por TKU (tonelada quilômetro útil)		0,0462	
Tarifa ferroviária (sem impostos) Rumo 2T20 (R\$/TKU)		0,1113	
Custo relativo do pedágio em relação ao frete ferroviário		41%	

Assim, nem sempre pneu é custo zero de infraestrutura. No caso de SP, está muito longe disso. Na verdade o usuário arca com o custo do frete mais o custo do pedágio. O custo do pedágio chega a equivaler a algo como 40% do frete ferroviário.

A arrecadação consolidada dos pedágios paulistas é uma informação indisponível na agência controladora (ARTESP), mas algumas informações esparsas indicam que a receita das concessões deve na casa das dezenas de bilhões de reais anuais. Em 2019, o ISS-QN recolhido aos municípios paulistas<sup>7</sup> somaram R\$ 545 milhões, o investimento em obras e

<sup>7</sup> <https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/iss-sobre-o-pedagio-rende-mais-de-r-545-milhoes-para-municipios-em-2019/>



manutenção (CAPEX) somaram 6,6 bilhões. Só da Autoban, a receita de pedágio foi de 2,2 bilhões.

O alto custo rodoviário mais o custo do pedágio deveriam ser um forte incentivo para aumentar a demanda do serviço ferroviário pelas cargas gerais, mas isto não ocorre. Deveria haver filas de usuários nas estações ferroviárias paulistas, mas o que se encontra são pátios vazios.

## 2.4 A decadência ferroviária não é problema de custo

Os materiais ferroviários têm propriedades físicas muito superiores aos materiais rodoviários. O atrito de rolamento do material ferroviário é só 1/20 (5%) do rodoviário, a vida útil é muito superior (se consomem mais lentamente) e carregam muito mais carga por unidade de investimento em material rodante. O diferencial de consumo energético, principal custo variável na mobilidade, é mostrado pelas Figuras 9, a seguir, que apresenta as áreas relativas de deformação entre roda de caminhão e roda ferroviária e apresenta um gráfico com curvas de demanda energética no deslocamento.

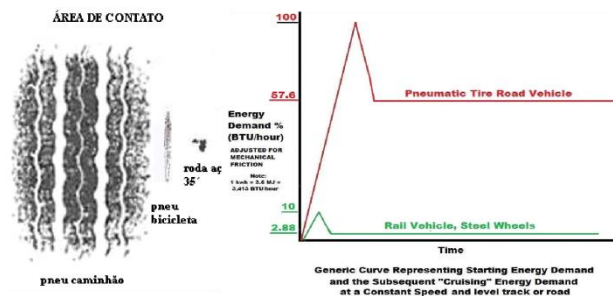


Figura 9. Ilustração do diferencial de deformação e de atrito de rolamento dos materiais.

Fonte: BHRA (2012)

As propriedades superiores dos materiais conferem às ferrovias a possibilidade de operar com um custo ferroviário muito competitivo, e isto deveria ser um forte atributo para que conquistassem o mercado. As ferrovias deveriam estar prosperando, deveriam dominar o mercado de cargas gerais. Mas isto não acontece. O que se encontra é a decadência e o abandono. Todo o poder superior dos materiais ferroviários está sendo perdido.

No mercado ferroviário de cargas gerais, o declínio acontece porque quem decide é o cliente. O cliente compara valor com o custo, e só haverá negócio se o valor do serviço for igual ou superior ao custo.

Valor é uma avaliação subjetiva do usuário, relativa a outras oportunidades. Se o custo ferroviário, que é financeiro, é muito inferior ao rodoviário, e mesmo assim faltam clientes, isto quer dizer que o problema não é de custo, mas sim de valor. Baixo valor ferroviário é lentidão, custos de transbordo, carga mínima muito grande, dificuldade de acesso, etc. Em outras palavras, o baixo custo ferroviário é uma vantagem insuficiente para conquistar preferência do usuário.

Deste entendimento, pode-se esperar que a pesquisa tecnológica tradicional que busquem redução de custo terá pouco ou nenhum efeito na melhoria da relação entre a ferrovia e o mercado de cargas gerais.

## 2.5 Correlação estatística entre diversidade de cargas e desempenho econômico

A Figura 3, a seguir, é uma representação gráfica da diversidade de cargas das companhias ferroviárias na forma de curvas de Lorenz. Essas curvas são construídas ao se acumular a participação percentual de cada tipo de carga dispostas em ordem crescente de participação, isto é, da relação entre o volume de TKU de cada tipo carga em relação ao total de TKU da ferrovia. Nessa figura há duas áreas, A (branco) e B (cinza) que somadas formam a área do triângulo abaixo da diagonal. Quanto maior a área de A e menor será a de B.

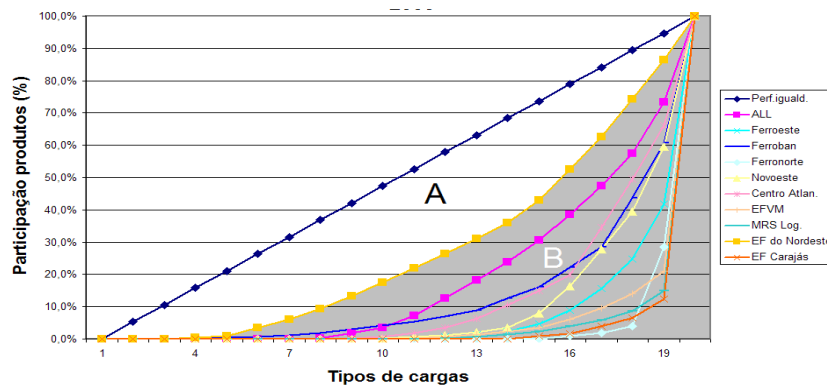


Figura 3. Curvas de Lorenz para as cargas das ferrovias brasileiras em 2003 e 2004.

O índice de homogeneidade de cargas, análogo ao coeficiente de Gini, foi calculado pela divisão da área de B pela soma das áreas de A e B (Índice =  $B/(A+B)$ ), ou seja, quanto menor o índice, mais heterogênea é a carga transportada. O índice varia de zero (heterogênea) a um (homogênea).

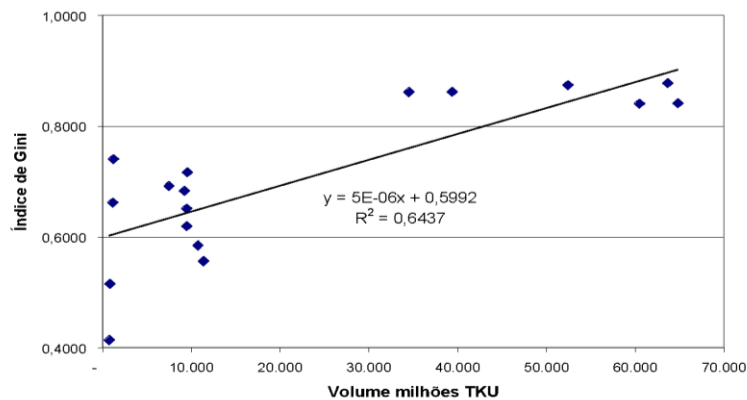


Figura 4. Gráfico de dispersão de dados ordenados entre volume e índice de homogeneidade.

Os índices de homogeneidade de cargas foram pareados aos dados de desempenho econômico, tais como NOPAT, ROI e volume de carga. Os resultados da análise estatística apresentaram R superiores aos valores críticos da tabela de Person, conforme Triola (2013), o que significa que as correlações encontradas são estatisticamente significativas.

A Figura 4, na página anterior, apresenta a correlação positiva entre homogeneidade de carga, aumento de volume e resultado. A mesma correlação positiva, por outro lado, pode ser interpretado como uma confirmação de que o modelo ferroviário tradicional não está preparado para operar com cargas heterogêneas.

A análise estatística realizada com índice de homogeneidade de cargas indica que a condição “oferta de carga homogênea” é um atributo relevante para o bom desempenho ferroviário. As companhias ferroviárias dependem da oferta de carga no território onde atuam, quando só há cargas heterogêneas, o desempenho econômico/operacional é ruim. Essa é uma condição não administrável, externa a operadora. Isto sugere que a decadência de ramais ferroviários está relacionada à incapacidade da tecnologia ferroviária tradicional de competir no mercado de cargas gerais no território onde estão instaladas.

## 2.6 Análise da estatística operacional das ferrovias de carga brasileiras

Na análise da estatística operacional das ferrovias brasileira encontram-se dois grupos de operadoras, um formado pelas ferrovias produtivas e rentáveis, as quais transportam minérios e grãos para portos e as ferrovias improdutivas, aquelas desprovidas de carga homogênea e em alto volume. A figura 5, a seguir, mostra essa diferença expressiva do indicador de produtividade medida na forma de milhar de TKU por vagão anual.

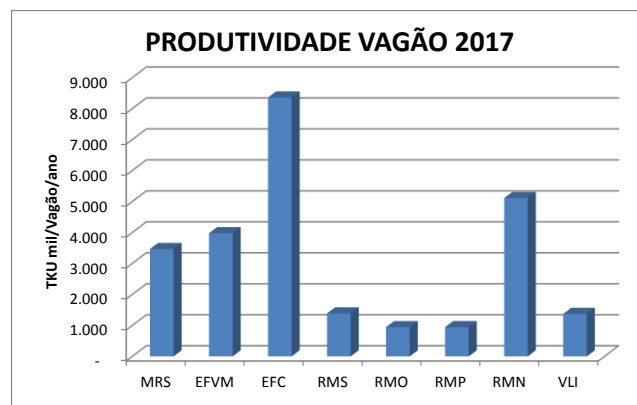


Figura 5. Produtividade dos vagões em TKU. Fonte: autor com dados da ANTT (2017).

Os ramais malha tramo sul (RMS) e tramo oeste (RMO) são exemplos de ferrovias desprovidas de minério ou grãos. O ramal paulista (RMP) aparece com baixa produtividade, mas não pode ser considerado como um ramal de carga geral, pois forma um corredor de exportação junto com o ramal malha norte (RMN).

A produtividade medida pelo percurso médio, mostrada na figura 6, demonstra a que a diferença fica maior ainda entre ferrovias de corredor de exportação e aquelas de carga geral. Esse parâmetro está diretamente relacionado à capacidade da geração de receita e lucro da frota.

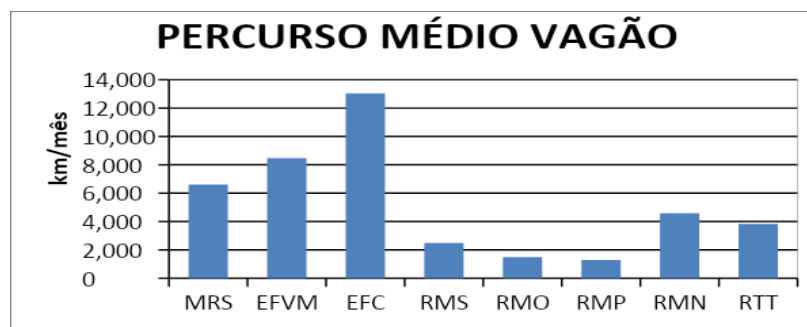


Figura 6. Produtividade mensal do vagão. Fonte: autor com dados da ANTT (2017).

