

**FACULDADE VALE DO CRICARÉ
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO SOCIAL,
EDUCAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL.**

LUCIANO PIMENTA VALADARES

**PREVISÃO DE CURTO PRAZO DE DISPONIBILIDADE DE LOCOMOTIVAS
COMO INSTRUMENTO PARA TOMADA DE DECISÃO NA OPERAÇÃO
FERROVIÁRIA**

**SÃO MATEUS
2017**

LUCIANO PIMENTA VALADARES

**PREVISÃO DE CURTO PRAZO DE DISPONIBILIDADE DE LOCOMOTIVAS
COMO INSTRUMENTO PARA TOMADA DE DECISÃO NA OPERAÇÃO
FERROVIÁRIA**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade Vale do Cricaré para a obtenção do título de Mestre em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Regional.

Área de concentração: Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Regional.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Antonius da Costa Nunes

**SÃO MATEUS
2017**

Autorizada a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na publicação

Mestrado Profissional em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Regional

Faculdade Vale do Cricaré – São Mateus – ES

V136p

Valadares, Luciano Pimenta.

Previsão de curto prazo de disponibilidade de locomotivas como instrumento para tomada de decisão na operação ferroviária / Luciano Pimenta Valadares – São Mateus - ES, 2017.

64 f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Regional) – Faculdade Vale do Cricaré, São Mateus - ES, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Marcus Antonius da Costa Nunes.

1. Modelos matemáticos. 2. Tomada de decisão. 3. Locomotivas - disponibilidade. 4. Nunes, Marcus Antonius da Costa. I. Título.

CDD: 385.2

Sidnei Fabio da Glória Lopes, bibliotecário ES-000641/O, CRB 6ª Região – MG e ES

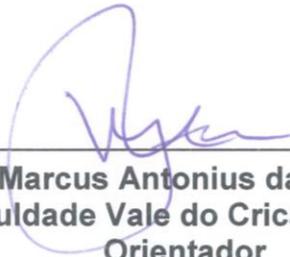
LUCIANO PIMENTA VALADARES

**PREVISÃO DE CURTO PRAZO DE DISPONIBILIDADE DE
LOCOMOTIVAS COMO INSTRUMENTO PARA TOMADA DE
DECISÃO NA OPERAÇÃO FERROVIÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Regional da Faculdade Vale do Cricaré (FVC), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Regional, na área de concentração Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Regional.

Aprovado em 15 de dezembro de 2017.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcus Antonius da Costa Nunes
Faculdade Vale do Cricaré (FVC)
Orientador



Prof. Dr. José Geraldo Ferreira da Silva
Faculdade Vale do Cricaré (FVC)



Prof. Dr. Werley Gomes Facco
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)

À Deus nosso Pai, que guiou os meus passos, me deu direção e sabedoria. À minha mãe que mesmo do céu sempre esteve comigo na caminhada. E a todos aos meus familiares e amigos que acreditaram no meu sonho.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que em minhas longas conversas em silêncio com Ele, sempre esteve ao meu lado mesmo quando eu não o ouvia, não por ele ter parado de falar, mas por eu não estar ouvindo.

Agradeço também a minha mãe Terezinha, que desde pequeno me mostrou que não existia outro jeito de prosperar na vida a não ser pela perseverança e família. Por falar em família, agradeço a minha linda esposa Thaís: amiga, companheira, conselheira e em muitos momentos da jornada, psicóloga. Também a minha princesa Cecília, que mesmo aos três anos de idade, sempre entendeu que o papai não estava com ela em alguns sábados, mas que não parava de pensar nela e na mamãe por um segundo sequer.

Agradeço aos meus familiares e em especial ao meu pai e meu irmão, que me garantiram a tranquilidade financeira para essa aventura, sempre dizendo: “vai em frente, se der algo errado deixa com a gente”.

Agradeço aos meus amigos que entenderam que eu estaria meio distante nesse período e nunca deixaram de me apoiar e entender a ausência.

Não posso deixar de agradecer também ao grupo da Serra: Rogério Benjamim, Selma Damasceno e Glória Nunes, parceiros de viagens longas entre Serra e São Mateus, que entre boas gargalhadas, discussões, não concordâncias, concordâncias, cochiladas, os “*bóra que dá tempo*”, mensagens de *WhatsApp* e tudo que envolvia nossas viagens. Agradeço muito a eles, sabendo que se eles não estivessem comigo eu concluiria o mestrado, mas não seria tão divertido, e ganhar bons amigos é sempre lucrativo.

Agradeço aos colegas de sala, que na minha opinião são todos doidos (inclusive eu), e que sorte a minha, gosto de doidos e por isso só tenho a dizer a eles que tenham muita sorte e prosperidade na vida, e espero sinceramente que nos encontremos novamente nos caminhos da vida.

Ao meu orientador Marcos Antonius da Costa Nunes, o “Marcão”, pela confiança no que eu estava escrevendo, desde quando ainda era só uma ideia.

Por último, gostaria de agradecer a todos aqueles que em algum momento da minha empolgação de ser o primeiro da família a ser mestre, disseram-me “para que isso, você é doido”. Obrigado! Tudo o que eu precisava ouvir naquele momento era isso, e saber que doidos são os que pensam em mudar o mundo com suas ações e vontade de que tudo pode ser melhor.

Obrigado a todos que acharam que eu era doido por estudar a duzentos quilômetros de casa, mas o resultado é que chegamos lá.

Um grande abraço a todos!

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar onde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz.”

Bill Gates

RESUMO

VALADARES, L. P. **Previsão de Curto Prazo de Disponibilidade de Locomotivas como Instrumento para Tomada de Decisão na Operação Ferroviária.** 2017. XXX. Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-graduação em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Regional. Faculdade Vale do Cricaré, São Mateus, 2017.

A necessidade de cada vez mais diminuir custos, obriga as empresas a buscarem cada vez mais a otimização de seus recursos e a usar o máximo da capacidade dos mesmos. O transporte nesse caso é um dos entraves na questão dos custos, pois sendo bem-feito ajuda a reduzir o custo, mas se usado de maneira errada pode inviabilizar negócios. Prever a disponibilidade de ativos para realizar tal transporte nesse contexto é imprescindível. Muitos modelos de previsão são facilmente encontrados nas literaturas sobre previsões, mas é impossível que elas se adaptem a todas as situações de todas as empresas, forçando assim que cada uma acabe criando novas previsões, seja através de combinações de equações conhecidas ou mesmo com novos elementos dependendo do seguimento do negócio ao qual opera. Assim, o presente estudo busca identificar um modelo de previsão de curto prazo de disponibilidade de locomotivas para transporte de cargas para tomada de decisões operacionais, através da pesquisa do tempo de transito nas atividades de transporte que envolvem as locomotivas da Estrada de Ferro Vitória à Minas. A Estrada de Ferro Vitória à Minas, é a ferrovia mais eficiente do Brasil segundo a empresa que a opera. O modelo apresentado leva em conta a estatística como base para as previsões de locomotivas para transporte. A conclusão que se busca é saber se é possível ou não, que uma equação satisfaça de maneira assertiva, uma previsão de disponibilidade de locomotivas no curto prazo para a tomada de decisão na operação ferroviária.

Palavras-chave: Previsão de Disponibilidade de Locomotivas – Modelos Matemáticos – Tomada de Decisão Operacional

ABSTRACT

VALADARES, L. P. **Short Term Prediction of Availability of Locomotives as an Instrument for Decision Making in Railway Operation.** 2017. XXX. Dissertation (Professional Master's Degree) - Postgraduate Program in Social Management, Education and Regional Development. Faculty of Cricaré Valley, São Mateus, 2017.

The need to increasingly reduce costs, forces companies to increasingly seek the optimization of their resources and to make the most of their capacity. Transportation in this case is one of the barriers to cost, because being well-done helps reduce the cost, but if used in the wrong way can make business unfeasible. Predicting the availability of assets to perform such transportation in this context is imperative. Many forecasting models are easily found in prediction literatures, but it is impossible for them to adapt to every business situation, forcing each one to create new predictions, either through combinations of known equations or even with new elements depending on the follow-up of the business to which it operates. Thus, the present study seeks to demonstrate a short-term prediction model for the availability of locomotives to transport cargoes for operational decision-making, through a thorough search of the transit time in the transport activities involving the locomotives of the Vitória Railway to Minas Gerais. The Vitória-Minas Railway is the most efficient railroad in Brazil according to the company that operates it. The model presented takes into account the statistics as the basis for the predictions of locomotives for transportation. The conclusion to be reached is whether or not it is possible for an equation to assertively satisfy a forecast of the availability of locomotives in the short term for decision making in the railway operation.

