



# A GESTÃO DA CADEIA LOGÍSTICA

CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE  
(ORGANIZADOR)



**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

G393 A gestão da cadeia logística [recurso eletrônico] / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-86002-11-9  
 DOI 10.22533/at.ed.119203030

1. Logística empresarial. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de.

CDD 658.7

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “A gestão da cadeia logística” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 7 capítulos, estudos sobre assuntos pertinentes a esse tema.

O tema é de grande relevância, pois a cadeia logística é vital para o crescimento do país. O ambiente competitivo existente no mundo globalizado torna imperativo que as empresas se ajustem ao mercado, sendo mais eficientes e eficazes, porém de uma maneira sustentável.

O desenvolvimento sustentável das diferentes atividades, indústria, comércio e serviços, no Brasil, deve ser visto em seus aspectos econômicos, sociais e ambientais. Os capítulos apresentados abordam temas ligados a esses aspectos.

A análise da cadeia de valores pode ter um papel preponderante no desenvolvimento e sobrevivência do comércio varejista, altamente competitivo.

Um produto tipicamente brasileiro, o açaí, é um mercado em expansão com grande potencial de exportação. A análise dos processos produtivos, melhorias genéticas e sua comercialização, de uma maneira sustentável, podem alavancar empregos e renda para o país.

A preservação do meio ambiente deve ser levada em conta nos processos produtivos. A logística reversa, com aproveitamento de resíduos descartados, ganha relevância nos processos produtivos.

Recursos, como a água, estão cada vez mais escassos, e meios de seu reuso devem ser investigados e implantados.

A cadeia logística deve ser analisada também sob a ótica de seus custos, que devem ser minimizados, garantindo a eficiência do processo produtivo.

Todos esses processos, que compõe a cadeia logística, necessitam de recursos humanos, onde o empreendedorismo é um ativo importante para garantir a sobrevivência das empresas.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A CADEIA DE VALOR COMO UMA VANTAGEM COMPETITIVA EM UMA EMPRESA DE MÉDIO PORTE DO SEGMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL DO SERTÃO DO PAJEÚ	
André Erick da Silva Lucinaldo Nogueira Santana Túlio Bezerra de Matos Vitor Augusto Menezes de Sousa Renan Silva Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1192030301</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
ASPECTOS DA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO AÇAÍ QUE CONTRIBUEM PARA A SUA SUSTENTABILIDADE	
Luis Fernando Pires Pinto Edson Aparecida de Araújo Querido de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1192030302</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>22</b>
O MELHORAMENTO GENÉTICO NA CULTURA DO AÇAÍ COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO REGIONAL	
Luis Fernando Pires Pinto Edson Aparecida de Araújo Querido de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1192030303</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
MAPEAMENTO DE UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS REVERSA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Eliacy Cavalcanti Lélis Edson Silva de Oliveira Marta da Silva Araújo William Hideki Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1192030304</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
WATER REUSE – 54: REUTILIZANDO ÁGUA E GERANDO CONSCIÊNCIA SUSTENTÁVEL	
Jociel Mota de Jesus John Anderson de Almeida Egídio Rafael Manzonni Lemes Rodrigo do Nascimento Ferraz Adriano Carlos Moraes Rosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1192030305</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
CUSTOS LOGÍSTICOS ENVOLVIDOS NA DISPONIBILIDADE DA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA METROVIÁRIO	
Carlos Eduardo Sanches de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1192030306</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>73</b>
PERFIL EMPREENDEDOR DO ALUNO DO CURSO DE LOGÍSTICA	
Vanessa Cristhina Gatto Chimendes	

Katia Cristina Cota Mantovani  
Adriano Carlos Moraes Rosa  
Maria Angelica Prado Santos

**DOI 10.22533/at.ed.1192030307**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>87</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>88</b>

## CUSTOS LOGÍSTICOS ENVOLVIDOS NA DISPONIBILIDADE DA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA METROVIÁRIO

Data de aceite: 19/02/2020

**Carlos Eduardo Sanches de Andrade**

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) –

Engenharia de Transportes

Aparecida de Goiânia – GO

**RESUMO:** Este trabalho tem por finalidade apresentar o referencial teórico do custo logístico dos sistemas de transporte metroviário. A partir da teoria apresentada, serão analisados os custos logísticos dos principais fatores vitais à disponibilidade desses sistemas. Qualquer paralisação de um sistema metroviário afeta milhares de usuários e a sociedade cobra a disponibilidade máxima do sistema de transporte. Por isso é necessário que as operadoras tenham pleno conhecimento de seu custo logístico, para que seja possível realizar um bom planejamento, mantendo em estoque suficiente os insumos relacionados aos principais fatores vitais à disponibilidade, e investindo no que realmente contribui para aumentar a disponibilidade do sistema metroviário. A aplicação da teoria foi realizada no Metrô do Rio de Janeiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Custo logístico, metrô,

disponibilidade, sistemas de transporte.