Ao analisar a produtividade da malha, conforme a figura 7, na página seguinte, em termos de milhares de TKU por quilômetro de linha, as diferenças de produtividade ficam maiores ainda. Esta relação é uma *proxy* da sustentabilidade econômica da via permanente, pois relaciona receita e margem de contribuição ao investimento na malha e também está relacionada a capacidade dar manutenção e reposição dos ativos depreciáveis da malha.

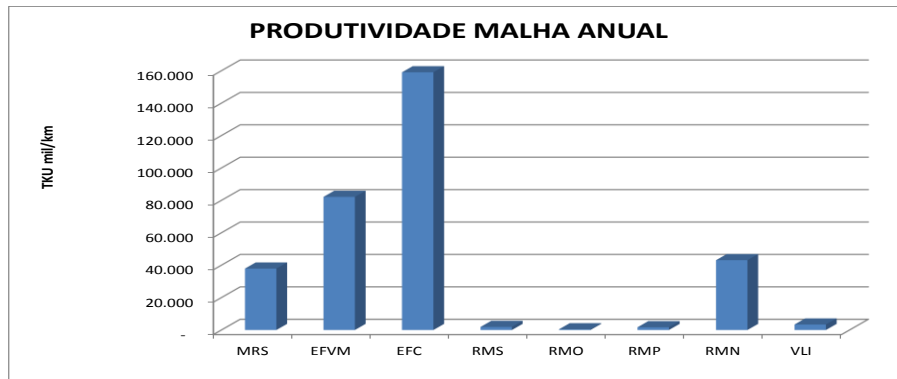


Figura 7. Produtividade da malha, em TKU MM por km de malha.

Fonte: autor com dados da ANTT (2017).

O baixo volume de carga nos ramais decadentes não significa ausência de carga no mercado. Por exemplo, a malha sul (RMS) apresenta uma das mais baixas produtividades, no entanto ela está estabelecida paralela a um dos maiores corredores de cargas gerais do país, entre Porto Alegre e São Paulo, mas na ferrovia quase nada é transportado no sentido norte sul. Quando se analisa em detalhe a operação da malha sul verifica-se que o serviço não é homogêneo em toda rede, uma grande parte do volume transportado se dá apenas em porção modesta da malha, em trajetos oeste-leste, nos corredores de exportação entre o interior e os portos. Neste sentido, mesmo que de forma indireta, esta situação corrobora a tese de que a tecnologia ferroviária é incapaz de competir por cargas gerais.

## 2.7 Análise econômica comparativa das operadoras do setor ferroviário brasileiro e norte americano.

Este tópico se dedica a revisar conceitos e métricas relacionadas ao desempenho econômico corporativo e a sua aplicação aos dados das operadoras ferroviárias brasileiras e norte-americanas.

Segundo o modelo de análise econômico-financeira das empresas de Assaf Neto (2020), todas as empresas são entidades intermediadoras de recursos, elas captam recursos com os credores (passivos e patrimônio líquido) e aplicam no negócio (ativos). Os credores se dividem em três tipos: os credores de renda variável, chamados de sócios ou acionistas, os quais são remunerados pelo lucro distribuído e/ou pela variação patrimonial; os credores de renda fixa, aqueles que são remunerados pelos juros cobrados sobre o capital emprestado; e os credores de funcionamento, aqueles cuja remuneração está embutida no preço do recurso vendido para a entidade.

Os recursos necessários ao negócio são chamados de investimento, abrangem bens materiais, bens intangíveis e bens financeiros, todos sob o controle da entidade e dosados para maximizar as receitas e o resultado. Para cálculo financeiro, o investimento corresponde à soma das dívidas dos credores de renda fixa com as dívidas dos credores de renda variável.

A atividade operacional consome recursos para manter-se em funcionamento, consumo este denominado de despesas. As despesas representam uma variedade ampla de consumo de recursos, tais como o consumo de ativos materiais (estoques e depreciação de ativo permanente), de ativos intangíveis (amortização de ágio), de gastos com serviços de terceiros (energia, telecomunicações, internet, mão de obra), de remuneração de capital de terceiros (alugueis e juros), de obrigações tributárias (impostos, taxas, licenças) etc.

Relevante também destacar que o consumo de recursos na atividade operacional se dá de duas formas, de forma variável e de forma fixa. O consumo variável de recursos é aquele proporcional ao serviço, à produção ou à receita da entidade, também chamado de despesas variáveis. Exemplos de despesas variáveis são os impostos sobre vendas, as mercadorias entregues aos clientes, as comissões, etc. O consumo fixo de recursos não depende da quantidade de mercadoria ou do volume de serviço transacionado, mas sim apenas do tempo que o recurso ficar disponível. Temos neste grupo as despesas fixas com salários, alugueis, depreciação, juros, tributos sobre patrimônio e lucro, taxas e as licenças, etc.

Embora os custos também se comportem como fixos e variáveis, os custos não são despesas, elas são recursos consumidos nas transações internas de entidade, aquelas dedicadas à transformação de insumos em produtos e serviços prontos para venda. Os custos não representam recursos permutados com clientes para obter receita e por isso não são computadas no resultado.

A receita é o registro do ato do cliente aceitar o preço e demais condições comerciais ofertadas. O lucro ou prejuízo surge da confrontação entre as receitas e as despesas incorridas num período contábil. Essa confrontação é demonstrada no relatório chamado Demonstração do Resultado do Exercício.

A revisão de conceitos contábeis foi apresentada para podermos explicar o significado dos principais indicadores de desempenho econômico, a saber:

- ROI - é a taxa de rendimento do investimento no negócio. Ele é obtido pela divisão do lucro antes das despesas financeiras, líquido de impostos (NOPAT), pelo montante inicial de investimento no negócio, ou seja, a soma das dívidas de credores de renda fixa e de renda variável, no início do período contábil.
- Ki - é a taxa média do custo das dívidas dos credores de renda fixa, ele é obtido pela divisão das despesas financeiras líquidas do benefício tributário pelo montante inicial das dívidas com os credores de renda fixa.
- RSPL - é a taxa de rendimento dos credores de renda variável, ele é calculado pela divisão do lucro líquido pelas dívidas inicial dos credores de renda variável.

Os credores de renda variável são os investidores que mais riscos incorrem no negócio. Eles não têm data para resgate do capital e o rendimento é residual, ou seja, recebem apenas a sobra, depois de se remunerar todos os demais credores. Para os credores de renda variável não interessa qualquer lucro, o lucro só é satisfatório quando o RSPL for superior ao rendimento dos credores de renda fixa (Ki) e for igual ou superior ao custo de oportunidade em outros negócios de risco semelhante (Ke).

A alavancagem financeira se faz pela captação de recursos com credores de renda fixa para aumentar o investimento no negócio. Este mecanismo de captação de recursos para crescimento só é compensador quando o rendimento do investimento (ROI) é superior ao custo das dívidas de renda fixa (Ki).

Após a revisão dos conceitos, podemos interpretar os indicadores obtidos com dados financeiros das principais ferrovias brasileiras e das ferrovias *class one* norte-americanas, tal como apresentado na tabela 1, a seguir.

A primeira informação que se destaca na Tabela 2, a seguir, é a grande diferença de tamanho entre ferrovias brasileiras e norte-americanas. As receitas das operadoras norte-americanas chegam a ser dezenas de vezes maiores que as receitas das operadoras brasileiras. A receita da menor ferrovia norte-americana é maior do que a receita do maior grupo de ferrovia brasileira, a Rumo.

Tabela 2. Análise de indicadores econômicos das demonstrações contábeis das principais ferrovias brasileiras e norte americanas.

FERROVIA	EXERCÍCIO	RECEITAS LÍQUIDAS R\$ MM	ROI	Ki	RSPL	FERROVIA	EXERCÍCIO	RECEITAS LÍQUIDAS US\$ MM	ROI	Ki	RSPL
MRS	2019	3.201	11,0%	8,6%	14,0%	UPR	2018	22.832	17,4%	3,7%	61,0%
EFVM	2018	2.194	5,2%	10,9%	2,9%	BNSF	2018	23.855	10,0%	4,7%	19,2%
EFC	2018	7.723	14,1%	4,0%	43,0%	CSX	2018	12.250	15,7%	4,3%	51,1%
VLI-FCA	2019	2.417	0,7%	5,0%	-2,0%	NSR	2018	11.458	13,2%	5,3%	29,2%
VLI-FNSTN	2019	876	12,4%	0,8%	14,3%	KCS	2018	2.714	9,3%	3,6%	20,8%
VLI Multimodal	2019	2.646	4,0%	8,7%	0,4%	CNR/GTC	2018	14.321	18,4%	4,0%	47,5%
RumoMS	2018	1.372	-0,7%	13,0%	-21,6%	CPR/SLC	2018	7.316	17,3%	5,3%	63,9%
RumoMO	2018	89	-34,0%	7,6%	29,6%*						
RumoMP	2018	1.866	2,2%	5,4%	657,8%*						
RumoMN	2018	3.846	12,2%	7,1%	27,2%						
Rumo-CONTR.	2018	645	4,2%	8,2%	3,4%						
Rumo-CONSOL.	2018	6.585	6,6%	8,4%	3,4%						
BRASIL		33.461				USA		94.746			

Fonte: autor com base nas demonstrações contábeis das empresas brasileiras (ANTT) e relatórios K10 das empresas norte-americanas. Câmbio médio de 2018 foi de 3,65 R\$/US\$ e 2,77 R\$/CN\$. \* = Os patrimônios líquidos da Rumo MO e da Rumo MP são negativos.

A rentabilidade superior das operadoras norte-americanas é segunda informação relevante. Em todas as ferrovias *class one*, o ROI supera o Ki, com isso, o efeito positivo na alavancagem financeira produz RSPL em níveis muito elevados, alguns superam 60% ao ano. No lado brasileiro, a situação é oposta, em muitas delas o ROI é inferior ao Ki, o que faz com que o RSPL seja negativo ou menor que o Ki.

Os dados das operadoras norte-americanas devem ser utilizados apenas como referência (*benchmark*) de rentabilidade. Toda essa diferença é o reflexo de uma gama muito ampla de fatores, tais como o processo histórico, o ambiente econômico, social, institucional e regulatório. Além do que, até o final do século XX, os norte-americanos abandonaram 56% da malha que existia no início do período.

O motivo principal desta análise é demonstrar que a decadência é um fenômeno ainda não foi superado nas ferrovias brasileiras. Isso fica evidente em diversas operações ferroviárias em razão da baixíssima rentabilidade, algumas com resultado negativo, situação que permite afirmar que estas ferrovias tem sua continuidade ameaçada em razão da insustentabilidade econômica da operação.