Keywords: Locomotive Availability Forecast - Mathematical Models - Operational Decision Making

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Fluxo genérico de atividades das locomotivas em transito | 31 |
| Figura 2 - Mapa do traçado da EFVM..... | 32 |
| Figura 3 - Percentual por tipo de trem que circulam na EFVM | 42 |
| Figura 4 - Distribuição das classes de trens no período pesquisado..... | 43 |
| Figura 5 - Tempo (horas) médio de transito das locomotivas quando em trem | 48 |
| Figura 6 – Gráfico de dispersão versus média (horas) da classe M..... | 49 |
| Figura 7 – Gráfico de dispersão versus média (horas) da classe K..... | 49 |
| Figura 8 – Gráfico de dispersão versus média (horas) da classe C | 50 |
| Figura 9 – Gráfico de dispersão versus média (horas) da classe J | 50 |
| Figura 10 – Gráfico de dispersão versus média (horas) da classe K | 51 |
| Figura 11 - Histórico dos tempos da atividade de recolhimento de locomotivas | 52 |
| Figura 12 - Histograma de frequência de recolhimento | 53 |
| Figura 13 - Histórico de tempos na atividade de fila para abastecimento..... | 53 |
| Figura 14 - Histograma de frequência do tempo de fila para o abastecimento..... | 54 |
| Figura 15 - Histórico de Tempos na atividade de abastecimento..... | 55 |
| Figura 16 - Tempos (horas) médios das atividades das locomotivas no pátio de VTU | 55 |
| Figura 17 - Previsão versus realizado da disponibilidade entre janeiro e dezembro de 2017 | 57 |
| Figura 18 - Resultados aplicados ao modelo proposto para a EFVM / mês..... | 57 |
| Figura 19 - Perfil dos entrevistados na pesquisa complementar | 58 |
| Figura 20 - Assertividade ótima segundo os entrevistados | 59 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Comparativo das matrizes de transporte em diversas regiões | 25 |
| Tabela 2 - Principais cargas transportadas por ferrovias no Brasil / 2016..... | 25 |
| Tabela 3 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe M..... | 44 |
| Tabela 4 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe K..... | 45 |
| Tabela 5 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe C | 46 |
| Tabela 6 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe D | 46 |
| Tabela 7 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe J | 47 |

LISTA DE EQUAÇÕES

| |
|---|
| Equação 1 – Equação adaptada do modelo de Média Móvel Simples para a EFVM... 29 |
| Equação 2 – Equação adaptada do modelo de Média Móvel Simples para a EFVM... 30 |
| Equação 3 – Tempo (horas) total das atividades das locomotivas em VTU 56 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ABRAMAN | Associação Brasileira de Manutenção |
| ANS | Acordo de Nível de Serviço |
| ANTT | Agencia Nacional de Transporte Terrestre |
| CCO | Centro de Controle Operacional |
| CNT | Confederação Nacional dos Transportes |
| CVRD | Companhia Vale do Rio Doce |
| DF | Disponibilidade Física |
| EFVM | Estrada de Ferro Vitória à Minas |
| EU | União Europeia |
| GPVF | Gestão da Produção Vale Ferrovia |
| NBR | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| SIs | Sistema de Informação |
| VTU | Pátio de Manobras do Complexo de Tubarão |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 18 |
| 1.1 | Objetivo Geral | 20 |
| 1.2 | Objetivos Específicos..... | 21 |
| 1.3 | Justificativas | 21 |
| 1.4 | Formulação do Problema..... | 23 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 24 |
| 2.1 | Transporte Ferroviário | 24 |
| 2.2 | Disponibilidade Física de Locomotivas | 26 |
| 2.3 | Tomada de Decisão Operacional | 27 |
| 2.4 | Modelo de Previsão de Curto Prazo Proposto na EFVM..... | 28 |
| 2.5 | Estrada de Ferro Vitória à Minas | 31 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 34 |
| 3.1 | Definição do Problema | 34 |
| 3.2 | Estruturação do Projeto de Pesquisa..... | 34 |
| 3.2.1 | Tipo de pesquisa | 35 |
| 3.2.2 | Método de coleta dos dados..... | 35 |
| 3.2.3 | Plano de amostragem e tamanho da amostra..... | 37 |
| 3.3 | Coleta das informações..... | 38 |
| 3.3.1 | Codificação..... | 39 |
| 3.3.2 | Tabulação | 39 |
| 3.4 | Análise dos Dados..... | 39 |
| 3.5 | Apresentação dos Resultados e Considerações..... | 40 |
| 4 | RESUSTADOS E ANÁLISES..... | 42 |
| 4.1 | Tempo Médio de Linha por Prefixo de Trens..... | 42 |
| 4.2 | Resultado do Tempo no Pátio | 51 |
| 4.2.1 | Atividade de Recolhimento | 52 |
| 4.2.2 | Atividade de Fila para Abastecimento..... | 53 |

| | | |
|--------------------------|--|-----------|
| 4.2.3 | Atividade de Abastecimento | 54 |
| 4.2.4 | Tempo total das atividades no pátio de VTU | 55 |
| 4.3 | Análise da Eficiência do Modelo | 56 |
| REFERÊNCIAS | | 62 |
| APÊNDICES..... | | 64 |

1 INTRODUÇÃO

Toda empresa precisa em algum momento de sua existência, tentar antecipar-se aos movimentos do mercado, seja pela demanda dos clientes, transformações da economia, movimentos da concorrência, etc., e para tanto, a matemática pode ajudar a entender tais movimentos e indicar o caminho a ser seguido.

Este estudo busca avaliar e entender como a previsão de curto prazo de disponibilidade de locomotivas, pode auxiliar na tomada de decisão operacional para atender as demandas de transporte de carga em uma ferrovia, com o auxílio de modelos matemáticos. O curto prazo nesse caso, é por que basicamente, toda a previsão a ser feita acontecerá apenas quando a locomotiva for colocada em trem, onde desencadeará toda a sequência de ações para que a previsão aconteça.

“Na logística, as principais atividades que a compõem, podem ser divididas em três grandes áreas: transporte, manutenção de estoques e processamento de pedidos” (BALLOU, 2015, p.93).

O transporte ferroviário tem a seu favor, o “baixo custo de frete em relação ao transporte rodoviário. No entanto, o modal ferroviário apresenta custos fixos muito altos por causa do custo de capital investido em via permanente, em material rodante, em equipamentos, em pátios, em terminais e em seguros, que são obrigatórios pelos contratos de concessão” (ROSA, 2011, p. 74).

“O transporte também permitiu a integração entre as cidades, o que rapidamente promoveu a urbanização, atraindo pessoas para os grandes centros que ofereciam melhores condições de emprego e vida” (FERNANDES, 2008, p.28).

O cenário desse estudo será a Estrada de Ferro Vitória à Minas (EFVM), atualmente operada pela VALE S/A, uma empresa multinacional que foi privatizada em 1997 pelo governo Fernando Henrique Cardoso, com o apelo popular pela não privatização. Tal ação se mostrou assertiva, do ponto de vista empresarial, levando em consideração que o volume de transporte e receita da empresa se multiplicam ano a ano, desenvolvendo regiões por onde atua, gerando emprego e renda em lugares remotos, além de manter uma forma de locomoção de baixo custo para as comunidades por onde passa a ferrovia, através do trem de passageiros, possibilitando o fluxo de passageiros e mercadorias transportadas por essas pessoas, fomentando o comércio popular dessas regiões. Nogueira (2012, p.5), diz que “a logística é um processo para melhorar a qualidade de vida das pessoas, quando bem praticadas”.

A finalidade da logística de transporte é facilitar o fluxo de produtos do ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, como também dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, obtendo níveis de serviço adequados aos clientes, a um custo razoável (NOGUEIRA, 2012).

Neste trabalho, a identificação da previsão de curto prazo de disponibilidade de locomotivas para o transporte ferroviário, usará dados extraídos do *transit time*¹ destas locomotivas quando em operação, o que dará uma visão do comportamento operacional no que se refere a tempo em atividade.