### LOGISTIC COSTS INVOLVED IN THE AVAILABILITY OF THE OPERATION OF A SUBWAY SYSTEM

**ABSTRACT:** This paper aims at presenting the theoretical framework of logistic cost of the subway transport systems. The costs of the principal factors considered vital to the availability of the systems will be analysed based on the mentioned theory. Any service interruption of a subway system, even if temporary, affects millions of passengers, making the society charge the maximum availability of the transport system. Therefore it is necessary that operators are fully aware of logistic cost in order to have a good planning, keeping in stock the most relevant inputs related to the main important factors to the availability, and investing in it for a higher improvement of the subway system. The application of the theory was carried out in Rio de Janeiro's subway.

**KEYWORDS:** Logistic cost, metro, subway, availability, transport systems.

### 1 | INTRODUÇÃO

A logística visa atender à indústria e manufatura, onde um dos principais problemas

é a distribuição e transporte dos produtos acabados. Evoluiu no sentido de integrar os diferentes agentes envolvidos no suprimento deste produto, a chamada “cadeia de suprimento”. O custo logístico representa então o custo da aplicação da logística em uma empresa.

O objetivo deste trabalho é analisar os custos logísticos dos fatores considerados vitais à disponibilidade de operação de um sistema de transporte metroviário e apresentar o referencial teórico de custo logístico, aplicando na prática essa teoria, através da análise dos custos logísticos dos fatores. Foi utilizado como base para uma análise experimental o Metrô do Rio de Janeiro. A seção 1 constitui-se como uma introdução, onde houve uma breve contextualização do estudo em questão e foi definido o objetivo. A seção 2, por meio de referenciais teóricos, consolida o desenvolvimento do trabalho, apresentando o conceito de custo logístico em projetos de sistemas metroviários, mostrando todas as etapas envolvidas. A seção 3 apresenta e analisa os principais fatores considerados importantes à disponibilidade de operação de um sistema de transporte metroviário. A seção 4 aborda a aplicação da teoria no Metrô do Rio de Janeiro, apresentando o custo logístico de projetos relacionados diretamente à disponibilidade da operação do Metrô do Rio de Janeiro. A seção 5 trata das conclusões deste trabalho.

## **2 | CUSTOS LOGÍSTICOS EM PROJETOS DE SISTEMAS METROVIÁRIOS**

### **2.1 A logística e o custo logístico**

O COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (2012) define a logística como o processo que “planeja, implementa e controla a eficiência e o custo efetivo relacionado ao fluxo e armazenagem de matéria prima, material em processo e produto acabado, bem como do fluxo de informações, do ponto de origem ao ponto de consumo, com o objetivo de atender às exigências do cliente”. Outra definição, que abrange também serviços, é dada por WHAT IS LOGISTICS? (2012): “a ciência de planejar, organizar e gerenciar atividades que produzem bens ou serviços”. Segundo JOHNSTON e CLARK (2002) a administração das operações de serviços é uma atividade que diz respeito a que serviços são prestados e como são fornecidos aos clientes. Envolve entender as necessidades dos clientes, gerenciar os processos de prestação de serviços, assegurar que os objetivos sejam atendidos e, ao mesmo tempo, também considerar melhoria contínua de nossos serviços. Conforme LAUGEN e MARTINS (2005) as características dos serviços são: alto contato com o cliente; participação do cliente no processo; perecibilidade; não estocável; intangibilidade; dificuldade de se medir produtividade e dificuldade de se medir qualidade. A logística aplicada em serviços tem, portanto, características próprias, e não é ainda muito explorada na literatura.

O custo logístico representa o custo da implementação das etapas da logística. Segundo VIEIRA e MARTEL (2010) “historicamente a definição dos custos logísticos de

uma empresa sempre foi uma tarefa árdua e difícil, pois os sistemas de contabilidade, financeiro e os métodos usuais de cálculo dos preços de custo não permitem identificá-los facilmente”. Podem ser classificados como estratégicos (como instalações e equipamentos) ou operacionais (como compra, produção, transporte, imobilização do estoque).