Em 2018, as principais operações ferroviárias eram organizadas em quatro grupos controladores distintos: Vale (EFC e EFVM), VLI Multimodal (FCA e FNSTN), Rumo (RMS, RMO, RMP e RMN) e MRS Logística.

As malhas da Rumo formam duas operações distintas. Um corredor de exportação de grãos chamada de operação norte, formada pela malha Paulista e malha Norte. Estas malhas devem ser tratadas em conjunto, como se uma única ferrovia fosse. A malha Sul e Oeste são operações dedicadas ao mercado de cargas gerais, elas são muito deficitárias. A análise do consolidado da Rumo apresentou um ROI de apenas 6,6% em 2018, o RSPL dos credores de renda variável foi de apenas 3,4% ao ano, menos da metade do rendimento dos credores de renda fixa (Ki) que foi de 8,4%.

A RUMO já tentou abandonar a malha Oeste, mas teve de retoma-la para não perder o direito de renovar antecipadamente o direito de concessão da malha Paulista e manter o corredor de exportação com a malha Norte. Essa malha será devolvida à União ao término do contrato de concessão atual, em 2004. Muito provavelmente, não haverá interessado em nova licitação.

As malhas Paulista e Norte não podem ser analisadas em separado, porque ambas formam um corredor de grãos entre o Mato Grosso e o porto de Santos, todas as cargas embarcadas no Mato Grosso com destino ao porto de Santos trafegam por ambas as malhas. As receitas são registradas pelas malhas de origem, por isso as receitas de da malha paulista são baixas, porque os vagões em grande parte voltam vazios para o Mato Grosso.

Outra observação relevante é destacar que vários ramais da malha Paulista não participam do corredor de exportação, ou seja, o desempenho da malha Paulista é afetado negativamente pela manutenção de uma expressiva malha deficitária.

Em razão do corredor de grãos, a maior parte dos investimentos do projeto de renovação da concessão da Rumo será aplicada na operação norte. Os investimentos devem promover a eliminação de importantes gargalos para aumentar a velocidade média de trânsito e a produtividade geral. Realmente, esta é a melhor estratégia para aumentar substancialmente a produtividade e a rentabilidade da operação norte.

Os novos investimentos na malha Sul e na malha Oeste dependem em grande parte de investidores estrangeiros. As malhas Sul e Oeste, correspondente a 76% da malha total da RUMO, caso os novos investimentos não aconteçam, estarão ameaçada de abandono, pois são ferrovias muito deficitárias.

O modelo de concessão aplicado na RUMO provoca uma distorção no mercado. Os clientes da operação Norte acabam subsidiando os usuários da operação Sul. É um esquema de subsídio cruzado.

A VLI Multimodal, controladora da FCA e FNSTN também padecem do mesmo problema da Rumo. Operam rentáveis corredores de exportação na FNSTN e parte da FCA. No entanto, a FCA carrega na sua operação algo como 4 mil quilômetros de malhas deficitárias.

A decadência é consequência da insustentabilidade econômica, que por sua vez é consequência da falta de cargas e da falta de clientes. Além disso, o que se percebe em algumas malhas decadentes, tal como a malha Sul da Rumo, é que há uma abundância de

cargas gerais no mercado, mas a ferrovia é preterida pelos usuários pelo uso do caminhão. Então, o que se pode deduzir é que nestes casos, o problema é tecnológico, pois há cargas, mas a qualidade e a forma do serviço ferroviário não atende o desejo do mercado.

## 2.8 A decadência ferroviária não é problema de baixas tarifas, mas de baixa produtividade.

Uma forma de se comparar tarifas é utilizar a unidade de receita por TKU (tonelada quilômetro útil) de mercadorias transportadas, ou seja, divide-se a receita anual pelo volume de carga transportada em TKU. A Tabela 3 mostra a comparação entre as tarifas unitárias das empresas brasileiras e norte-americanas, após conversão pelo câmbio médio do período de 2017. A média ponderada da tarifa unitária das operadoras norte-americanas é 46% maior que a tarifa equivalente das operadoras brasileiras. Essa diferença poderia explicar a dificuldade de algumas operadoras brasileiras?

Tabela 3. Tarifa unitária de 2017 das operadoras brasileiras e norte americanas em reais.

FERROVIA	SERVIÇO ANUAL	RECEITA LÍQUIDA ANUAL	RECEITA POR TKU	FERROVIA	SERVIÇO ANUAL	RECEITA LÍQUIDA ANUAL	RECEITA POR TKU
	TKU MM	R\$ MM	R\$/TKU		TKU MM	R\$ MM	R\$/TKU
MRS	63.909	3.493	0,055	UPR	750.954	63.280	0,084
EFVM	73.518	2.567	0,035	BNSF	1.071.510	65.095	0,061
EFC	155.538	6.021	0,039	CSX	334.876	35.004	0,105
RMS	13.556	1.283	0,089	NSR	324.136	33.658	0,104
RMO	858			KCS	55.642	8.176	0,147
RMP	3.444	4.440	0,126	CNR/GTC	381.491	31.617	0,083
RMN	31.663	2.125	0,087	CPR/SLC	229.347	15.456	0,067
FCA	24.429	681	0,093				
FNSTN	7.315			USA	3.147.957	252.285	0,080
BRASIL	375.080	20.609	0,055	USA/BR	8,4	12,2	1,46

Ao se compara as tarifas das operadoras brasileiras deficitárias com as norte-americanas, verifica-se que a diferença de tarifa não explica a diferença de resultado econômico, pois as tarifas das operadoras brasileiras deficitárias não diferiam das tarifas das operadoras norte-americanas.

Outra observação a se fazer sobre a relação entre tarifa e produtividade é verificar uma correlação inversa moderada, isto é, quanto mais produtiva a ferrovia, menores são as tarifas, tal como ilustrado na Figura 7, a seguir.

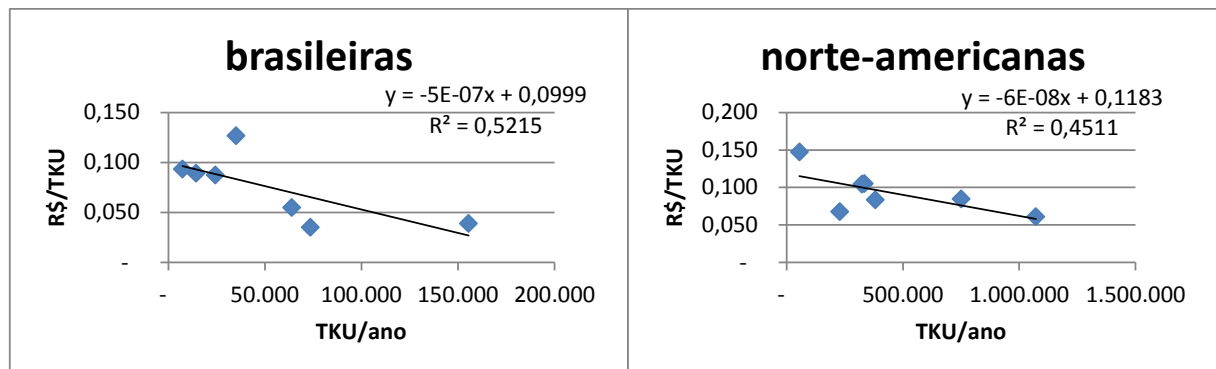


Figura 7. Gráficos de dispersão que relaciona tarifa e volume de carga das ferrovias brasileiras e norte-americanas.



Outra forma de interpretar esta relação é dizer que quanto menor a produtividade o serviço é tende a ficar mais caro para os usuários, ou seja, a improdutividade desperdiça os benefícios superiores dos materiais ferroviários.

A tarifa da EFVM era 72% menor que a tarifa da Rumo. Muito provavelmente, a Rumo cobra uma alta tarifa em seu melhor negócio, o corredor de exportação para o porto de Santos, porque a concorrência rodoviária é onerada pelos pedágios. Com isso, a Rumo consegue promover um subsídio cruzado para sustentar ramais decadentes.

O que se verifica pela Tabela 4, a seguir, é que a produtividade é o verdadeiro fator de sucesso do negócio ferroviário, na Tabela 3 medida na forma de volume de TKU por vagão e por quilômetro de malha.

Tabela 4. Produtividade da malha e da frota de vagões nas operadoras brasileiras e norte-americanas em 2017.

2017	Malha própria	Vagões	Serviço anual	Produtividade malha	Produtividade vagão		Malha própria	Vagões	Serviço anual	Prod. u-tividade malha	Produtividade vagão
	km	UNID.	TKU MM	TKU M/km	TKU M/V		km	UNID.	TKU MM	M/km	TKU M/V
MRS	1.686	18.779	63.909	37.906	3.468	UPR	51.695	64.191	750.954	14.527	11.699
EFVM	895	19.099	73.518	82.143	3.978	BNSF	37.015	72.369	1.071.510	28.948	14.806
EFC	978	19.008	155.538	159.036	8.360	CSX	25.144	60.151	334.876	13.318	5.567
RMS	7.223	9.742	13.556	1.877	1.389	NSR	23.675	62.554	324.136	13.691	5.182
RMO	1.973	896	858	435	944	KCS	4.595	20.538	55.642	12.110	2.709
RMP	2.055	3.699	3.444	12.583	945	CNR/GTC	31.376	nd	381.491	12.159	Nd
RMN	735	6.160	31.663	3.382	5.112	CPR/SLC	20.099	35.952	229.347	11.411	6.379
FCA	7.223	17.883	24.429	3.382	1.372						
FNSTN	723	2.401	7.315	10.118	3.328						
EFTC	163	448	206	1.262	463						
FTL	4.295	1.781	645	150	356	USA	193.599	315.755	3.147.957	16.260	8.761
BRASIL	27.949	99.897	375.080	13.420	3.755	USA/BR	6,9	3,2	8,4	1,21	2,33

A produtividade de carga por quilômetro de via também é muito distante entre as empresas rentáveis das deficitárias. Este indicador tem relação com a capacidade da atividade gerar lucro para remunerar o investimento na via permanente e promover sua renovação.

## 2.9 As barreiras à qualidade do serviço ferroviário de carga geral.

A meta de atendimento aos clientes de carga geral deveria ser trata-los como se passageiros fossem. Marcar hora, embarcar e viajar até o destino num tempo semelhante ou inferior ao do concorrente direto, o rodoviário. Acontece que, no modelo produtivo das ferrovias tradicionais, essa meta de tratamento é impossível de ser realizada devido às diversas restrições do processo produtivo.

Em outros termos, o desafio da qualidade é multifatorial e a teoria das restrições de Goldratt, tal como apresentada por Guerreiro (1996), aponta que quando muitos fatores críticos impedem o cumprimento da meta, a meta só será atingida se todas as restrições forem eliminadas simultaneamente.