Em um cenário mundial onde a competitividade e a busca por redução nos custos são imprescindíveis para que uma empresa permaneça competitiva, o transporte aparece como uma ferramenta fundamental para qualquer empresa que almeja reduzir custos e aumentar sua área de atuação, seja produzindo ou distribuindo produtos e serviços, mas para isso, exercendo um bom controle sobre a produção.

¹ Transit time – Tempo de transito.

Para Slack (2006 p.230), "... o propósito do planejamento e controle é garantir que a produção ocorra eficazmente e produza produtos e serviços como deve, na quantidade adequada, no momento adequado e qualidade adequada".

Não havendo, entretanto, duas empresas iguais e nem previsões de disponibilidade iguais em nenhuma circunstância, cabe neste sentido buscar entender qual o melhor modelo de prever no curto prazo, a disponibilidade de locomotivas para transporte de carga na EFVM.

A síntese de escrever tal trabalho reside na imensa necessidade de em um país continental como o Brasil, buscar soluções de planejamento de transporte, no caso deste, o modal ferroviário, desenvolvendo assim não só regiões desassistidas, mas também as mais ricas em recursos naturais que ficam agonizantes por falta de escoamento ou mesmo de exploração para o desenvolvimento regional.

Fazendo parte da EFVM desde 1997, como funcionário, e assim poder acompanhar de perto uma das ferrovias mais dinâmicas do mundo, a relevância de tal assunto no contexto científico dar-se-á uma vez que, pelo alto custo de um país tão rico como o Brasil, que desperdiça suas riquezas em logísticas que não operam a contento, com produções inteiras sendo escoadas por rodovias que não comportam uma produção tão dinâmica e pujante, elevando assim o chamado "custo Brasil", eis que as ferrovias aparecem como um refúgio para uma cadeia produtiva mais barata e de melhor qualidade, por esse motivo, olhar para as ferrovias, mesmo com seu alto custo de implantação é necessário para que o Brasil deixe de ser o país do futuro e se torne um país do presente.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo desse estudo é compreender como se comportam em questão de tempo de deslocamento, as locomotivas que operam na EFVM,

afim de que a tomada de decisão sobre o transporte ferroviário possa ser mais assertiva quanto a sua programação.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar o tempo médio de utilização das locomotivas da EFVM quando em trens de carga, dependendo o prefixo do trem ao qual a mesma esteja executando atividade de transporte de carga.
- Determinar qual o tempo médio de execução de atividade das locomotivas quando as mesmas estão no Pátio de Manobras do Complexo de Tubarão (VTU).
- Compreender se a soma dos tempos de locomotivas quando em trem, somado ao tempo no pátio, é suficiente para que se estabeleça um padrão de previsão de tempo para locomotivas.

1.3 Justificativas

A cada viagem, as locomotivas fazem parte de composições distintas e, portanto, se faz necessário entender como cada tipo se comporta, e para tanto serão verificados todos os prefixos² de trens das principais classes³ que operam na EFVM: os Minérios (M), os Carvões (K) e os Cargueiros (J, C e D), que são as classes de trens que mais circulam na EFVM (VALE, 2017).

Identificar como se comporta a questão do tempo de cada locomotiva é importante, pois vários fatores influenciam estes números como: carga, dia da semana, horário de circulação entre outros, que poderão ser totalmente diferentes dependendo do prefixo do trem.

² Prefixo – “Caracterização de um trem, através de letras e algarismos, indicando sua categoria, classe, natureza de transporte, sentido de circulação e a ordem de sucessão em relação a outros de igual classificação” (ROF EFVM, 2017, p.141)

³ Classe de Trem – define o tipo de trem pela carga transportada (GPVF, 2015)

Segundo Buller (2012, p.44):

Entender esse tempo das locomotivas quando em trem é de total importância. A priorização de atendimento é definida durante o processamento do pedido, considerando prazos determinados pelo cliente, disponibilidade de estoque, tempo de preparação da carga e tempo de trânsito até o cliente (BULLER, 2012, p.44).

Em relação ao Pátio de VTU, é importante identificar o tempo praticado especificamente neste ponto, por se tratar de um local com alto volume de manobras, que ocorrem simultaneamente: as locomotivas que chegam de viagem em trem começam a concorrer com as locomotivas do pátio. Uma vez que as locomotivas que estavam nos trens saem escoteiras⁴, invariavelmente começam a disputar o mesmo espaço com as demais. Todas as locomotivas que estão destinados a oficina de locomotivas⁵ - que fica localizada no pátio de VTU - acabam se afunilando pois praticam as mesmas atividades: recolhimento, fila para abastecimento e abastecimento de combustível. Sendo assim, identificar este tempo das locomotivas de viagem quando no Pátio de VTU se faz relevante para tal estudo.

Estimar os tempos somados de linha e pátio das locomotivas de viagem é necessário, pois identificando-se um padrão nestes tempos, poderá ser possível ter uma projeção de quando essas locomotivas estarão disponíveis em um estado futuro, a partir do momento em que a locomotiva é anexada⁶ ao trem.

⁴ Escoteira – Denominação dada a locomotiva que trafega sozinha sem vagões.

⁵ Oficina de locomotivas – na oficina de locomotivas, além da manutenção, é onde também fica o abastecimento de locomotivas em VTU, obrigando assim, que quase toda locomotiva que chegue em VTU passe pela oficina de locomotivas, mesmo sem ter que dar manutenção.

⁶ Anexada – Nome dado ao momento em que a locomotiva é colocada em trem.

Para Buller (2012, p.21):

O tempo total é essencial de se conhecer, na gestão do desempenho, atenção especial se volta aos *lead-time*⁷, (...) uma vez que é o tempo de entrega para o cliente final que determina os tempos entre cada processo, definindo os níveis necessários de atividade e as necessidades.

1.4 Formulação do Problema

Segundo a Vale (2017), a EFVM tem 905 quilômetros de extensão e por mais que a capacidade de transporte leve em consideração em seu dimensionamento a quantidade de locomotivas necessárias para o transporte dada a demanda pelo mesmo, esta extensão ferroviária, permite que em alguns momentos as locomotivas não estejam onde deveriam, obrigando que a operação tome medidas para que este impacto seja o menor possível, e é aí que a antecipação através da previsão de curto prazo de disponibilidades atua, antecipando a visão das ações que serão necessárias para que a operação não tenha falta de disponibilidade de locomotivas.

A busca por dados de melhor qualidade e conseqüentemente de maior confiabilidade, assim com as informações que serão geradas a partir de tais dados, e ainda, o conhecimento ao qual se pode adquirir, é que poderá permitir ao operador logístico de transportes ferroviário tomar decisões mais assertivas, evitando assim o excesso ou escassez de oferta de locomotivas para transportes.

Assim, o problema de pesquisa pode ser estudado a partir da pergunta: qual a melhor forma de obter uma previsão de curto prazo de disponibilidade de locomotivas para auxiliar na decisão operacional sobre o transporte ferroviário?

⁷ Lead-time: tempo decorrido entre o início do processo até a entrega ao cliente, na sucessão de atividades para o atendimento dos pedidos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Transporte Ferroviário

Transportando cargas que em sua maioria são matérias-primas básicas para a sobrevivência humana, as ferrovias têm forte participação na economia, na região por onde passa, no país e no mundo.

Segundo Marques (1996, p.7):

As ferrovias podem ser um dos mais importantes modos de transporte terrestres, se lhes forem permitidas suas próprias metas e o exercício de suas funções específicas, pois continuam a ser o meio mais eficiente de realizar movimentos densos de mercadorias e de pessoas.

Para Nogueira (2012, p. 46-47):

Para a maioria das empresas, o transporte é a atividade logística mais importante simplesmente porque absorve, em média, de um a dois terços dos custos logísticos. É essencial, pois nenhuma empresa moderna pode operar sem providenciar a movimentação de suas matérias-primas ou de seus produtos acabados de alguma forma.

Fazendo um comparativo entre o transporte ferroviário no Brasil e em outras regiões do mundo, observa-se que no Brasil o modal de transporte mais utilizado é o rodoviário com 65,5%, a ferrovia vem logo em seguida com 19,5% de participação, por outro lado, em países como os Estados Unidos da América (EUA), o modal ferroviário chega a 38% de participação no transporte, conforme mostra a Tabela 1.

Ainda explorando a Tabela 1, observa-se que em países menores, como é o caso dos países que compõem a União Europeia (EU), as rodovias imperam como meio principal de transportes e as ferrovias alcançam apenas 11% do total transportado. Para países continentais em território como Brasil e

EUA, longas distâncias são comuns, que é o caso da China, mas como pode ser observado, na China apenas 23,5% do transporte é feito por ferrovias, tendo como principal meio de transporte a cabotagem⁸.