Uma das ferramentas para otimizar o custo logístico é a curva ABC, também conhecida como Análise de Pareto. Ela tem sua origem num estudo desenvolvido por Juran, que identificou que 80% dos problemas são geralmente causados por 20% dos fatores. Tem sido aplicada em várias áreas da gestão de empresas, como gerenciamento de estoques. Neste trabalho será utilizada para identificar e classificar os fatores mais relevantes para a disponibilidade de um sistema metroviário, capazes de causar uma paralisação do sistema.

## **2.2 Elementos de um sistema metroviário**

Um sistema metroviário é um sistema de transporte de passageiros, elétrico, com vias exclusivas, usualmente subterrâneas ou em elevados acima da superfície. Os principais componentes do sistema são: estações, material rodante e infraestrutura, esta última envolvendo diversos elementos, como: energia, sinalização, via permanente e sistemas operacionais das estações (bombeamento, ventilação, escada rolante, bilhetagem, telefonia e outros). As estações são os locais de embarque e desembarque de passageiros. O material rodante é o trem, que por sua vez é composto de carros. A quantidade de carros no trem pode variar dentro de determinados valores em função da dimensão das estações do sistema metroviário. Fatores como o tempo de vida do sistema e a tecnologia empregada exercem grande influência. O sistema tem um tempo de vida útil, a tecnologia utilizada pode estar ultrapassada e, portanto, novos investimentos podem ser necessários para manter um bom desempenho da operação. Uma adequada manutenção também é crucial para propiciar as condições necessárias para o bom desempenho da operação.

## **2.3 Elementos do custo logístico em projetos de sistemas metroviários**

Um sistema metroviário é um sistema de alta tecnologia que requer grandes investimentos, com grande participação do Poder Público em seu projeto e implantação. Poucos países possuem a tecnologia de fabricação dos trens e demais componentes do sistema e os sistemas no Brasil importam essa tecnologia e muitos de seus componentes.

O conceito de custo logístico, sob a ótica da Concessionária, refere-se aos custos em manter o sistema em funcionamento, obedecidos critérios de desempenho estabelecidos contratualmente com o Poder Público.

A operação do sistema é a prestação de um serviço aos usuários: o serviço de transporte dos usuários. Assim a logística utilizada é uma logística de serviços. Segundo BALLOU (2001) o custo logístico é composto dos custos de processamento

de pedido, estoque, transporte e pleno atendimento do cliente. Esse conceito, adaptado a um sistema metroviário, seria um pouco diferente, pois não há distribuição e transporte de produtos: o produto é o próprio serviço de transporte do usuário. Neste caso, o custo logístico poderia, numa primeira abordagem, ser descrito como os custos necessários a: (a) planejamento e controle da operação, (b) manutenção preventiva dos componentes do sistema e (c) manutenção corretiva dos componentes do sistema.

O planejamento e controle da operação são realizados com o objetivo de atingir os indicadores de desempenho estabelecidos no Contrato de Concessão, sendo esses indicadores apurados diariamente, com seus resultados acompanhados e fiscalizados pelo Poder Público. A manutenção preventiva ou corretiva pode também indicar a necessidade de troca de tecnologia ou expansões no sistema, o que tem que ser negociado com o Poder Público.

Identificados os insumos necessários ao planejamento e controle da operação e à manutenção preventiva e corretiva, as seguintes etapas logísticas devem ser cumpridas para garantir recursos para a prestação de serviços:

1- Previsão da demanda, 2- Processamento dos pedidos, 3- Armazenagem e movimentação interna e 4- Controle do estoque.

### **3 | ANÁLISE DOS FATORES VITAIS À DISPONIBILIDADE DOS SISTEMAS METROVIÁRIOS**

As falhas em certos componentes podem acarretar uma degradação do sistema ou em casos extremos a sua paralisação. Neste trabalho, a degradação é definida como sendo uma operação do sistema abaixo do nível aceitável de desempenho causada por problemas específicos e que são solucionados por um prazo máximo de até uma hora, ocasionando irregularidade no tráfego de trens; aumento dos intervalos praticados; pequenos e médios atrasos. Já a paralisação é definida como um grande atraso no sistema metroviário, superior a uma hora e que geralmente envolve um grande impacto negativo à sociedade, afetando diretamente a disponibilidade do sistema de transporte metroviário e prejudicando milhares de usuários. O foco deste trabalho será a identificação dos fatores capazes de causar a paralisação do sistema metroviário.