Essa condição explica porque todas as tentativas de fazer a ferrovia competitiva com cargas gerais fracassaram. Elas falharam porque não se eliminaram todos os fatores de restrição

simultaneamente. Ora se eliminava uma restrição, ora outra, mas a qualidade final pouco se alterou.

A demanda do mercado de cargas gerais é caracterizada pela carga embarcada em caminhão ou em contêiner, bem como se caracteriza como carga heterogênea, tanto em tipos como em termos de origens e destinos, uma operação em malha ramificada com múltiplas entradas e saídas, trecho de percurso de curto a longo. A mobilidade da carga geral é orientada para a distribuição e para a captação de cargas em grandes espaços geográficos bidimensionais.

O modelo ferroviário tradicional é preparado para trajetos lineares, só funciona bem se for dedicado a corredor de exportação, para atender poucos tipos de carga, em alto volume e de longa distância. As exceções existem quando há restrição geográfica ou climática ao uso do rodoviário.

Para resgatar os ramais deficitários é preciso que a ferrovia produza um serviço de alta qualidade ao mercado de cargas gerais. Assim, é necessário que a tecnologia ferroviária se transforme para superar simultaneamente as seguintes restrições:

- a) O acesso da “última milha”. A ferrovia, em regra, não atende na porta da origem nem entregam na porta de destino. Para atender ao mercado de carga geral, a carga passa obrigatoriamente pelo rodoviário nas duas extremidades do percurso. Esta restrição onera a operação com o custo de transbordos.
- b) A inviolabilidade da carga. O transbordo de carga embarcada em caminhões adicionam perdas de manuseio e violam cargas que exigem segurança e controle. O uso de contêiner minimiza estes problemas.
- c) A dificuldade e a demora de embarque e desembarque. Além do custo de embarque e desembarque, o tempo de operação corrói o valor do serviço ferroviário.
- d) Peso mínimo de embarque. O dimensionamento das cargas ferroviárias evoluiu através do tempo para altas capacidades de carga, hoje varia de 80t a 120t por vagão. Acontece que a carga geral padrão do mercado é da ordem de 6,5t por eixo rodoviário e a carga total de um caminhão de 7 eixos fica por volta de 32t. O cliente precisa juntar 3 cargas rodoviárias para ocupar um vagão.
- e) O peso mínimo de transporte elevado, a diminuição da frequência e a lentidão do transporte aumentam o tempo de giro de estoque da mercadoria do usuário, e esse aumento de tempo aumenta a demanda de capital de giro (opex / NIG), forte restrição na decisão do usuário.
- f) Por motivos operacionais, apresentado no item d, a ferrovia exige que haja uma ocupação mínima de carga bem alta nos vagões, e cobra pela ocupação disponível não utilizada. Isso também pesa na decisão do cliente.
- g) O tráfego em composições com locomotivas. O tráfego em composições demanda uma rígida ordem de pesos dos vagões. Os vagões mais pesados devem ficar próximo da locomotiva e os vazios devem ficar longe. Esta regra existe para não haver descarrilamento quando houver compressão/estiramento das composições, uma vez que os vagões vazios no meio da composição de cheios são facilmente “espirrados”.
- h) Casemiro et ali (2019) relatam a rigidez das composições e a complexidade de fatores na alocação de locomotivas:

“... O conceito de composição, ..., é quando se agrupa uma quantidade de vagões interligados de uma maneira padrão para determinado trem tipo. ... Este grupo de vagões faz vários ciclos de viagens, carregando, transportando, descarregando e retornando a origem sucessivas vezes.

Em sua grande maioria, são cíclicos, pois eles partem de determinado local e retornam ao mesmo, na maioria das vezes, com a mesma composição”.

- a) A organização das composições por peso cria dois problemas aos negócios com carga geral. O primeiro é exigir peso mínimo alto, conforme visto no item “d” e “e”. O segundo problema é o aumento de tempo nos pátios, isso porque em todo pátio onde haja entrada e saída de vagões na composição, esta deverá ser desmontada e remontada na ordem de peso. Enquanto um vagão é remanejado, os outros esperam. O aumento do tempo de percurso destrói o valor do serviço.
- b) O conflito de tráfego nos pátios lineares. Os tradicionais pátios ferroviários de traçado linear promovem conflitos de tráfego quando se faz necessário reorganizar composições por destino e peso. Enquanto uma unidade trafega por uma chave do pátio, as demais unidades precisam ficar esperando. Por isso, as operações de organização de composições consomem muito tempo de pátio.
- c) A especificidade de ativos. As cargas gerais são caracterizadas pela diversidade de produtos e também pela diversidade de carrocerias e dispositivos de armazenamento especiais. Assim, o usual é que as cargas gerais exigem um tipo de carroceria especial para cada tipo de carga, tais como produtos químicos, gases, madeira, bebidas, refrigerados etc. No modelo tradicional, a ferrovia precisaria dispor de tais dispositivos especiais para cada tipo de carga, mas essa oferta de vagões especiais é inviável de ser feita pelas ferrovias. Haveria duplicação de ativos para um serviço que usa somente um no rodoviário. Assim, exigência de ativos especiais é uma das maiores barreiras de acesso do mercado de cargas gerais ao uso de ferrovias.
- d) O tráfego em linha singela. O tráfego em linha singela exige um rigoroso controle de horários de passagem. Perdas de tempo no aguardo de janelas de passagem aumentam o tempo de percurso o que reduz o valor do serviço.

Os fatores de restrição à melhoria da qualidade do serviço são os verdadeiros elementos que promovem a decadência ferroviária, pois são eles que impedem as ferrovias de conquistar clientes no mercado de cargas gerais.

A não remoção de todos os fatores de restrição torna a qualidade do serviço ferroviário insuportavelmente ruim para os usuários.

## **2.10 Resumo dos argumentos sobre as causas da decadência ferroviária**

Ao longo de décadas, muitos agentes relacionados ao mercado ferroviário alegam que a decadência é um fenômeno provocado pela falta de investimento público na modernização da infraestrutura.

Hoje, a má qualidade das linhas pode até ser um grande fator limitante, mas a visão de que o declínio é por falta de apoio governamental precisa ser contestada. O entendimento que precisa prevalecer é que a tecnologia ferroviária tradicional é imprópria para o mercado de carga geral e o declínio é uma consequência da tecnologia nos seguintes termos:

- a) A sequência verdadeira dos fatos é que o transporte rodoviário drenou as cargas do mercado e as ferrovias ficaram com as sobras. O abandono e a falta de manutenção da via permanente foram consequências da falta de receitas e da crise de liquidez das operadoras.

- b) O investimento público na recuperação da via permanente e na renovação da frota será insuficiente para recuperar a sustentabilidade econômica da ferrovia, a renovação da malha e da frota não altera a qualidade do serviço.
- c) Se o sucesso ferroviário dependesse apenas dos ativos novos, investidores surgiriam espontaneamente para apoiar revitalização de ramais decadentes, mas isto não acontece.
- d) Não se pode alegar falta de carga, pois cargas existem, o que não existe são cargas de minérios e de grão em alto volume para as ferrovias decadentes. Como podem ser improdutivos os ramais ferroviários que cortam os estados mais ricos do país? Não há cargas nesse mercado?
- e) A ideia de uma desleal falta de apoio governamental ao setor é uma resposta fácil para um problema complexo, pode ser atraente e útil, mas ela não se sustenta quando se observa que o declínio ferroviário foi um fenômeno mundial, isto é, para que a ideia do conluio fosse válida, seria necessária uma conspiração global, na qual quase todos os governos no mundo participaram (EUA, Inglaterra, Alemanha, etc), o que é pouco crível.
- f) Na cadeia produtiva ferroviária, os governos atuam como investidores, enquanto que a sustentabilidade das ferrovias é uma função dependente da demanda de usuários, portanto, o sucesso das ferrovias não depende dos governos.
- g) Por fim, as evidências apontam é que o serviço ferroviário tradicional é de baixo valor aos olhos dos clientes. Assim, a verdadeira causa da decadência ferroviária é a própria tecnologia tradicional ferroviária, ela impõe severas restrições operacionais à melhoria do serviço ao mercado de cargas gerais. A qualidade do serviço da tecnologia ferroviária do século XIX é incompatível com a demanda do mercado de cargas do século XXI.

### **3 A decadência em andamento e os ativos em risco**

A decadência não é uma situação que surge de forma instantânea. Ela advém da insustentabilidade econômica da atividade e de seus efeitos cumulativos de longo prazo. Começa com receitas e margens insuficientes, seguida de falta de liquidez que resultam na falta de investimento na reposição dos ativos depreciáveis. Então, chega um dia em que todos os ativos estão no fim da vida útil e não há recursos para adquirir novos, e quando faltam recursos para honrar compromissos correntes, os credores, na intenção de resgatarem seus recursos, entram na justiça com pedido de falência. Os efeitos da decadência podem demorar muitos anos ou até mesmo décadas para se tornar agudo, mas o processo é inexorável.

A insustentabilidade econômica pode ser definida como a incapacidade da atividade em remunerar seus investidores satisfatoriamente, ou seja, remunerar os investidores por uma taxa igual ou superior ao custo de oportunidade do capital.

Diversas operadoras passaram por essa história no passado. Hoje, algumas grandes operadoras ainda caminham nessa trilha. O montante de ativos ferroviários em risco somam muitas dezenas de bilhões de reais.

Em razão da decadência, as ferrovias foram estatizadas entre os anos 50 e 70. As ferrovias de minério, que eram as únicas lucrativas, ficaram no setor privado, tal como Ferrovia Vitória Minas. Na época, os volumes de grãos para exportação ainda não eram tão expressivos.

Já nos anos 90, o governo não mais suportava sustentar as ferrovias deficitárias. Como o abandono das ferrovias era uma decisão politicamente desgastante, foi criado o programa de privatização. Esta iniciativa foi fundamentada na tese de que o prejuízo das ferrovias era resultado da má gestão pública, de que bastaria um choque de gestão privada para as ferrovias recuperarem sua rentabilidade. Somou-se a esse discurso o forte crescimento do mercado de grãos para exportação, o que tornava a privatização um negócio atraente. Na imprensa, notícias sobre má gestão pública das ferrovias eram recorrentes. Havia uma grande expectativa de a privatização promover a prosperidade no setor.

O ambiente era favorável, os leilões de privatização foram um sucesso. Empreendedores, entre eles Olacir de Moraes (o rei da soja dos anos 80-90), assumiram importantes malhas, grande parte com apoio do BNDES e BNDESPar. O governo federal fez uma grande arrecadação e ao mesmo tempo se livrou do fardo das ferrovias. No entanto, a privatização não foi suficiente para resolver o problema de sustentabilidade. Muitas ferrovias continuaram deficitárias. O modelo de privatização juntava em cada pacote de leilão ferrovias rentáveis com outras decadentes. Quem quisesse adquirir uma concessão ferroviária promissora era obrigado a assumir outras decadentes.