Tabela 1 - Comparativo das matrizes de transporte em diversas regiões

| Tabela – Comparativa das Matrizes de Transporte em Diversas Regiões | | | | |
|--|---------------|------------|-----------|--------------|
| Modal | Brasil (2008) | EUA (2008) | UE (2008) | China (2007) |
| Rodoviário | 65,5% | 28,9% | 46% | 11,2% |
| Ferroviano | 19,5% | 38% | 11% | 23,5% |
| Hidroviário | 1,77% | 6,8% | 4% | 15,4% |
| Cabotagem | 9,59% | 4,6% | 37% | 48,0% |
| Duto viário | 3,8% | 21,5% | 3% | 1,8% |
| Aéreo | 0,05% | 0,3% | 0% | 0,1% |

Fonte: Fleury (2012, p. 9)

O minério é o principal produto movimentado pelas ferrovias brasileiras, como mostrado na Tabela 2, onde das 504 milhões de toneladas transportadas em 2016, o minério de ferro representou 78,9% do volume total, seguido pelos graneis agrícolas com 9,5% do total transportado e 11,6% de outros tipos de carga (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2017).

Tabela 2 - Principais cargas transportadas por ferrovias no Brasil / 2016

| Carga | Índice |
|-------------------|---------------|
| Minério de Ferro | 78,9 |
| Graneis agrícolas | 9,5% |
| Outros | 11,6% |

Fonte: Anuário Estatístico – Ministério dos Transportes 2010 - 2016

Segundo Nogueira (2012, p. 83):

O transporte movimenta produtos de um local a outro, partindo do início da cadeia de suprimentos e chegando até o cliente. Ele exerce um papel importante em toda a cadeia de suprimentos porque os produtos raramente são fabricados e consumidos no mesmo local.

⁸ Cabotagem - transporte realizado entre portos de um mesmo país (ROSA, 2011, p.73)

Segundo Rosa (2011, p.74)

O modal ferroviário é adequado para o transporte de matérias-primas, de produtos semiacabados e acabados de médio e baixo valor agregado para trajetos de grande e média distâncias. Ele necessita de elevados investimentos em infraestrutura, em material rodante, em instalações de apoio (pátio de manobras e oficinas) e em Sistemas de Informação (SIs) e controle. Apresenta grande capacidade com baixo custo de transporte.

São cargas típicas do modal ferroviário, produtos siderúrgicos, grãos, minério de ferro, cimento e cal, adubos e fertilizantes, derivados de petróleo, calcário, carvão mineral e clínquer e contêineres (ANTT, 2017).

2.2 Disponibilidade Física de Locomotivas

Disponibilidade Física (DF), é a medida do grau em que um item estará em estado operável e confiável no determinado tempo. Para calcular a disponibilidade física faz-se pela relação entre a diferença do número total de horas de um período (horas calendário) e o número total de horas de manutenção (preventiva, corretiva, oportunidade, outras) com o número total de horas do período considerado (ABRAMAN, 2017).

Conforme a ABNT (NBR) 5462 de 1994:

... a disponibilidade consiste na capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado momento ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados.

No caso da operação de locomotivas, a disponibilidade física ocorre quando a locomotiva está disponível para operar, através de Acordos de Nível

de Serviço⁹ (ANS), nesse estudo será desconsiderado a parte da manutenção na disponibilidade física, uma vez que a quantidade de locomotivas indisponíveis não deverá exceder certo nível dimensionado, para toda locomotiva que chegar da viagem e ficar indisponível, por ANS, outra locomotiva de potência e porte semelhante deverá ser disponibilizada.

2.3 Tomada de Decisão Operacional

O planejamento logístico tem seu início a partir da demanda, ou seja, na ordem inversa de como é a lógica do fluxo de materiais (PAULA, 2012, p.43). O objetivo principal na modelagem da demanda é produzir estimativas do volume de tráfego futuro. Isso é feito substituindo os fatores (variáveis) projetados em uma data futura no modelo de estimativa. Ter uma estimativa adequada da demanda existente é um apoio importante aos que precisam tomar as decisões e também uma forma de prevenir a possibilidade de não alcançar boas soluções para os problemas existentes.

Segundo Lacombe, (2003, p.162):

O planejamento pode ser visto como a determinação da direção a ser seguida para se alcançar um resultado desejado ou como a determinação consciente de cursos de ação, isto é, dos rumos. Ele engloba decisões com base em objetivos, em fatos e na estimativa do que ocorreria em cada alternativa.

Para Slack (2006, p.233):

Se o planejamento e o controle são o processo de conciliar demanda e fornecimento, então a natureza das decisões tomadas para planejar e controlar uma operação produtiva dependerão tanto da natureza da demanda como da natureza do fornecimento nessa operação.

Chiavenato (2003, p.348) diz que:

⁹ Acordo de Nível de Serviço (ANS) – é a qualidade com que o fluxo de bens e serviços é gerenciado (BALLOU, 2015, p. 73).

A decisão é o processo de análise e escolha entre as alternativas disponíveis de cursos de ação que a pessoa deverá seguir. Toda decisão envolve seis elementos: 1 tomador de decisão; Objetivos; Preferências; Estratégia; Situação; e Resultado.

Conhecendo a demanda operacional através das previsões, então pode-se tomar as decisões mais assertivas sobre o que fazer e segundo Chiavenato (2003, p.348), “o tomador de decisão escolhe uma alternativa entre outras: se ele escolhe os meios apropriados para alcançar um determinado objetivo, sua decisão é racional”.

Ainda de acordo com Chiavenato (2003, p.349):

Toda decisão é, até certo ponto, uma acomodação, pois a alternativa escolhida jamais permite a realização completa ou perfeita dos objetivos visados, representando apenas a melhor solução encontrada naquelas circunstâncias.

Como o estudo trata de tomada de decisões de curto prazo, ou seja, decisões operacionais, as circunstâncias de momento levarão a melhor escolha. “Todo problema de decisão também apresenta aquilo que podemos chamar genericamente de dados, que nada mais são do que um conjunto de informações a partir das quais o problema deverá ser analisado” (MOREIRA, 2012, P.23).

Para tanto, ter um modelo de previsão de disponibilidade de locomotivas é fundamental em qualquer ferrovia. Chiavenato (2003, p.444), destaca que “O modelo é a representação de algo ou o padrão de algo a ser feito. É por meio do modelo que se faz representações da realidade”.

2.4 Modelo de Previsão de Curto Prazo Proposto na EFVM

Na EFVM, não havia um modelo de previsão de curto prazo para tomada de decisão operacional diária, sempre houve um modelo de dimensionamento da capacidade da ferrovia, que não é o objetivo desse estudo. Em 2013 houve

uma mudança nesse sentido, passando então a se voltar esforços para que não houvesse falhas no processo operacional de locomotivas, e que não faltasse locomotivas para o transporte de carga.

O primeiro ponto que foi abordado era a necessidade de se conhecer o tempo de ciclo das locomotivas, então sendo necessário para isso, a criação de um banco de dados denominado de TL Online, que ficaria na TL-VTU, onde os *inputs*¹⁰ de dados seriam então feitos no TL Online. Os dados eram então imputados locomotiva a locomotiva, de modo que os dados referentes a: dia do início do ciclo, classe do trem, tempo de cada atividade realizada pela locomotiva quando não estava em trem e prefixo do trem.

Os dados auferidos através do TL Online, possibilitou entender o comportamento operacional de cada locomotiva e para tanto, possibilitou a primeira proposta de previsão de disponibilidade de locomotivas no curto prazo. A proposta era que através da classe do trem, medindo-se o tempo (hora) gasto na circulação, somando-se a isso, o tempo das locomotivas no pátio de manobras de VTU. A equação podei assim ser representada conforme a Equação 1.

Equação 1 – Equação adaptada do modelo de Média Móvel Simples para a EFVM

$$PD_l = (dh_a \times C_t) + (t_{vtu})$$

Onde:

PD_l – previsão de disponibilidade de locomotivas

dh_a – data e hora da anexação da locomotiva ao trem

C_t – prefixo do trem

t_{vtu} – tempo de atividades no pátio de VTU

O modelo não se mostrou assim tão assertivo, pois não estava sendo levado em conta o destino dos trens, mas somente a classe dos mesmos, que dependendo do dia, destino e classe, podem ter tempos (horas) completamente diferentes.