O Grupo COMET/NOVA, que é um grupo internacional de sistemas metroviários, realizou uma pesquisa entre seus integrantes, a fim de identificar os principais fatores de paralisações de um sistema metroviário, considerando a paralisação como uma ocorrência com atraso superior a uma hora. No relatório produzido constam os dados referentes ao ano de 2007. O METRÔ RIO, que é um dos integrantes do Grupo COMET/NOVA, disponibilizou o resultado desse relatório na Tabela 1.

	Infra-estrutura	Interferência de Terceiros	Outros (não discriminado)	Erro Operacional	Material Rodante	Total
América do Sul	03	01	--	--	--	04
América do Norte	01	17	03	01	01	23
Ásia	01	--	--	--	--	01
Europa	12	07	--	--	01	20
Oceania	33	11	08	02	--	54
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>36</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>02</b>	<b>102</b>

Tabela 1: Ocorrências de paralisações de sistemas metroviários

Fonte: METRÔ RIO (2008)

Aplicando Análise de Pareto aos fatores de paralisações e as ocorrências de paralisações, observa-se, na Figura 1, que o fator “infraestrutura” responde por 49% das ocorrências de paralisações e os fatores “infraestrutura” e “interferência de terceiros” juntos respondem por 84% das ocorrências de paralisações, constituindo-se, portanto, nos fatores mais relevantes responsáveis por paralisações em sistemas metroviários.

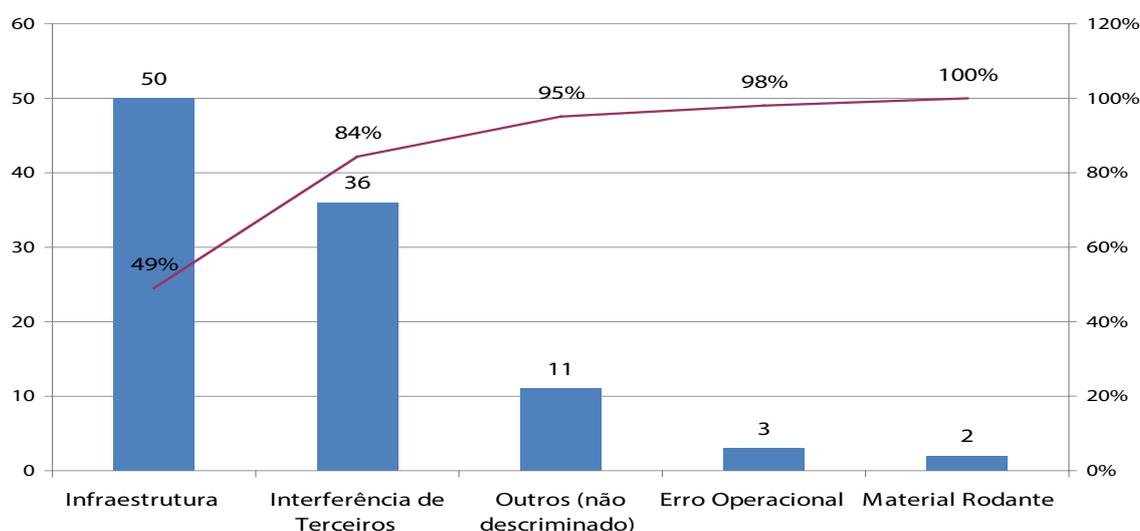


Figura1: Curva ABC dos fatores vitais à disponibilidade dos sistemas metroviários

Esses dois fatores serão detalhados nos próximos itens, priorizando dentro do fator “infraestrutura” os elementos referentes à energia, via permanente e sinalização.

### 3.1 Infraestrutura – Energia

O fornecimento de energia para um sistema metroviário pode ter diferentes concepções, porém de uma forma geral, costuma ser suprido por subestações principais de energia, que transformam e distribuem a energia para as subestações retificadoras de energia, que, por sua vez, distribuem a energia para o sistema metroviário em 2

formas: energia de tração e energia dos sistemas operacionais. A energia de tração é aquela que permite a movimentação dos trens. A energia dos sistemas operacionais alimenta todos os sistemas operacionais do sistema metroviário.

Quando ocorre uma queda de energia no sistema, os operadores do Centro de Controle atuam para identificar no menor tempo possível a causa do problema. O ideal é que o Centro de Controle possua os sistemas de controle, monitoramento e comando à distância das Subestações Retificadoras de Energia. Assim é possível identificar problemas de energia de forma rápida e simples à distância, e solucionar esses problemas com apenas um comando à distância, via Centro de Controle, sem necessidade de deslocamento e intervenção local da equipe de Manutenção, sendo possível solucionar o problema em pouco tempo, minimizando os riscos de paralisação do sistema.