Até hoje, os efeitos desse modelo de privatização produzem seus efeitos. A rentabilidade das operadoras ferroviárias é de sofrível a ruim, não porque os corredores de exportação sejam ruins, mas sim porque as operadoras carregam o peso morto dos ramais deficitários. A operação norte da Rumo, que forma um corredor de exportação com a junção da malha Paulista e malha Norte é produtiva e rentável. Já, a operação sul, que é formada pelas malhas Sul e a malha Oeste, é deficitária, tornando o resultado global da Rumo insatisfatório. O mesmo ocorre com as operações da VLI Multimodal, ela opera um corredor de exportação rentável, mas o resultado global é prejudicado pelo peso morto de milhares de quilômetros de malha deficitária.

No Brasil a malha em risco de abandono é algo entre 15 a 20 mil quilômetros. Segundo Camporez (2020), a Associação Nacional dos Usuários de transporte apontam que 18 mil quilômetros de malha estão sob risco de abandono. Por exemplo, a RUMO é responsável por um pouco mais de 9 mil km de ramais subutilizados ou improdutivos. A FCA é responsável por algo como quatro mil quilômetros de malha deficitária.

As malhas Sul e Oeste respondem por 73% da extensão da via permanente da RUMO, ou seja, as operações deficitárias ocorrem em quase três quartos da malha da operadora. Estes ativos em risco, se hoje fossem construídos, custariam algo como R\$ 80 bilhões.

O modelo de privatização ferroviária adotada no país licitou as ferrovias em grupos, juntando ramais produtivos e com improdutivos num mesmo pacote. Neste modelo, os usuários dos ramais produtivos devem pagar um frete mais caro de tal modo que sustentem também os ramais deficitários, o que se configura como um tipo “subsídio” cruzado.

#### **4 Recomendações para a melhoria da eficiência econômica das ferrovias.**

As estratégias para a melhoria do desempenho econômico das ferrovias deve se diferenciar entre as estratégias para corredores de exportação e as estratégias para ramais deficitários. Não se deve pensar em solução única para negócios com perfil de usuários tão diversos.

#### 4.1 Recomendações para melhoria dos corredores de exportação

Nos corredores de exportação de minério e grãos, as estratégias devem ser o de aperfeiçoamento gradual do modelo ferroviário tradicional: aumento da capacidade de carga dos vagões, aumento das composições, aumento da velocidade de trânsito das composições, melhoria da via permanente, melhoria da sinalização, mudar traçado para fora de áreas urbanas, etc. Este artigo não tem por objetivo relatar estas recomendações porque elas são amplamente conhecidas e muito bem estudadas pela engenharia ferroviária tradicional.

#### 4.2 Recomendações para melhoria dos ramais decadentes – automação e outras inovações

O foco deste trabalho é fazer recomendações para se recuperar a sustentabilidade econômica dos ramais decadentes, aqueles que não participam de corredores de exportação.

A comunidade ferroviária brasileira apresenta três alternativas à insustentabilidade econômica: subsídios governamentais; abandono; ou subsídios cruzados.

Nos EUA, há uma alternativa adicional, operar os ramais deficitários na forma de *short line*, ou seja, operar sob um regime operacional mais maleável em relação às normas técnicas e de segurança, o que resulta num menor custo operacional e menor exigência de investimento.

Durante mais de 70 anos, até a virada do século XX, não havia recursos materiais e tecnológicos para promover as modificações necessárias. Agora estamos no término da segunda década do século XXI. Automação, inteligência artificial, revolução digital, energias alternativas, motorização elétrica e híbrida, hiper-capacitores, células de energia. Um mundo de novas tecnologias surge a cada dia. Recursos de toda sorte existem para se testar novas estratégias.

As perguntas que precisam ser respondidas são: Como produzir um serviço de alto valor para o usuário de carga geral com material ferroviário? O que testar? O que ainda não foi feito? Como superar todos os fatores de restrição à melhoria da qualidade do serviço ferroviário?

As tecnologias não existem para si mesmas, elas existem para conquistar usuários e clientes. Se a tecnologia atual não consegue conquistar usuários, ela precisa ser recriada ou, se não houver solução, abandonada.

O diagnóstico da decadência que acomete as ferrovias dependentes de carga geral aponta a existência de muitos fatores de restrição que destroem o valor do serviço ferroviário. Se a missão da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico é restaurar a utilidade dos ramais decadentes, a P&D deve contemplar a eliminação simultânea de todas as restrições apontadas no item 2.8 para promover a melhoria da qualidade no atendimento aos clientes de carga geral.

É conveniente frisar que a automação de vagões sozinha não será suficiente promover a eliminação de todas as restrições ao serviço de qualidade desejado pelos clientes de carga geral. Além da automação de unidades será necessário o desenvolvimento de sistema de controle de tráfego, de docas de acesso rápido e de projeto que resolva o conflito de tráfego nas manobras dos pátios, duplicação parcial da rede, entre outros que podem surgir no processo.

#### 4.2.1 A automação de vagões

A proposta base, para desenvolvimento de um protótipo de automação de vagões viável, será usar as seguintes adaptações: motorização híbrida de trólebus de 210 kW, transmissão por cardan rodoviário com correntes, sistema de freios a disco controlados por eletro-válvula; e sistema de comunicação por satélite. Uma das metas da primeira etapa é demonstrar que uma motorização digitalmente controlável será possível de ser feita consumindo menos recurso que a motorização tradicional, quando computado o investimento de motorização por unidade de vagão.

Espera-se que a automação distribuída permitirá superar cinco das restrições à qualidade. A meta é tratar a carga embarcada, o contêiner embarcado ou só o contêiner, cada um destes como se passageiros fossem. Neste sentido, a unidade automatizada será formada por um vagão plataforma adaptado para transportar o caminhão com sua carga, ou o caminhão com um contêiner ou apenas o contêiner. Desta forma eliminam-se as seguintes restrições:

- A restrição da “Última milha” será eliminada pois o caminhão sempre participará do transporte de cargas gerais, transportar o caminhão com a carga, transformará o caminhão de concorrente em cliente;
- A exigência de alto volume, transportar a carga com o caminhão é adaptar a ferrovia ao volume de carga padrão do mercado de cargas gerais;
- O transbordo da carga, seu alto custo e o longo consumo de tempo, simplesmente elimina-se a atividade de transbordo de carga;
- A carga não é inviolada;
- A necessidade de ativos ferroviários especiais é eliminada, os ativos especiais ficam por conta do transportador rodoviário, como já é hoje. Elimina-se uma das maiores restrições de acesso do cliente de carga geral ao modal ferroviário.

O embarque do caminhão e sua carga no vagão autômato abrirá a ferrovia para qualquer carga geral do mercado. Além da superação das restrições ao bom atendimento aos clientes, a motorização distribuída promoverá uma ruptura em diversas restrições construtivas e operacionais das ferrovias, tanto em termos de raio de curva, como nível de rampa, velocidade comercial etc. Uma das oportunidades que a automação distribuída poderá permitir será o uso compartilhado dos trilhos para a mobilidade de cargas e de passageiros, com elevado nível de qualidade e segurança.

#### 4.2.2 O sistema de controle e automação distribuída

Hoje não há restrição de recursos materiais e tão pouco de softwares para se promover uma automação de alta qualidade. Há recursos de comunicação digital, de sistemas inteligentes, de hardwares poderosos e de sensores de todos os tipos.

Os algoritmos podem controlar a velocidade, aceleração e frenagem dezenas de vezes por segundo. O *headway*, o intervalo entre unidades autônomas, poderá ser virtualmente eliminado com a automação. O sistema de controle deverá seguir rígidas regras de segurança, especialmente no que tange ao conflito de tráfego e risco de colisão. Duplicidade ou até mesmo triplicidade de fontes de informação sobre posição e deslocamento devem garantir máxima segurança.

Em linhas singelas, o tráfego não é livre, sempre haverá uma grade de janelas para viajar num sentido e depois noutro. Nessa condição, a meta da automação é que as unidades autônomas funcionem como uma composição virtual. Diversos vagões se deslocam muito próximos um dos outros sem precisar haver contato físico entre eles. Nos pátios as unidades se agrupam por destino e partem juntas.

A automação também orientará as atividades de embarque e desembarque, viagem de retorno vazio, paradas solicitadas pelo usuário e idas à manutenção. Os sistemas de automação garantirão alta qualidade e segurança, serviço contínuo, sem restrição de horário.

A KRRI, empresa de pesquisa tecnológica ferroviária sul coreana desenvolve sistema de controle de unidades autônomas. Em notícia de divulgação de seus trabalhos destacam o grande salto de qualidade que as operações ferroviárias podem conseguir com essa estratégia, conforme relato de notícia<sup>8</sup> a seguir:

Os testes começaram em abril e o sistema encurta a distância segura entre os trens, permitindo a comunicação direta entre os veículos. A tecnologia leva em conta a posição do trem precedente na linha e variáveis como a posição do trem, velocidade e distância de frenagem para permitir o ajuste automático das margens de segurança.

O sistema opera de acordo com um modelo de controle distribuído, através do qual cada trem é controlado automaticamente por meio de comunicação direta trem a trem e relatórios de posição. Nos sistemas de controle atuais, a tomada de decisões é realizada por meio de um centro de controle central e apenas a posição atual do trem é considerada.

A KRRI afirma que seu sistema pode resultar em reduções significativas na quantidade necessária de equipamentos de sinalização de via e aumentar a capacidade das linhas em até 30%. Além disso, o instituto afirma que a tecnologia pode reduzir o impacto do erro humano, reduzir os custos de investimento nas instalações e melhorar o trabalho de manutenção, e que a tecnologia pode ser usada no futuro para controlar interruptores em cruzamentos.

“Essa tecnologia pode reduzir o congestionamento durante as horas de deslocamento e permitir que os trens operem com mais eficiência”, disse o Sr. Na Hee-seung, presidente da KRRI. “No futuro, a ferrovia será capaz de aproveitar a inovação inteligente para um transporte conveniente, por meio da convergência de iniciativas verdes e digitais.”

O sistema de controle ora em desenvolvimento pela KRRI é voltado ao transporte de pessoas, mas que seria aplicável com as mesmas vantagens no transporte de cargas gerais com vagões autômatos.

### **4.2.3 Docas de transbordo rápido**

O desenvolvimento de docas de acesso rápido é uma necessidade para que não haja muita perda de tempo, pois o tempo de viagem é um dos principais atributos de valor que os clientes consideram na hora de escolher entre a rodovia ou a ferrovia.

A meta é fazer o embarque ou desembarque em minutos e de forma que não manipule ou modifique a carga. A solução inicial proposta é que o caminhão embarque e desembarque diretamente do vagão. Assim, a doca deve ser modificada para que o embarque seja frontal, pelas extremidades do vagão. O embarque deve ser análogo ao embarque em balsas, rápido, seguro e feito pelo usuário.