¹⁰ Inputs - entradas

Diante da percepção da variável prefixo do trem, a equação foi assim reformulada e dessa vez incluindo o prefixo do trem. Com essa medida, pode-se então, verificar através da média de tempo (horas) por prefixo, a real visualização do tempo necessário para o cumprimento do ciclo de locomotivas dependendo do prefixo do trem. A equação definida ficou conforme a Equação 2.

Equação 2 – Equação adaptada do modelo de Média Móvel Simples para a EFVM

$$PD_l = (dh_a \times p_t) + t_r + t_{fab} + t_{ab}$$

$$\vdots$$

$$PD_l = (dh_a \times p_t) + (t_{vtu})$$

Onde:

PD_l – previsão de disponibilidade de locomotivas

dh_a – data e hora da anexação da locomotiva ao trem

p_t – prefixo do trem

t_{vtu} – tempo de atividades no pátio de VTU

t_r – tempo de recolhimento

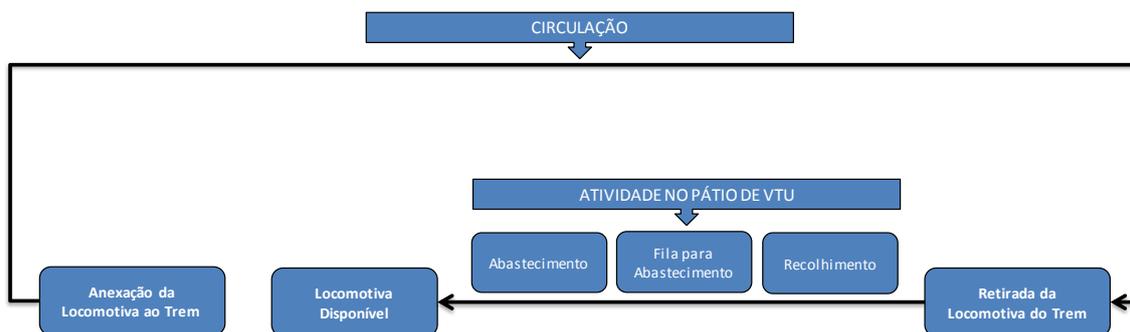
t_{fab} – tempo de fila aguardando abastecimento

t_{ab} – tempo de abastecimento

Todas equações foram talhadas com base na experimentação, por não ter sido usado nenhum modelo definido de previsão, e ainda por cada empresa ter suas peculiaridades e necessitarem de diferentes tipos de previsões.

O modelo de disponibilidade proposto envolve a aplicação dos tempos médios pesquisados, de modo que sempre que uma locomotiva for anexada ao trem, seja localizado o prefixo do trem e atribuído o tempo médio que este realiza de circulação, somando-se a isso também, o tempo de atividades no pátio de VTU. Na figura 1, está ilustrado o fluxo ao qual o modelo de previsibilidade deve ocorrer.

Figura 1 - Fluxo genérico de atividades das locomotivas em transito



Fonte: o autor

2.5 Estrada de Ferro Vitória à Minas

A EFVM é uma ferrovia brasileira que liga a cidade de Vitória no Estado do Espírito Santo à cidade de Belo Horizonte em Minas Gerais, como mostrado na Figura 3 (VALE, 2017).

Segundo Mayrink (2002, p.259):

Sua construção teve origem na segunda metade do século XIX. Em fevereiro de 1902 o Governo Federal concedeu, através de um decreto-lei, a criação da Companhia Estrada de Ferro Vitória a Minas. A ferrovia só foi inaugurada em 13 de maio de 1904, com as estações de Cariacica e Alfredo Maia, ainda com destino final em Diamantina.

A EFVM ganhou impulso após 1942 - ano de criação da Vale, então Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), sendo formada a partir dos Acordos de Washington, entre Brasil, Estados Unidos e Inglaterra. “Esses acordos políticos determinavam que a Inglaterra cedesse ao Brasil o controle das minas de ferro, os Estados Unidos comprariam o minério e auxiliariam na questão da siderurgia e o Brasil ficaria responsável pela melhoria da EFVM, responsável pelo transporte do minério para exportação” (MAYRINK, 2002, p.259).

A EFVM conta com 905 quilômetros de extensão de linha, sendo 594 quilômetros em linha dupla, correspondendo a 3,1% da malha ferroviária brasileira, como ilustrado na Figura 2. É uma das mais modernas e produtivas

ferrovias do Brasil sendo responsável pelo transporte de 40% de toda a carga ferroviária nacional (VALE, 2017).

A Ferrovia dispõe de 17.833 vagões e 321 locomotivas e transporta, atualmente, cerca de 110 milhões de toneladas por ano, das quais 80% são minério de ferro e 20% correspondem a mais de 60 diferentes tipos de produtos, tais como aço, carvão, calcário, granito, contêineres, ferro-gusa, produtos agrícolas, madeira, celulose, veículos e cargas diversas. A ferrovia tem cerca de 300 clientes (VALE, 2017).

Figura 2 - Mapa do traçado da EFVM



Fonte: VALE (2017)

O Centro de Controle Operacional (CCO), localizado em Vitória, controla todas as operações da ferrovia. Seu painel contém a representação esquemática da linha férrea, por meio da qual os operadores localizam os trens e decidem quais rotas devem seguir. O maquinista está em comunicação direta e permanente com o CCO. E, por meio de rádio, fala com estações, terminais e oficinas quando necessário (VALE, 2017).

Com o escritório-sede localizado em VTU, a EFVM, como prestadora de serviços e parceira do seu cliente, está apta a planejar, organizar e gerenciar as estratégias complexas que compõem um sistema intermodal, através de sua área comercial (VALE, 2017).

Por meio da EFVM e dos portos do Espírito Santo, a Vale permite o acesso dos produtos brasileiros ao mercado internacional em condições mais competitivas, reafirmando sua responsabilidade com o desenvolvimento econômico e social do Brasil.

3 METODOLOGIA

3.1 Definição do Problema

O problema central desta pesquisa baseia-se em encontrar os tempos praticados pelas locomotivas na EFVM, verificando a existência ou não de um padrão dos mesmos e, a partir do conhecimento destes tempos, entender se é possível criar um modelo de previsão de disponibilidade de curto prazo de locomotivas.

Segundo Crocco e Gioia (2013, p.87), “um problema é uma situação que requer algum tipo de ação. Quando os gestores precisam de informações, geralmente descrevem o problema e os tipos de informações necessárias para a tomada de decisão”.

3.2 Estruturação do Projeto de Pesquisa

Crocco e Gioia (2013, p.89), diz que “um projeto de pesquisa é definido como um mapa detalhado usado para guiar uma pesquisa até seus objetivos”. Este projeto de pesquisa está estruturado em tópicos, para que o roteiro seja sempre em direção a busca pela resposta ao problema ao qual se pretende responder.

A metodologia da pesquisa foi a da pesquisa quantitativa, onde segundo Crocco e Gioia, (2013, p.84):

[...] metodologia que tem por objetivo quantificar os dados e generalizar os resultados da amostra para a população-alvo, com base em um grande número de casos; além disso, lança mão de amostras representativas, coletas de dados estruturada e análise estatística dos dados.

3.2.1 Tipo de pesquisa

Foi realizada uma pesquisa documental, seguindo o que diz Gil (2002, p.45) “[...] a pesquisa documental vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa”.

Em razão disso, no que dizem respeito à finalidade, os métodos utilizados na pesquisa deste estudo são classificados como aplicado e metodológico. É aplicado, pois objetiva solucionar problemas específicos através da elaboração de um plano de ação e metodológica, pois está associada a caminhos, formas, maneiras, procedimentos para atingir um determinado objetivo.

No que diz respeito aos meios, a pesquisa é definida como estudo de caso e documental. Estudo de caso, pois o acompanhamento e observação da atividade ocorreram especificamente nas locomotivas que circulam na EFVM o que agregou ao estudo caráter de detalhamento e profundidade dos dados circunscritos.

Por fim, é classificada como documental devido à coleta de informações que se deu através da obtenção de dados em sistemas e softwares automatizados utilizados pela empresa.

3.2.2 Método de coleta dos dados

A coleta dos dados foi estruturada de forma a buscar diretamente dentro dos sistemas de dados operados pela EFVM, sistema de Gestão da Produção Vale (GPV¹¹) e Torre L Online – (TL Online¹²), trazendo todos esses dados para uma planilha do software Excel, onde foram tabulados, transformados em informações para ajudar a solucionar o problema da pesquisa.