### **3.2 Infraestrutura – Via Permanente**

A via permanente é o local por onde trafegam os trens, sendo composta por diversos equipamentos que são fundamentais à Operação e, conseqüentemente, à disponibilidade de um sistema metroviário. A via permanente é composta basicamente por trilhos, dormentes e AMV (Aparelhos de Mudanças de Vias).

Os dormentes têm que receber manutenção preventiva periódica, pois a quebra de uma série deles no mesmo trecho de via pode causar a paralisação da operação, em virtude da impossibilidade de realizar o tráfego de trens por esse trecho de via. Os trabalhadores da via permanente (condutores, manutenção, equipes de limpeza) devem ser treinados para relatar ao Centro de Controle qualquer tipo de alteração nos dormentes, para que a Manutenção de Via Permanente possa providenciar o mais rápido possível a troca desses dormentes.

Os AMV também são fundamentais à operação, pois neles ocorrem continuamente as alterações de rotas das composições, seja de forma automática ou manual (pelo operador do Centro de Controle). Porém, é necessário que as operadoras tenham em estoque mínimo todas as peças, equipamentos e componentes necessários para solucionar problemas desse tipo, visto que a indisponibilidade imediata desses itens fundamentais poderá acarretar a paralisação do sistema metroviário.

As etapas logísticas previsão de demanda e processamento de pedidos tem grande importância para esses itens, pois o tempo entre a compra, a entrega e a instalação física do material costuma ser muito grande. Sem as peças sobressalentes necessárias em estoque não é possível o pleno funcionamento dos AMV, ou a realização de uma substituição emergencial de uma série de dormentes no mesmo trecho de via, impossibilitando dessa forma a continuidade da Operação, causando a paralisação da prestação dos serviços.

### **3.3 Infraestrutura – Sinalização**

A sinalização tem grande importância na segurança do sistema, sendo ela a

responsável pelo controle do espaçamento entre os trens. Os sinais somente são liberados quando não existe nenhum outro trem posicionado à frente até a chegada do próximo sinal. Uma boa manutenção preventiva é fundamental para minimizar as ocorrências de problemas de sinalização.

Esses sistemas de sinalização possibilitam a segurança automática, parcial ou total, do espaçamento entre trens, sendo esses sistemas diferenciados pelos níveis de segurança em função de erros operacionais oriundos do Centro de Controle e dos condutores de trens. Com isso, a ausência de um sistema de sinalização com tecnologia avançada pode trazer riscos de acidentes, causando a paralisação do sistema metroviário.

A sinalização tem um custo logístico associado principalmente ao planejamento e controle da operação e a manutenção preventiva dos componentes do sistema. A etapa logística armazenagem e movimentação interna dos principais insumos, relacionados à sinalização, deve ser realizada com rigorosa cautela, devido à fragilidade e importância desses equipamentos.

### 3.4 Interferência de Terceiros

Existem diversos motivos de interferência de terceiros que podem causar a paralisação da operação dos metrô, como: suicídio e tentativa de suicídio; vandalismo; invasão de pessoas nas vias operacionais energizadas; objetos suspeitos abandonados; investigações policiais; assaltos; furto de cabos; crimes; e outros. Os casos mais comuns são: furto de cabos, suicídio e tentativa de suicídio.

Os metrô em elevados acima da superfície são aqueles mais vulneráveis a invasões de terceiros nas vias operacionais energizadas, principalmente quando se trata de invasão motivada para praticar furto de cabos nas vias, que podem ocasionar uma paralisação do sistema metroviário. Os tipos de cabos preferidos nos furtos são os cabos elétricos de cobre, que tem maior valor no mercado. Quando ocorre o furto de cabos em um sistema metroviário, os principais perigos de paralisação são: queda de energia e/ou a inoperância de sistemas operacionais vitais à disponibilidade da operação, como: bilhetagem das estações, telefonia dos condutores com o Centro de Controle, sinalização, CFTV e outros. A inoperância de um, ou mais, desses sistemas operacionais podem acarretar a paralisação da operação do sistema metroviário. O suicídio e a tentativa de suicídio são muito comuns em sistemas metroviários. Alguns sistemas metroviários do mundo contam (ou planejam implementar) com um sistema de proteção para impedir suicídios, como é o caso da Linha 14 do Metrô de Paris (PLATFORM SCREEN DOORS, 2012). Esse sistema, conhecido com “*Platform screen doors*”, funciona com portões de vidro automáticos, localizados entre a plataforma e a via operacional, que só abrem quando uma composição para e estaciona na plataforma, isolando qualquer tipo de contato dos usuários com as vias operacionais, eliminando riscos de acidentes e de suicídios e tentativas de suicídio.