---

<sup>8</sup> <https://revistaferroviaemfoco.com/krii-testa-trens-autonomos-com-tecnologia-5g/>



#### 4.2.4 Tráfego em linha singela - Aumento de trechos duplicados de ultrapassagem

O tráfego em linha singela cria uma grande restrição ao livre trânsito. Para superar esta barreira à melhoria da qualidade e obter-se uma velocidade média elevada nos dois sentidos da via, haverá necessidade de uma duplicação periódica da via de tal forma que os cruzamentos se façam em janelas mais estreitas e frequentes.

A necessidade de duplicação é estimada em algo entre 5% e 8% da via permanente atual. As duplicações intercaladas com trechos singelos com extensão devem proporcionar percursos de duração entre 25 e 30 minutos a uma velocidade cruzeiro de 70 km horários.

#### 4.2.5 Automatização de pátios

A operação de pátios na ferrovia tradicional é uma das maiores restrições à qualidade do serviço no transporte de cargas gerais. As cargas gerais exigem que em cada pátio a composição tradicional seja reorganizada com entradas e saídas de vagões. O processo de separação de vagões usando locomotivas é extremamente lento, consome muitas horas em cada pátio do trajeto de uma composição.

Uma das possibilidades para se resolver esta restrição é o uso da separação de vagões em pátios em rampa, (*hump yard*)<sup>9</sup>:

Uma instalação de engenharia localizada em pátios de classificação em algumas estações de frete ferroviário para a organização de trens de carga e agrupamento de vagões de acordo com o tipo e a carga. Essa facilidade torna possível aumentar o volume de comutação.

Um pátio de lombada é uma área artificialmente elevada dentro de um pátio de classificação onde a força da gravidade é usada para mover vagões ao longo de uma rede de trilhos de classificação. Um exemplo típico consiste em uma seção de abordagem, o topo da lombada e a área de liberação, que se ramifica em dezenas de trilhos de organização. A seção de liberação inclui rampas intermediárias e de alta velocidade, uma seção de frenagem e uma área de manobra inclinada.

Um vídeo mostra uma separação automática de vagões em pátio ferroviário do leste europeu, provavelmente na Rússia, no qual 83 vagões, em 24 lotes, são separados e reorganizados no pátio num tempo de 2 minutos<sup>10</sup>.

A solução do *hump yard* é importante porque demonstra que a automação da separação de cargas no pátio é possível, já existe. Também mostra os enormes benefícios da automação na separação de vagões nos pátios, a automação permite fazer um serviço de horas em minutos.

O maior problema dos operadores ferroviários não é o custo direto variável, que por sinal são relativamente baixo em razão das propriedades do material. As margens de contribuição das ferrovias são elevadas, superam frequentemente a 70% da receita. O maior problema das operadoras são os enormes custos fixos, de tal sorte que para a atividade ser sustentável economicamente, é preciso que se tenha alta produtividade. Para o usuário, o tempo de

<sup>9</sup> <https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Hump+Yard>

<sup>10</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=hBtkII8dECs>

percurso também é a principal variável de criação de valor. Simplesmente, a tecnologia ferroviária tradicional destrói o valor do serviço aos olhos dos usuários.

A solução *hump yard* foi desenvolvida justamente para que a operação ferroviária conseguisse obter alta produtividade em mercados de carga geral e conseqüentemente resultado econômico sustentável. No vídeo, aparecem vagões com diversos tipos de carga. A automação da operação faz com que a ferrovia fique mais atraente para os usuários ao oferecer um serviço mais rápido e ágil. Permite a entrada e saída de cargas das composições de forma rápida, operação ajustada ao que o mercado exige.

A principal barreira ao uso do *hump yard* nas ferrovias brasileiras é que ela exige elevado custo de modificação da geometria dos pátios atuais e instalação de chaves automáticas.

O uso de vagões autômatos dispensaria a reforma da geometria dos pátios uma vez que os vagões autômatos independem da gravidade para se locomover nos pátios. Ela permitiria obter a mesma velocidade de separação de vagões de *hump yard*, exigindo apenas o uso de chaves automáticas e desenvolvimento de software de gestão dos vagões nos pátios.

Alternativa adicional, para obter alto desempenho na separação de cargas, seria o uso pátio com traçado para fluxo circular, o qual eliminaria o conflito de tráfego em direções opostas, na medida em que o tráfego e a seleção de vagões se fazem num fluxo contínuo voltado apenas numa direção. O traçado para fluxo circular, devido ao raio de curva, não pode ser usado com composições tradicionais, este só aceitaria tráfego de unidades autônomas. Exemplo na figura 8, a seguir.

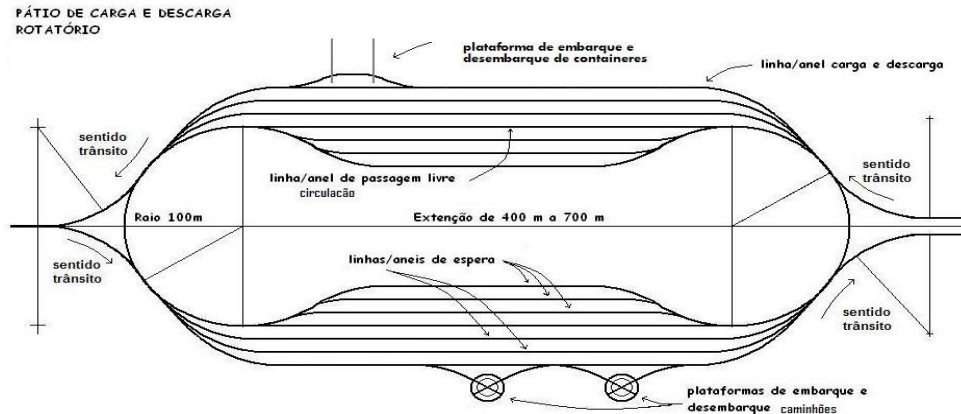


Figura 8. Esquema de pátio de manobras e plataformas de embarque seguindo um modelo para tráfego.

#### 4.2.6 A resistência à inovação tecnológica disruptiva em ferrovias

A doutrina da melhoria do negócio ferroviário tradicional é voltada ao mercado de grãos e minérios. Nela predominam as recomendações de aumento do volume e da produtividade através do aumento de capacidade de carga do vagão, do aumento do tamanho das composições e do aumento da velocidade média de percurso. Nesse sentido, a tecnologia ferroviária nunca deixou de evoluir e se aprimorar. No entanto, cada vez que a eficiência desta tecnologia aumenta nesta direção, a ferrovia fica mais distante do mercado de cargas gerais.

Acontece que o modelo de história de vida dos produtos indica que uma saída sustentável para as ferrovias de carga geral seria adotar a estratégia de reciclo escalonado de produtos, tal como descrito Kotler e Keller (2006) e ilustrado na Figura 9 a seguir.



Figura 9. Reciclo e ciclo escalonado Fonte: Kotler, 2000 apud Irigaray et al., 2006

Kotler relata que o comportamento escalonado é aquele quando o produto vai ganhando diferentes tipos de utilização acompanhada consequentemente de um aumento das vendas. Um exemplo pode ser o nylon que foi ganhando outras formas de utilização e aumentando sua participação no mercado.

O modelo de Kotler e Keller preconiza é que a ferrovia precisaria ganhar outras formas de utilização, precisaria oferecer um serviço de maior valor ao mercado de cargas gerais.

No entanto, este tipo de estratégia aparenta não fazer parte das pesquisas da indústria ferroviária e da academia. No setor, quase toda pesquisa e desenvolvimento no setor são alinhadas ao ganho de escala com aumento de volumes e a redução de custo no transporte de cargas uniformes. Não há estudos que questionem o modelo operacional nem tão pouco se oriente pela promoção de uma ferrovia voltada para cargas gerais.

Uma das causas que explicaria o conservadorismo da indústria ferroviária seria o ceticismo sobre novas tecnologias para carga geral. Este sentimento se desenvolveu em razão dos inúmeros fracassos que se sucederam ao longo de muitas décadas. Nenhuma tecnologia prosperou ao ponto de se tornar um *benchmark* comercial. A descrença é tanta que a recomendação dominante para os ramais decadentes é o aporte de subsídio ou abandono.

O conservadorismo do setor ferroviário também pode ser explicado como fruto das particularidades do mercado ferroviário que inibem a competição, tal como mostrado no Quadro 1, na página seguinte.

O que se percebe é que as barreiras ao empreendedorismo tecnológico no modal ferroviário são relativamente muito maiores que as equivalentes barreiras no modal rodoviário. Essas diferenças ambientais, econômicas e institucionais são fortes fatores que dificultam o surgimento de inovações disruptivas no setor ferroviário.

Quadro1. Diferenças entre ambientes de inovação rodoviário e ferroviário.

	RODOVIÁRIO	FERROVIÁRIO
Cientes da indústria de material rodante	O mercado é aberto a qualquer investidor que queira comprar um caminhão. Qualquer um pode ser cliente da indústria automotiva.	O mercado é concentrado em poucos clientes, somente governo ou operadoras são clientes da indústria ferroviária.
Quantidade de indústrias fornecedoras	Há diversas indústrias fornecedoras que competem entre si com produtos semelhantes.	Há poucas indústrias fornecedoras, indústrias se posicionam em sub-nichos, pouco concorrido.
Evolução tecnológica	É uma necessidade chave das indústrias para conquistar mercado.	A evolução tecnológica é importante mas não primordial para os negócios.
Orientação da pesquisa	Evolução orientada ao mercado de cargas gerais.	Evolução orientada a melhoria da eficiência do modelo tradicional de alto volume para minério, grãos etc.
Novos entrantes	Poucas barreiras a entrantes, inovadores independentes.	Grandes barreiras a inovadores independentes.
A venda	Depende muito da qualidade e do preço do produto, e pouco de relacionamento político.	Depende pouco da qualidade e do preço do produto e muito de relacionamento político.
Usuários	Aberto a todos os tipos de carga.	Restrito a cargas de alto volume.
Via permanente	A tecnologia da via pouco interfere na tecnologia do material rodante.	A tecnologia da via é interdependente com a tecnologia do material rotante.
Sistema de tráfego	Aberto, entrada e saída de livre, pistas de duplo sentido, tráfego contínuo.	Fechado, linha majoritariamente singela, tráfego intermitente e em horários fixos.

Fonte: elaborado pelo autor.

As evidências e as teorias apontam que a recuperação da sustentabilidade econômica das ferrovias dependentes de cargas gerais só será possível por meio de inovação disruptiva que construa uma ferrovia que ofereça um serviço de qualidade superior aos usuários. Uma dessas possibilidades será através da automação de vagões.