¹¹ GPVF – Sistema de Informação da Gestão de Produção Vale Ferrovias.

¹² TL Online – sistema de informação logístico da supervisão da Torre L.

O procedimento para a coleta dos dados foi:

1. Dentro do sistema GPVF, foi importado para o software Excel, todos os dados referentes aos tempos de linha¹³ das locomotivas que realizaram esse tempo em viagem.
2. Já no sistema Torre L Online, foi importado para o software Excel, os tempos das locomotivas dentro do pátio de VTU, esses tempos contemplam:
 - a) o tempo entre a locomotiva ser retirada do trem e recolher ao pátio da oficina, esse tempo dentro da EFVM é conhecido como “Recolhimento de Locomotiva”.
 - b) o tempo entre a locomotiva recolher até o momento em que a mesma é posta em abastecimento de combustível, esse tempo é conhecido na EFVM como “Fila para Abastecimento”.
 - c) o tempo entre a locomotiva ser posta para abastecer e o seu efetivo termino do abastecimento, esse tempo na EFVM é conhecido, como o próprio nome diz, “Abastecimento”.
 - d) o tempo entre a locomotiva estar abastecida e a saída da mesma para o setor de pátio de formação de trem, esse tempo é conhecido como “Entrega de Locomotivas”.
3. Todos os dados importados, foram ser acompanhados de data e hora de início e fim das atividades desempenhadas das locomotivas.

¹³ Tempo de linha: refere-se ao tempo entre o momento em que a locomotiva é posta em trem até o momento em que a mesma é retirada em um pátio ferroviário parametrizado, para tanto, o pátio referência na EFVM para esse parâmetro é o pátio de VTU.

4. Foi desconsiderado o tempo em que a locomotiva ficar em manutenção na oficina de locomotivas de VTU, uma vez que a oficina via ANS, só mantém sob seu domínio a quantidade de locomotiva acordada, mantendo assim o nível de disponibilidade geral de locomotivas.
5. Dado o item anterior, embora os tempos sejam pegos individualmente em cada locomotiva, a apuração não se fixou em nenhuma locomotiva específica, mas sim na quantidade de locomotivas disponíveis, pois uma vez que a disponibilidade de locomotivas por parte da oficina é fixa, se a locomotiva der algum tipo de defeito e recolher a oficina, outra, de potência semelhante deverá ser disponibilizada imediatamente.
6. Após a importação de todos os dados, foi dado início à análise de todos os tempos individualmente, a soma de todos os tempos, que denominamos como ciclo da locomotiva, o tempo total entre ser posta em trem (anexar) e ser retirada do trem (desanexar), no pátio parametrizado de VTU.

3.2.3 Plano de amostragem e tamanho da amostra

O plano de amostragem delimitou dentro do tempo determinado, de janeiro de 2015 a dezembro de 2016, os dados coletados. Todos os dados do tempo especificado foram coletados, transformando assim a amostragem inicial, em um senso daquele período.

A EFVM opera cerca de 1800 locomotivas por mês, o censo esperado com a apuração é de que chegue a um número de 43.000 locomotivas com seus devidos tempos registrados, para que os resultados sejam os mais próximos da realidade possível.

3.3 Coleta das informações

O universo de pesquisa são as locomotivas da VALE que circulam na EFVM, com mais de 3600 HP, sendo classificadas como DASH¹⁴, DDM¹⁵ e BB-36¹⁶.

O GPVF é um sistema informatizado e interno da VALE, que gerencia os recursos de circulação da ferrovia. Dentre outras informações, mantém a formação das composições, para gestão da Operação de Trens. É neste sistema que são cadastradas e monitoradas toda a circulação da ferrovia, mas por falta de um detalhamento maior, foi criado o sistema Torre L Online, que trata dos dados sobre condições de locomotivas e registra o ciclo das locomotivas na ferrovia.

Estes sistemas geram relatórios, dos quais foram extraídas as informações para o trabalho no período de agosto de 2015 a dezembro de 2016. A escolha deste intervalo como critério de amostra foi determinada para garantir a homogeneidade dos dados e análise de eventos pontuais que impedem um melhor desempenho do objeto de estudo.

A coleta dos dados foi realizada segundo os critérios abaixo:

1. Os dados foram coletados entre janeiro de 2015 a dezembro de 2016;
2. Os dados foram coletados nos bancos de dados dos sistemas Torre L Online e GPVF.
3. A coleta foi a representação do senso do período;
4. Foi coletado dados referentes a cada uma das locomotivas e com base na identificação (prefixo) de cada trem;
5. Cada tempo de circulação das locomotivas foram coletados individualmente e condensados em meses.

¹⁴ DASH – Locomotiva diesel-elétrica fabricada pela General Eletric (GE) com 4.000 hp de potência.

¹⁵ DDM – Locomotiva diesel-elétrica fabricada pela General Motors (GM) com 3.600 hp de potência.

¹⁶ BB-36 - Locomotiva diesel-elétrica fabricada pela General Eletric (GE) com 3.600 hp de potência.

3.3.1 Codificação

O tratamento dos dados foi feito por meio da consolidação e análises dos dados registrados tanto no Sistema Torre L Online quanto no Sistema GPVF. As análises foram feitas utilizando-se basicamente ferramentas estatísticas tais como média ponderada e previsão, utilizando o software Microsoft Excel, onde foram codificados com a finalidade de facilitar a análise.

3.3.2 Tabulação

Tabulação segundo Crocco e Gioia (2013, p.89), “é o processo de contagem dos resultados das questões, podendo ser chamada também de processamento dos dados obtidos”.

Este processamento foi efetuado por computadores através de fórmulas próprias contidas na ferramenta base de análise desta pesquisa que é o software Excel.

3.4 Análise dos Dados

As análises dos dados foram realizadas com base estatística, com uso do software Excel como ferramenta, devido ao fácil manuseio e por permitir uma análise mais profunda da pesquisa quantitativa.

Para Crocco e Gioia (2013, p.90):

“[...] tais ferramentas, além de possibilitarem análises sofisticadas, facilitam muito o trabalho de tabulação, ou seja, classificação e totalização dos resultados da pesquisa, que, de outra forma, necessitaria ser feito de modo precário”.

Como todos os dados são referentes a um tempo determinado e ainda foram verificados os tempos das locomotivas quando em trem e também no

pátio de VTU, a média só será realizada quando todos os dados de um mesmo momento estiverem juntos, a fórmula estatística usada será da média móvel simples, por apresentar melhores condições para análise, uma vez que a EFVM tem um caráter cíclico, onde os trens saem vazios e retornam vazios para o porto, ou vice-versa dependendo do material e origem da carga que pode ser para importação ou exportação.

Embora o tempo definido para a análise seja determinado, não existindo assim a movimentação da média na pesquisa, esse modelo é indicado por reunir um histórico definido da classe de trens e dos tempos no pátio de VTU, período conhecido e definido e pelas análises serem feitas por prefixo, o que eleva muito a precisão do modelo.

Para Ballou (2015, p.289):

Processar dados para conseguir informações é a função básica do sistema de informações. Através da codificação, manipulação aritmética, classificação e consolidação, os dados são convertidos em informações úteis para a tomada de decisões logísticas e para feitura de relatórios.

3.5 Apresentação dos Resultados e Considerações

Os resultados são apresentados na forma de tabelas e gráficos com objetivo de facilitar a compreensão, de forma sucinta todos os valores, assim como permitir uma melhor análise dos dados encontrados.

Todos os dados foram apresentados por períodos, para uma melhor compreensão da evolução dos resultados e também devido ao grande número de informações no período.