## 4 | APLICAÇÃO NO SISTEMA METROVIÁRIO DO RIO DE JANEIRO

### 4.1 Projetos relacionados aos impactos causados pelos fatores vitais à disponibilidade da operação do Metrô Rio

Periodicamente, o Metrô Rio elabora planos de trabalho contendo diversos projetos vitais à disponibilidade da operação. Neste trabalho, foram selecionados dois tipos de planos de trabalho de acordo com os riscos analisados, sendo um plano referente à degradação do sistema e um plano referente à paralisação da operação do Metrô Rio. Os conceitos de degradação e paralisação adotados no Metrô Rio são os mesmos apresentados nesse trabalho.

Na sequência serão apresentados 4 projetos já implantados no Metrô Rio, que estão diretamente relacionados aos dois principais fatores de paralisação de sistemas metroviários identificados na pesquisa do grupo COMET/NOVA: infraestrutura e interferência de terceiros.

#### *4.1.1 Custo logístico de projeto vital à disponibilidade da operação do Metrô Rio: Infraestrutura (Energia)*

Antes da implantação desse projeto, grande parte dos incidentes que envolviam energia no Metrô Rio eram solucionados através da realização de manobras de energia, que poderiam ser realizadas via comando à distância pelos operadores do Centro de Controle, ou via atuação local nas Subestações de Energia (Principal ou Retificadora). Nesse caso, a manobra local poderia ser executada por Agentes das Estações, ou em casos complexos, somente com a atuação local da equipe de Manutenção de Energia. O projeto para implantar o sistema de comando à distância nas SSR entre as estações Pavuna a Maria da Graça foi identificado como crítico e emergencial. Com esse sistema implantado, grande parte dos incidentes de energia tiveram as causas identificadas de forma rápida e confiável, com uma velocidade de atuação e resolução dos incidentes extremamente rápida e eficiente, através de comando à distância do Centro de Controle. Dessa forma, evitou-se a demora do tempo de deslocamento dos Agentes das Estações e/ou da equipe de Manutenção até as SSR, a fim de realizar atuação local em busca da resolução do incidente de energia.

No valor total de implantação desse projeto está contemplado o custo logístico de manter, em pleno funcionamento, todos os sistemas de comando à distância das SSR, diminuindo consideravelmente os riscos de ocorrer uma paralisação da operação do Metrô Rio nos casos de incidentes de energia. Foi contratado o projeto do comando à distância das SSR entre as estações Pavuna a Maria da Graça, com o valor total do investimento para o Metrô Rio de R\$ 1.900.000,00. O custo logístico foi estimado em cerca de 20% do valor total do investimento (METRÔ RIO, 2012).

#### *4.1.2 . Custo logístico de projeto vital à disponibilidade da operação do Metrô Rio: Infraestrutura (Via Permanente)*

A via permanente é um elemento da infraestrutura de grande importância à disponibilidade da operação de qualquer sistema metroviário. O Metrô Rio elaborou um projeto de compra de sobressalentes, identificando todos os componentes de via críticos, que no caso de ausência no estoque, podem trazer riscos à disponibilidade da operação do sistema. Foram definidos e selecionados o estoque mínimo para cada um desses componentes de via, a qualidade do material, e os fornecedores mais adequados, principalmente para os componentes de via que estão em obsolescência no mercado em virtude de mudanças de tecnologias. Grande parte desses componentes de via são importados da Europa e podem demorar até 18 meses entre o prazo de compra e entrega do material. Portanto, o Metrô Rio precisa realizar um bom planejamento, mantendo em estoque suficiente os sobressalentes dos componentes de via vitais à disponibilidade da operação.

O projeto de compra de sobressalentes dos componentes de via permanente foi identificado como crítico e emergencial pelo Metrô Rio. De posse desses sobressalentes, o Metrô Rio se programou para instalar um novo componente no caso de qualquer problema nos componentes de via vitais à disponibilidade da operação, como a quebra e/ou inoperância de um desses componentes. Nesse pacote de compra de sobressalentes destacaram-se, principalmente, dois componentes do AMV, denominados “agulha” e “trilho de encosto”, que, no caso de quebra e/ou inoperância, aumenta o risco de causar a paralisação da operação.