No entanto, este tipo de proposta não é acolhido pelo setor. O modelo de negócio da indústria ferroviária e sua burocracia se assemelha a China antiga. Segundo Mokyr, citado por Jones (2000 p.127), o poder político forte, consolidado, centralizado e reacionário, pode enxergar o desenvolvimento de novas tecnologias como um problema e não um caminho para solução, nos seguintes termos:

A China era e continua sendo um império sob estrito controle burocrático. Guerras ao estilo europeu entre unidades políticas internas eram raras na China após 960 d.C. A ausência de competição política não significa que o progresso tecnológico não pudesse ter lugar, mas implicava que um tomador de decisão poderia administrar-lhe um golpe mortal. Imperadores interessados e esclarecidos incentivavam o progresso tecnológico, mas governos reacionários do final do período Ming preferiam claramente um ambiente estável e controlável. Os inovadores e transmissão de ideias estrangeiras eram considerados criadores de caso e foram suprimidos. Na Europa também existiram esses governantes, mas como nenhum controlava todo o continente, eles não fizeram mais do que transferir o centro de gravidade econômica de uma região para outra.

A semelhança não é coincidência. Os domínios das ferrovias são territórios fechados à competição pela própria natureza do negócio. Há poucas e grandes indústrias fornecedoras, cada uma com seu feudo de componentes ferroviários que atendem uma demanda de um

modelo único. Uma inovação disruptiva, embora possa produzir grande benefício para a sociedade, é vista mais como uma ameaça ao poder das indústrias estabelecidas.

#### 4.2.7 Respostas a questionamentos

Ao longo de quinze anos, muitos argumentos contrários à automação foram levantados para questionar a capacidade de se atingir a meta de recuperar a competitividade das ferrovias no transporte de cargas gerais. Os principais foram:

- a) A automação exigira um investimento maior que a ferrovia tradicional.

Uma das primeiras reações contrárias à automação de vagões foi acusa-la de que exigirá um investimento muito alto, maior que investimento exigido na ferrovia tradicional. Essa ideia mostra-se um preconceito porque ainda não se sabe exatamente o custo final da automação e também não se sabe o quanto o custo de automação pode se reduzir com ganhos de escala.

A ideia da automação também se mostra promissora quando se analisa a estatística das operadoras ferroviárias norte-americanas. Nessas empresas, verifica-se que há uma relação entre o aumento de cargas heterogêneas e o aumento do uso de locomotiva na frota. Este aumento relativo do uso de locomotiva aparece como uma tendência histórica, ou seja, é a estratégia que as operadoras encontraram para operar com alta produtividade as cargas gerais, usar pequenas composições com cargas uniformes. Na Union Pacific Railroad a relação chegou em 2017 a ser de 7,5 vagões por locomotiva, como ilustra a tabela 5, a seguir. A média ponderada de todas as operadoras é de 11,4 vagões por locomotiva.

O uso intensivo de locomotivas implica em se afirmar que a motorização tradicional já é um investimento razoavelmente elevado. Se o custo de uma locomotiva nova é da ordem de R\$ 9 milhões, em algumas operadoras norte-americanas o investimento em motorização tradicional já supera a R\$ 1 milhão por vagão.

Tabela 5. Relação vagões por locomotiva nas operadoras norte-americanas.

2017	VAGÕES UNID.	LOCOMOTIVAS UNID.	VAGÕES POR LOCOMOTIVA V/L
UPR	64.191	8.573	7,5
BNSF	72.369	8.359	8,7
CSX	60.151	4.166	14,4
NSR	62.554	4.089	15,3
KCS	20.538	1.069	19,2
CNR/GTC	nd	1.548	nd
CPR/SLC	35.952	1.430	25,1
USA	315.755	29.234	11,4

Fonte: autor com dados dos relatórios K-10 das operadoras.

No pré-projeto de um protótipo de vagão autômato, o custo completo da automação com motorização híbrida, freios, transmissão e comunicação foi algo próximo da metade desse valor. Desta forma, ao contrário do que se imagina, a automação de vagões pode prover uma

ferrovia com um investimento muito menor por unidade produtiva (vagão) do que a tecnologia tradicional.

A automação de vagões permitirá uma série de economias em ativos além da motorização. O peso médio bruto carregado na automação será muito menor que o padrão atual, algo entre 50 a 70 t. Todos os dispositivos relacionados ao peso dos vagões poderão ser redimensionados na reposição para essa menor exigência. A principal redução de investimento será no uso de trilhos mais leves na renovação da malha.

b) *Short line* pode resgatar ramais da decadência?

Uma das estratégias utilizada no mercado ferroviário para dar destinação a ramais deficitários é transformá-los em *short lines*, que nada mais é do que operar o ramal por empresa ferroviária de menor porte, sob regras operacionais e de segurança menos severas do que as exigidas de grandes companhias.

No entanto, o estudo da decadência ferroviária aponta que a origem do problema ferroviário é uma incompatibilidade operacional da ferrovia tradicional com a forma que o mercado de cargas gerais deseja ser servido. Essa incompatibilidade é formada pelas barreiras de acesso e pelas restrições operacionais:

- O acesso da “última milha”.
- A inviolabilidade da carga.
- A demora de embarque e desembarque.
- O custo de embarque e desembarque.
- Peso mínimo de embarque.
- O tráfego em composições físicas com locomotivas.
- O conflito de tráfego nos pátios lineares.
- A especialidade de ativos (barreira invisível).
- Linha singela (tráfego restrito)

As barreiras explicam porque quase a totalidade do mercado de cargas gerais prefere o transporte rodoviário, independente do baixo custo ferroviário.

Se a decadência é fruto da incapacidade da ferrovia superar as restrições simultaneamente, não será a operação em *short line* capaz de fazer isso também. A operação na forma de *short line* apenas reduz a exigência de investimento em CAPEX (*capital expenditure*) recorrente e diminui o custo fixo com pessoal e manutenção, só isso. Pouco ou quase nada muda na relação entre a ferrovia e o mercado de cargas gerais. Pouco ou quase nada muda na qualidade do serviço prestado ao cliente de carga geral.

Posto isso, a viabilidade de operar *short line* também vai ficar restrita a demanda de carga homogênea e abundante ou em condições geográficas que impeçam a competição direta com o caminhão. Assim, *short line* só tem viabilidade em operações como a ferrovia Tereza Cristina. Se *short line* competir por carga geral com caminhão para sobreviver, a *short line* continuará sofrendo as mesmas dificuldades da operação na forma de ramal de rede, isto porque o problema das ferrovias não é de custo, mas de valor.

c) Como se obterá lucro com a automação se as cargas serão menores?

A carga útil esperada para o vagão autômato será da ordem de 35 t a 45 t, menor que a metade da carga de vagões de minério atuais, dimensionados para carga de 100 t a 120 t. A tarifa a ser cobrada será a mesma da ferrovia atual. Nessas condições, a rentabilidade será conquistada com um grande aumento da produtividade, tal como demonstrado pela análise de Custo-Volume-Lucro, nos seguintes termos da fórmula 1:

$$\text{Resultado} = \text{Qtda TKU} \times (\text{tarifa} - \text{Custo Variável}) - \text{Custos Fixos} \quad (1)$$

Da fórmula do resultado (1) podemos desenvolver a fórmula do quantidade meta (TKU), nos seguintes termos da fórmula 2:

$$\text{Quantidade Meta TKU} = \frac{\text{Resultado desejado} + \text{Custos \& Despesas Fixos}}{(\text{Tarifa unitária} - \text{Custo Variável})} \quad (2)$$

O lucro desejado pode ser estimado como um rendimento mensal de 1,0% a.m. sobre o investimento de uma unidade produtiva, valor de um vagão mais o valor corresponde à fração da infraestrutura relativa a um vagão. Se o vagão automatizado custar R\$ 1 milhão e o valor da infraestrutura relativa a um vagão for também de R\$ 1 milhão, o investimento total a ser remunerado por um vagão será da ordem de R\$ 2 milhões e o rendimento mensal desejado será de R\$ 20.000,00.

Conforme Tabela 6, na página seguinte, o custo fixo médio mensal por vagão pode ser estimado como sendo o valor máximo da média das ferrovias brasileiras de 2017, ou seja R\$ 11.800,00 por vagão.

Como pode ser visto na fórmula 3, na página seguinte, se a margem de contribuição do TKU, a diferença entre tarifa e custos variáveis, for de R\$ 0,06 por TKU, o volume de carga necessário será da ordem de 530 mil TKU mensais por vagão ou 6,36 milhões de TKU por vagão ano, uma produtividade meta semelhante ao já obtido pelos vagões das operadoras norte-americanas.

Tabela 6. Relação entre os custos fixos e a quantidade de vagões e extensão das malhas.

Ferrovia	MALHA PRÓPRIA km	VAGÕES UNID.	CUSTOS FIXOS		Ferrovia	MALHA PRÓPRIA km	VAGÕES UNID.	CUSTOS FIXOS	
			POR KM R\$ M / mês	POR VAGÃO				POR KM R\$ M / mês	POR VAGÃO
MRS	1.686	18.779	83,3	7,5	UPR	51.695	64.191	15,0	12,1
EFVM	895	19.099	103,1	4,8	BNSF	37.015	72.369	20,1	10,3
EFC	978	19.008	150,4	7,7	CSX	25.144	60.151	21,7	9,1
RMS	7.223	9.742	23,1	11,8	NSR	23.675	62.554	16,6	6,3
RMO	1.973	896			CNS	4.595	20.538	21,7	4,9
RMP	2.055	3.699			CNR/GTC	31.376	nd	11,6	nd
RMN	735	6.160			CPR/SLC	20.099	35.952	8,4	4,7
FCA	7.223	17.883	15,2	6,1					
FNSTN	723	2.401	25,0	7,5	USA	193.599	315.755	16,4	
BRASIL	27.949	99.897			USA/BR	6,9	3,2		

$$\text{Quantidade Meta TKU} = \frac{20.000,00 + 11.800,00}{(0,10 - 0,04)} = 530.000 \text{ TKU/mês} \quad (3)$$

Se a carga média do vagão for de 40 t, o percurso necessário para atingir a quantidade meta será da ordem de 13 mil km mensais, percurso modesto para parâmetros rodoviários. Com esta produtividade se obterá um ROI de aproximadamente 9% ao ano, suficiente para produzir um *spread* de alavancagem positivo e remunerar o acionista com taxas superiores ao ROI.

Por sua vez, se o percurso médio alcançar 18 mil km mensais, o montante de serviço por unidade será de 720 mil TKU/mês ou 8,8 milhão TKU/ano. Com essa produtividade, a margem de contribuição do vagão será de R\$ 43,2 mil, o lucro será de R\$ 31,4 mil e o ROI será de 1,57% ao mês ou 18,8% ao ano. Com uma boa alavancagem operacional, os acionistas poderão ser remunerados a taxas equivalentes ou superiores ao retorno das ferrovias norte-americanas.

O objetivo da automação será a eliminação de toda atividade que destrói valor do serviço ferroviário para cargas gerais, ou seja, eliminar o tempo perdido em manobras nos pátios e o tempo perdido no transbordo nas plataformas e minimizar o tempo perdido nos cruzamentos de fluxo.