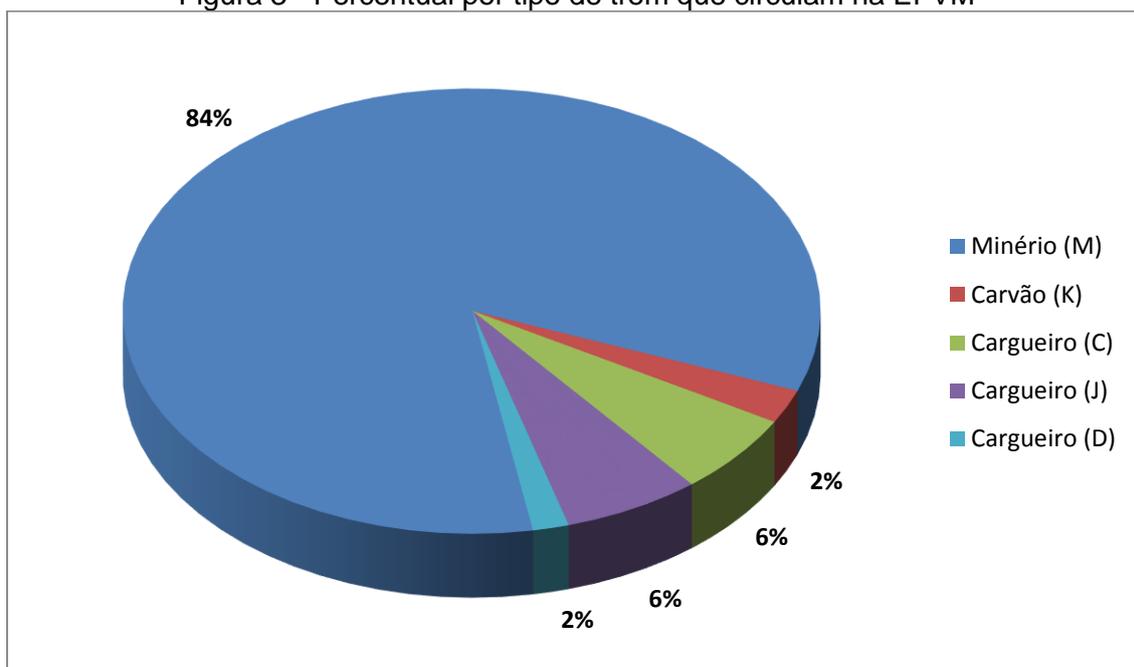
Para Ballou (2015, p. 292):

Além da simples conversão de dados numa forma mais tratável, um sistema de informações moderno também contém uma série de modelos de apoio à decisão. Esses modelos tiram informações a partir da base de dados ou por processamento e empregam-na para avaliar cursos de ação alternativos. O objetivo é fazer o sistema procurar a melhor alternativa possível.

4 RESUSTADOS E ANÁLISES

A pesquisa revelou que na EFVM, as locomotivas que transitaram no período, foram alocadas quanto a classe do trem, utilizando-se 84% das locomotivas em trens de Minério (M), trens que circulam exclusivamente para o transporte de minério, saído vazios de VTU e retornando carregados. Revelou também, que os trens de carga variada, excluindo-se, portanto, os minérios da classe M e K, representaram 14% de toda utilização de locomotivas para transporte de carga na EFVM. Mostrou ainda, que os trens da classe Minério (K), representaram apenas 2% da utilização de locomotivas. A representação gráfica dessas informações, podem ser observados na Figura 3.

Figura 3 - Percentual por tipo de trem que circulam na EFVM



Fonte: o autor.

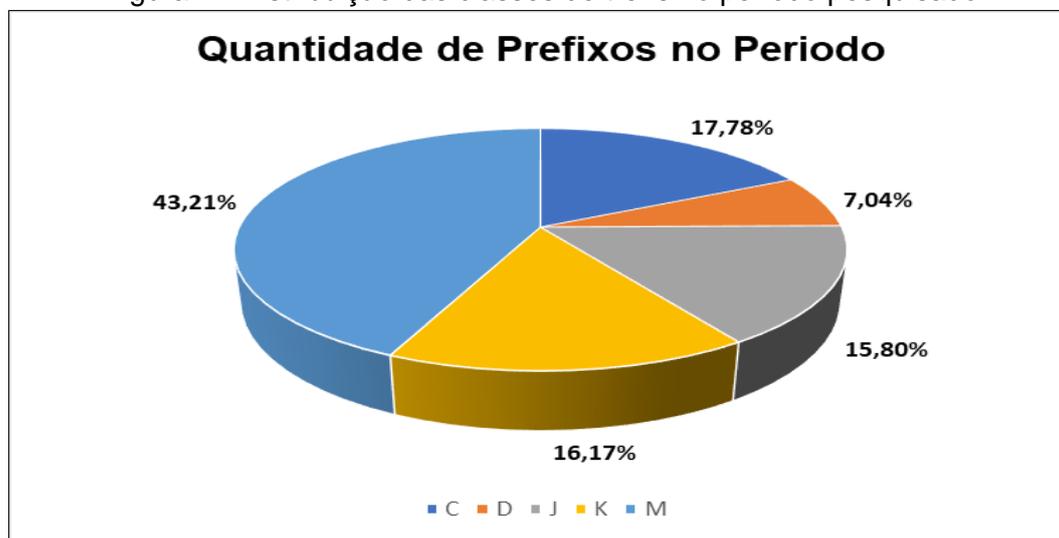
4.1 Tempo Médio de Linha por Prefixo de Trens

No período pesquisado, foram analisados 810 prefixos diferentes de trens na EFVM, onde 43,21% eram da classe Minério (M), 16,17% da classe Minério (K), 17,78% da classe Cargueiro (C), 15,80% da classe Cargueiro (J) e 7,04% da classe Cargueiro (D). como pode ser observado no Gráfico 4.1.

As classes de trens existem para que possa se diferenciar a carga de cada um, sendo: “M – trem de minério – trem cuja finalidade é o transporte de minérios; K para trens que transportam carvão mineral; C – trem com carga geral – trem com vagões diversos para transporte regular de cargas remuneradas ou não; J ” – trem de produtos agrícolas: trem que transporta produtos como soja, milho, farelo de soja, etc.; e D – trem de produtos derivados de petróleo – trem que transporta carga de derivados de petróleo” (ROF, 2017, p.95-96).

Mesmo que representando 84% da utilização das locomotivas, o trem da classe Minério (M) representa menos da metade dos prefixos encontrados, o que remete a informação de que a regularidade de destinos nos trens da classe Minério (M) é bem maior e a utilização de locomotivas também, já que como ficou evidenciado que 43,21% dos prefixos, utilizaram 84% das locomotivas no período. A Figura 4 traz a distribuição dos prefixos no período analisado.

Figura 4 - Distribuição das classes de trens no período pesquisado



Fonte: o Autor.

Para tanto, nessa parte da pesquisa, o objetivo é conhecer o tempo praticado por cada prefixo de trem, e para isso, a pesquisa retornou sobre cada um dos 810 prefixos pesquisados no período, uma média de tempo de circulação de cada prefixo na EFVM. As Tabelas 4.1 a 4.5, apresentam o tempo, em horas, de cada trem.