No valor total de implantação desse projeto está contemplado o custo logístico para manter, em estoque mínimo de segurança, todos os sobressalentes dos componentes de via permanente vitais à disponibilidade da operação do Metrô Rio, diminuindo consideravelmente o risco de ocorrer paralisação da operação, nos casos de inoperância de algum desses componentes vitais. O valor total do investimento para o Metrô Rio nesse projeto foi de R\$ 1.200.000,00. O custo logístico foi estimado em cerca de 30% do valor total do investimento (METRÔ RIO, 2012).

#### *4.1.3 Custo logístico de projeto vital à disponibilidade da operação do Metrô Rio: Infraestrutura (Sinalização)*

Nas Linhas 1 e 4, através do piloto automático, o sistema de sinalização garante a segurança automática total do espaçamento entre os trens. Na Linha 2, o sistema atual de sinalização possibilitava a segurança parcial do espaçamento entre os trens, permanecendo o trecho entre as estações Pavuna a Central (Linha 2) vulnerável a qualquer tipo de falha humana, seja de origem dos operadores do Centro de Controle ou dos condutores de trens, como, por exemplo, avanço de um sinal vermelho.

Portanto, até antes da implantação desse projeto, a falha humana entre as

estações de Pavuna a Central poderia trazer riscos de provocar acidentes e colisões de trens, que, além de causar uma tragédia para a sociedade, acarretaria a paralisação da operação do Metrô Rio.

O projeto de compra de um sistema de sinalização que garantisse a segurança automática total do espaçamento entre os trens em toda a Linha 2 foi identificado como crítico e emergencial pelo Metrô Rio, sendo escolhido e contratado o sistema ATP (*Automatic Train Protection*). Esse sistema ATP garantiu a parada imediata da composição logo após a ultrapassagem involuntária de um sinal vermelho e eliminou os riscos de acidentes e colisões de trens por falha humana, seja ela motivada pelos operadores do Centro de Controle ou pelos condutores de trens. Outro benefício é que esse sistema emite um alerta ao condutor sobre a velocidade máxima permitida em cada trecho de via, e, caso o condutor não respeite essa velocidade limite, o ATP garante a parada imediata da composição.

No valor total de implantação desse projeto está contemplado o custo logístico que garantiu a segurança automática total do espaçamento entre os trens do Metrô Rio, eliminando os riscos de acidentes e colisões de trens motivadas por falha humana, e conseqüentemente, eliminando os riscos de ocorrer a paralisação da operação em virtude de uma tragédia. Nesse projeto, o valor total do investimento para o Metrô Rio foi de R\$ 27.700.000,00. O custo logístico foi estimado em cerca de 40% do valor total do investimento (METRÔ RIO, 2012).

#### *4.1.4 Custo logístico de projeto vital à disponibilidade da operação do Metrô Rio: Interferência de Terceiros*

O Metrô Rio tem um alto índice de furto de cabos na Linha 2, localizada em elevado acima da superfície, trazendo riscos de paralisação da operação. Os invasores têm dificuldade em identificar as diferenças entre os cabos elétricos de cobre e os cabos de fibra ótica, em virtude da similaridade dos mesmos. No caso de ocorrer o furto de cabos elétricos de cobre, existe a possibilidade de ocorrer um curto circuito que provoque uma queda de energia, porém essa possibilidade é muito remota em virtude da concepção do sistema de energia implantado no Metrô Rio. Porém, caso o invasor confunda os tipos de cabos e pratique o furto de cabos de fibra ótica, que alimenta o sistema de telecomunicações, existe o risco de interrupção do funcionamento de alguns sistemas vitais à disponibilidade da operação, como: sinalização, bilhetagem, CFTV, telefonia de alta frequência dos condutores e rede de Tecnologia da Informação. A inoperância de um ou mais desses sistemas traz riscos de paralisação para qualquer sistema metroviário.

O projeto para diminuir o índice de furto de cabos no Metrô Rio foi identificado como crítico e emergencial. O projeto consistiu na instalação de diversos tipos de tecnologias de segurança ao longo do trecho entre as estações de Pavuna a Maria da Graça, em posições estratégicas consideradas críticas pela análise do SATI (Setor de

Ações Táticas e de Inteligência do Metrô Rio). As tecnologias contratadas nesse Projeto incluíram as instalações de: cercas elétricas e concertinas nos muros de proteção da Linha 2; alarme de presença; maior número de câmeras nos pontos críticos.