Se as metas de eliminação das atividades improdutivas forem atingidas, os vagões autômatos deverão contar com uma carga horária superior a 60% do tempo mensal para se dedicar ao deslocamento, ou seja, operar em deslocamento por mais de 432 horas mensais, se a velocidade média de for de 50 km/h, o limite máximo de percurso médio mensal será algo como 21 mil quilômetros mensais. Isto significa que a rentabilidade poderá ser aumentada ou repassar os benefícios do ganho de escala aos usuários.

Outro aspecto favorável da automação será a alta velocidade de cruzeiro e a rápida aceleração dos vagões autômatos. A velocidade média de serviço deverá ser superior a 70 km horários. O fato de o vagão ficar disponível para trafegar praticamente 18 horas por dia permitirá em tese que o vagão autômato cumpra um percurso médio mensal muito superior a 15.000 km mensais carregado com uma carga média de 40 t. Desta forma, a produtividade do vagão autômato deverá superar 8.100 mil TKU anuais, produtividade equiparável aos valores das melhores ferrovias do mundo.

A margem de contribuição das ferrovias tradicionais é superior a 70%. A automação deverá obter uma margem de contribuição inferior, isto é, o custo variável será maior. Mas percebam, estratégias de redução de custo são limitadas quando o problema do negócio ferroviário é a qualidade. O que importa é que o ganho de produtividade seja muito maior que a perda de margem.

Para um negócio ser de sucesso é necessário que ele seja visto pelo usuário como a opção de mais alto valor no mercado e visto pelos investidores como uma atividade altamente rentável e de baixo risco. A facilidade de acesso e a alta velocidade de percurso são as qualidades chave para a conquista de usuários. A produtividade é a variável responsável pela rentabilidade. A automação de vagões tem o potencial de oferecer as duas qualidades simultaneamente: alto valor para os usuários e alta rentabilidade para os operadores.

## **5 Recomendações**

A sustentabilidade econômica de qualquer atividade depende da conquista de receitas de clientes que seja suficiente para atender ao consumo de recursos operacional mais o consumo



de recursos para remunerar os credores de renda fixa e de renda variável de forma não inferior ao custo de oportunidade.

Tanto faz se a ferrovia é estatal ou privada, a sustentabilidade só existe se houver suficiente quantidade de usuários que prefiram pagar pelo uso da ferrovia. São os clientes que dizem se a ferrovia tem mais valor frente a outras opções do mercado. Hoje, a situação é ruim, os usuários abandonaram as ferrovias e a insustentabilidade é uma situação regra.

Quando uma atividade é improdutiva, ela não destrói riqueza só de seus investidores, ela está contribuindo para o empobrecimento de toda a sociedade. No caso específico brasileiro, os maiores investidores das operadoras ferroviárias são fundos de pensão, BNDES e BNDES-Par. A destruição de riqueza destes investidores significa que seremos mais pobres no futuro, os aposentados perderão renda ou haverá mais tributos, em qualquer das alternativas a vida será mais difícil.

Uma das alternativas para manter operações deficitárias é promover o subsídio cruzado, forma que não deixa de empobrecer a sociedade. Os usuários de ferrovias rentáveis, aquelas dedicadas a grãos e minério, arcam com o ônus da ineficiência dos ramais decadentes. O subsídio cruzado encarece a logística do exportador de grãos e de minério.

As recomendações para buscar a sustentabilidade do setor são:

Ferrovias novas com tecnologia tradicional – vincular viabilidade de novos projetos a estudo que só utilizem carga uniforme e de alto volume, tais como minérios e grãos. Desde o início, deve haver forte probabilidade do volume de carga atingir o ponto de equilíbrio econômico em poucos anos. Não se deve utilizar externalidades para se justificar a viabilidade.

Ferrovias produtivas e corredores de exportação – estimular investimentos que eliminem gargalos que impeçam o aumento da produtividade.

Ferrovias deficitárias – se a inviabilidade for permanente, se a demanda do mercado for muito distante da necessidade para sustentar a ferrovia, deve-se recomendar a desativação. Os subsídios direto ou cruzado para manter estes ramais oneram a sociedade. Os agentes políticos precisam ser pragmáticos ao decidir se sustentam a ineficiência ou se desativam os ramais. Os recursos públicos são limitados.

As evidências indicam que a decadência é um problema da tecnologia ferroviária. Ela é incapaz de produzir um serviço de alto valor ao mercado de cargas gerais. Neste sentido, a estratégia de operação simplificada tipo *short line* não resolve a questão da qualidade, apenas reduzirá a necessidade de subsídios. Talvez se justifique em casos particulares.

Na fronteira do desconhecido, não há restrição teórica para se investir em pesquisa e desenvolvimento de um novo modelo ferroviário voltado a produzir um serviço de mais alto valor ao mercado de cargas gerais. Nunca existiram condições tão favoráveis para se obter sucesso nesta empreita. As barreiras de restrição à qualidade podem ser superadas com as novas tecnologias de motorização e de automação que surgiram e surgem a cada dia.

O investimento no desenvolvimento de uma nova tecnologia ferroviária consumiria um montante de recurso irrisório em comparação com a destruição de riqueza das ferrovias deficitárias.

No caso de sucesso de uma operação ferroviária inovadora, salvaríamos milhares de quilômetros de malha ferroviária do abandono e produziríamos uma grande redução no custo logístico para o país, na medida em que se ofereceria para à sociedade um serviço de baixo custo em razão das propriedades físicas muito superiores dos materiais ferroviários.

O entendimento dos verdadeiros fatores do fracasso são os alicerces para que os empreendedores e os gestores públicos se dediquem a uma estratégia que transforme a decadência em sucesso, e assim se ofereça os benefícios das ferrovias para toda sociedade.

#### BIBLIOGRAFIA

AASHTO. American Association of State Highway and Transportation Officials. Freight Rail Faces Capacity Shortage, disponível em [http://www.transportation1.org/tif1report/surface\\_02.html](http://www.transportation1.org/tif1report/surface_02.html), acessado em dezembro de 2007

ANTT (2017). Agência Nacional de Transportes Terrestres. Anuário Estatístico 2017. Disponível em: [http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Anuario\\_Estatistico.html](http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Anuario_Estatistico.html). Acesso em 15/julho/2018.

ASSAF NETO, Alexandre. Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico-financeiro. 12ª ed. Editora Atlas, São Paulo, 2020.

BHRA, Brooklyn Historic Railwai Association. Why Rail Has 20X Energy Saving Advantage Over Rubber Tire Road Vehicles - The Science of Locomotion, Disponível em: [www.brooklynrail.net/science\\_of\\_railway\\_locomotion.html](http://www.brooklynrail.net/science_of_railway_locomotion.html). Acessado em 1/5/2012.

CAMPOREZ, P. Com 18 mil km de ferrovias abandonadas no pais Bolsonaro vai a Bahia anunciar 18 km de trilhos. Economia. 11.09.2020. disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,com-18-mil-km-de-ferrovias-abandonadas-no-pais-bolsonaro-vai-a-bahia-anunciar-18-km-de-trilhos,70003434043>

CASTRO, A.M.G.; LIMA, S.M.V.; CRISTO, C.M.P.N. Cadeia Produtiva: Marco Conceitual para Apoiar a Prospecção Tecnológica Tema. Disponível em: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/posgrado/2002.cadeiaprodutiva.marcoconceitual.prospeccaotecnologica.pdf>, 2002. Acessado em janeiro 2016.

CASSEMIRO, S.L. DA S.; BANDEIRA, R.A. DE M.; DA SILVA, U. Um procedimento para alocação de locomovas a trens de carga. Transportes, ANPET. Volume 28, Número 1, 2020.

CNT CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES - COPPEAD. Transporte de cargas no brasil ameaças e oportunidades para o desenvolvimento do país diagnóstico e plano de ação. 2008. Disponível em file:///C:/Users/alunos/Downloads/2062408.PDF. Acesso: julho 2018.

EUROSTAT. Freight transport statistics. Statistics Explained – disponível em <http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/> - 14/06/2018. Acessado em 21/07/2018.

FALCÃO SOBRAL, M.F. Uso da modelagem multicritério para apoio ao decisor na alocação de produtos na matriz mercadológica do ciclo de vida dos produtos Exacta – EP, Sao Paulo, v. 11, n. 2, p. 173-186, 2013.

GUERREIRO, R. Os princípios da teoria das restrições sob a ótica da mensuração econômica. Cad. estud. no.13 São Paulo Jan./June 1996.

- IRIGARAY H.A., VIANNA A., NASSER J.E., et al., Gestão de desenvolvimento de produtos e marcas. 2ª ed, Rio de Janeiro, Ed FGV, 2006.
- JONES, C.I. Introdução à Teoria do Crescimento Econômico. Rio de Janeiro, 6ª ed. Elsevier, 2000.
- KOTLER P., KELLER K., Administração de Marketing, 12 edição, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- KAYO E. K.; KIMURA H.; MARTIN D. M. L.; NAKAMURA, W.T. Ativos Intangíveis, Ciclo de Vida e Criação de Valor. RAC, v. 10, n. 3, Jul./Set. 2006: 73-90
- MAKYR, J. The Lever os Riches. Nova York: Oxford University Press. 1990.
- REIS M.A.S E MACHLINE C. As dificuldades para o transporte de carga geral na cabotagem Brasileira. CELog – Centro de Excelência em Logística e Cadeias de Abastecimento – FGV - EAESP . [https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/16399/gvcelog-artigocabotagem-masr\\_e\\_cm-junho\\_2006\\_0.pdf](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/16399/gvcelog-artigocabotagem-masr_e_cm-junho_2006_0.pdf). Acessado julho 2018.
- RODRIGUE JEAN-PAUL. The Geography of Transport Systems. Quinta edição, Nova York: Routledge, 456 páginas. ISBN 978-0-367-36463-2, 2020. Disponível no site [https://transportgeography.org/?page\\_id=1954](https://transportgeography.org/?page_id=1954), acessado em out/2020.
- RUMO. Relatórios financeiros. Disponível em: <http://ri.rumolog.com/ptb/central-de-resultados>. Acessado em julho 2018.
- TORGGLER, S.T.; NAGANO, M.S.; SUEN, K.S. Vagões autômatos, uma solução para aumento da produtividade ferroviária no transporte de múltiplas cargas. CONINFRA 2012 - 6º Transportation Infrastructure Conference, 2012 São Paulo – Brasil.
- TORGGLER, S.T.; NAGANO, M.S.; SUEN, K.S.; DE MORAIS, F.T. Autovagão: a automação ferroviária para a logística sucro-canavieira. II Congresso de Automação e Inovação Tecnológica Sucroenergética. ISA Sertãozinho Seccion, 2014 Sertãozinho – Brasil.
- TORGGLER, S.T. A automação distribuída para o resgate de ramais ferroviários decadentes. 23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária. Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Metrô do Estado de São Paulo. São Paulo. 2017.
- TRIOLA, MARIO F. Introdução a estatística : atualização da tecnologia. 11. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 707 p.
- WRIGHT, P.; KROLL, M. J.; PARNELL, J. Administração estratégica: conceitos. São Paulo: Atlas, 2000.