No valor total de implantação desse projeto está contemplado o custo logístico para inibir e/ou evitar, com maior nível de segurança, as práticas ilegais de furtos de cabos, diminuindo consideravelmente os riscos de ocorrer uma paralisação da operação. O investimento para o Metrô Rio nesse projeto foi de R\$ 3.040.000,00. O custo logístico foi estimado em cerca de 35% do valor total do investimento (METRÔ RIO, 2012).

## 5 | CONCLUSÕES

Os custos logísticos envolvidos na operação de um sistema metroviário têm componentes bem característicos, que os diferenciam daqueles usualmente explorados na literatura tradicional. A adaptação do conceito do custo logístico em metrôs, sob a ótica da Concessionária, envolve os custos necessários ao pleno atendimento do planejamento e controle da operação e das manutenções preventiva e corretiva dos componentes vitais à disponibilidade do metrô.

Devido ao tempo elevado entre a compra, a entrega e a instalação de determinados componentes, o bom gerenciamento logístico é fundamental para manter sempre a disponibilidade do sistema. As operadoras devem realizar um bom planejamento de médio e longo prazo, a fim de definir quais são os componentes vitais a disponibilidade do sistema, possibilitando manter esses itens no estoque mínimo suficiente.

Os fatores vitais à disponibilidade de operação de sistemas metroviários estão, em sua maioria, relacionados a “infraestrutura” e “interferência de terceiros”, representando 84% das ocorrências de paralisações.

Nesse trabalho foram apresentados os custos logísticos de quatro projetos, relacionados aos riscos de paralisação da operação do sistema. As expectativas da Concessionária Metrô Rio ao realizar esses investimentos são, principalmente: aumentar a disponibilidade da operação do sistema, diminuir o máximo possível os riscos de paralisações e, conseqüentemente, diminuir o número de ocorrências com paralisações da operação do Metrô Rio.

## REFERÊNCIAS

Ballou, R. H. (2001) *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4.ed., São Paulo, Bookman.

Council of Supply Chain Management (2012) Disponível em: <http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>. Acesso em 24/04/2012.

Johnston, R. ; Clark, G. (2002) *Administração de Operações de Serviços*. São Paulo, Editora Atlas.

Laugen,F. P. ; Martins, P. G. (2005) *Administração da Produção*. 2.ed., São Paulo, Editora Saraiva.

Martel, A. ; Vieira, D. R. (2010) *Análise e projeto de redes logísticas*. 2.ed., São Paulo, Editora Saraiva.

Metrô Rio (2008) Relatório COMET / NOVA do ano de 2007: Distribuição de ocorrências que causaram paralisações superiores a 1 hora em sistemas metroviários do mundo.

Metrô Rio (2012) Plano de investimentos relacionados aos impactos causados pelos fatores vitais à disponibilidade da operação do Metrô do Rio de Janeiro.

What is Logistics? (2012) Disponível em: <http://www.logisticsworld.com/logistics.htm>. Acesso em 24/04/2012.

Platform Screen Doors (2012) Disponível em: <http://mic-ro.com/metro/platform-screen-doors.html>. Acesso em 03/05/2012.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água 10, 24, 29, 45, 48, 49, 50, 52, 55, 56, 58

Ambiente 4, 6, 10, 16, 19, 22, 24, 31, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 59, 75, 76

Análise de componentes principais 73, 83

Atendimento ao cliente 1, 5

### C

Cadeia de suprimentos reversa 35, 41, 42, 44, 45

Características de capacidade empreendedora 73

Construção civil 1, 2, 4, 6, 7, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 56

Cultura do açaí 22, 24, 28, 29, 31, 32

Custo logístico 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71

Custos 3, 4, 7, 39, 40, 48, 49, 50, 53, 55, 56, 61, 62, 63, 64, 71, 84

### D

Desenvolvimento regional 19, 22, 28, 31, 32

Disponibilidade 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

### E

Eficiência produtiva 9, 11

### F

Formação empreendedora 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 84

### M

Manejo do açaí 9

Melhoramento genético 22, 24, 28, 29, 31

Metrô 61, 62, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 87

### P

Preservação 16, 31, 48, 50, 51, 54

### R

Resíduos sólidos 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Reuso 48, 49, 55, 56, 57, 58

### S

Sistemas de transporte 61, 87

Sustentabilidade 9, 10, 11, 17, 18, 19, 20, 21, 39, 40, 43, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 57, 58, 59, 87

## V

Valor agregado 1, 14, 35, 39

Vantagem competitiva 1, 2, 3, 7

 **Atena**  
Editora  
**2 0 2 0**