Tabela 3 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe M

| Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo |
|---------|-------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| M001 | 59:29 | M165 | 61:04 | M289 | 120:24 | M423 | 64:02 | M569 | 67:58 | M713 | 62:06 | M835 | 104:42 |
| M003 | 65:31 | M167 | 79:24 | M301 | 61:18 | M425 | 56:58 | M571 | 67:35 | M715 | 55:24 | M851 | 95:48 |
| M005 | 61:48 | M169 | 92:52 | M303 | 58:37 | M427 | 60:01 | M573 | 76:05 | M717 | 64:30 | M853 | 115:48 |
| M007 | 60:33 | M171 | 71:49 | M305 | 57:22 | M429 | 52:43 | M575 | 65:21 | M719 | 58:20 | M855 | 118:19 |
| M009 | 68:34 | M173 | 84:36 | M307 | 61:28 | M431 | 64:57 | M577 | 46:45 | M721 | 69:58 | M857 | 93:52 |
| M011 | 57:32 | M175 | 68:05 | M309 | 60:45 | M433 | 71:44 | M581 | 112:15 | M723 | 61:31 | M859 | 117:25 |
| M013 | 55:17 | M177 | 67:04 | M311 | 65:12 | M435 | 65:36 | M583 | 100:13 | M725 | 64:29 | M861 | 97:49 |
| M015 | 59:11 | M179 | 68:50 | M313 | 59:52 | M437 | 52:56 | M585 | 99:12 | M727 | 67:06 | M871 | 100:57 |
| M017 | 55:16 | M181 | 119:56 | M315 | 64:20 | M439 | 57:10 | M587 | 121:19 | M729 | 65:18 | M873 | 108:50 |
| M019 | 54:15 | M183 | 99:55 | M317 | 70:01 | M461 | 62:47 | M589 | 94:46 | M731 | 70:54 | M875 | 71:04 |
| M021 | 56:39 | M185 | 114:41 | M319 | 69:33 | M463 | 101:21 | M591 | 99:16 | M733 | 75:50 | M881 | 103:19 |
| M023 | 55:50 | M187 | 105:04 | M321 | 60:16 | M465 | 79:25 | M601 | 63:58 | M735 | 61:55 | M901 | 57:58 |
| M025 | 55:23 | M189 | 112:09 | M323 | 64:57 | M467 | 80:13 | M603 | 65:29 | M737 | 63:47 | M903 | 58:04 |
| M027 | 54:26 | M191 | 102:27 | M325 | 64:28 | M469 | 80:43 | M605 | 68:10 | M751 | 73:27 | M905 | 62:09 |
| M029 | 55:42 | M193 | 48:50 | M327 | 58:23 | M471 | 65:37 | M607 | 68:50 | M753 | 73:03 | M907 | 58:59 |
| M031 | 59:33 | M195 | 134:24 | M329 | 73:56 | M473 | 68:34 | M609 | 59:47 | M755 | 61:56 | M909 | 62:29 |
| M033 | 59:44 | M197 | 50:46 | M331 | 63:45 | M475 | 69:51 | M611 | 55:18 | M757 | 79:19 | M911 | 57:51 |
| M035 | 55:46 | M199 | 59:05 | M333 | 87:06 | M477 | 94:32 | M613 | 65:02 | M759 | 62:49 | M913 | 51:23 |
| M051 | 54:47 | M201 | 60:19 | M335 | 69:59 | M479 | 74:32 | M615 | 59:08 | M761 | 74:38 | M915 | 52:32 |
| M053 | 65:08 | M203 | 62:00 | M337 | 61:39 | M481 | 106:52 | M617 | 62:07 | M763 | 68:25 | M917 | 54:47 |
| M055 | 58:02 | M205 | 62:48 | M339 | 121:30 | M483 | 100:01 | M619 | 62:23 | M765 | 61:48 | M919 | 69:11 |
| M057 | 56:04 | M207 | 61:57 | M341 | 80:06 | M485 | 99:50 | M621 | 55:50 | M767 | 63:49 | M921 | 69:10 |
| M059 | 55:26 | M209 | 68:31 | M361 | 77:23 | M487 | 91:06 | M623 | 55:06 | M769 | 66:00 | M923 | 49:52 |
| M061 | 60:56 | M211 | 62:03 | M363 | 69:02 | M489 | 106:21 | M625 | 54:09 | M771 | 72:29 | M929 | 45:17 |
| M071 | 57:07 | M213 | 61:33 | M365 | 106:16 | M497 | 202:47 | M627 | 57:26 | M773 | 74:27 | M931 | 73:18 |
| M073 | 55:32 | M215 | 67:08 | M367 | 100:31 | M501 | 63:06 | M629 | 62:40 | M775 | 71:17 | M933 | 56:37 |
| M075 | 51:58 | M217 | 66:18 | M369 | 68:57 | M503 | 61:46 | M631 | 83:57 | M781 | 103:52 | M935 | 51:58 |
| M077 | 54:14 | M219 | 66:37 | M371 | 73:05 | M505 | 65:26 | M633 | 59:28 | M783 | 93:37 | M951 | 61:38 |
| M101 | 59:19 | M221 | 68:39 | M373 | 66:18 | M507 | 74:38 | M635 | 45:34 | M785 | 97:43 | M953 | 46:26 |
| M103 | 59:41 | M223 | 74:24 | M375 | 64:04 | M509 | 68:26 | M637 | 57:49 | M787 | 120:17 | M957 | 47:59 |
| M105 | 58:55 | M225 | 61:30 | M377 | 72:24 | M511 | 75:46 | M639 | 48:44 | M789 | 124:21 | M959 | 64:24 |
| M107 | 58:18 | M227 | 66:41 | M379 | 72:15 | M513 | 74:50 | M641 | 82:23 | M791 | 96:35 | M961 | 52:54 |
| M109 | 58:29 | M229 | 59:45 | M381 | 93:13 | M515 | 60:50 | M661 | 74:35 | M793 | 49:27 | M963 | 240:06 |
| M111 | 58:39 | M231 | 71:40 | M383 | 96:42 | M517 | 53:33 | M663 | 58:10 | M801 | 104:32 | M965 | 58:11 |
| M113 | 60:14 | M233 | 59:23 | M385 | 97:46 | M519 | 76:24 | M665 | 64:29 | M803 | 94:00 | M967 | 85:10 |
| M115 | 57:27 | M235 | 58:58 | M387 | 96:33 | M521 | 61:49 | M667 | 81:10 | M805 | 103:59 | M971 | 87:07 |
| M117 | 67:54 | M237 | 78:44 | M389 | 99:56 | M523 | 64:18 | M669 | 85:03 | M807 | 100:41 | M973 | 73:09 |
| M119 | 62:00 | M239 | 64:21 | M391 | 94:04 | M525 | 56:07 | M671 | 76:30 | M809 | 88:06 | M975 | 117:20 |

Continua.

Conclusão.

| Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo | Prefixo | Tempo |
|---------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|--------|---------|-------|---------|--------|---------|--------|
| M121 | 63:11 | M261 | 79:23 | M397 | 46:21 | M527 | 81:19 | M673 | 82:16 | M811 | 102:04 | M977 | 59:45 |
| M123 | 77:14 | M263 | 73:44 | M401 | 62:49 | M529 | 52:07 | M681 | 88:37 | M813 | 103:11 | M979 | 80:53 |
| M125 | 68:22 | M265 | 81:39 | M403 | 61:27 | M531 | 66:33 | M683 | 96:49 | M815 | 100:44 | M981 | 125:44 |
| M127 | 69:30 | M267 | 88:07 | M405 | 60:02 | M533 | 51:55 | M685 | 97:35 | M817 | 88:42 | M983 | 110:22 |
| M129 | 67:08 | M269 | 103:10 | M407 | 67:25 | M535 | 110:53 | M687 | 98:52 | M819 | 100:17 | M985 | 193:24 |
| M131 | 75:14 | M271 | 63:35 | M409 | 64:09 | M537 | 65:01 | M689 | 87:49 | M821 | 131:24 | M987 | 88:52 |
| M133 | 54:29 | M273 | 91:42 | M411 | 73:28 | M539 | 48:50 | M701 | 70:51 | M823 | 86:55 | M989 | 79:53 |
| M135 | 64:32 | M279 | 188:36 | M413 | 66:48 | M545 | 32:21 | M703 | 60:35 | M825 | 96:59 | M991 | 52:26 |
| M137 | 98:01 | M281 | 100:46 | M415 | 77:54 | M561 | 76:53 | M705 | 63:18 | M827 | 87:49 | M993 | 53:25 |
| M139 | 46:55 | M283 | 96:15 | M417 | 68:12 | M563 | 64:02 | M707 | 71:40 | M829 | 102:40 | M995 | 54:42 |
| M161 | 69:45 | M285 | 107:55 | M419 | 66:18 | M565 | 71:10 | M709 | 63:25 | M831 | 109:40 | M997 | 66:14 |
| M163 | 75:40 | M287 | 117:01 | M421 | 73:57 | M567 | 85:10 | M711 | 77:10 | M833 | 109:07 | M999 | 66:45 |

Fonte: o Autor

Tabela 4 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe K

| Prefixo | Tempo |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| K161 | 132:52 | K267 | 201:53 | K373 | 111:53 | K489 | 93:09 | K595 | 125:43 | K705 | 92:57 | K785 | 125:43 |
| K167 | 53:13 | K271 | 116:43 | K381 | 122:07 | K491 | 141:24 | K597 | 74:10 | K709 | 55:28 | K787 | 128:03 |
| K171 | 95:34 | K273 | 90:42 | K383 | 130:56 | K493 | 110:10 | K599 | 70:43 | K721 | 101:35 | K789 | 89:34 |
| K173 | 103:43 | K275 | 110:52 | K385 | 129:54 | K495 | 125:29 | K663 | 180:54 | K723 | 127:40 | K791 | 117:56 |
| K175 | 80:18 | K277 | 92:31 | K387 | 158:06 | K497 | 295:00 | K665 | 84:34 | K725 | 119:45 | K793 | 75:36 |
| K177 | 80:07 | K281 | 116:10 | K389 | 151:35 | K499 | 57:44 | K667 | 64:28 | K729 | 127:03 | K795 | 104:39 |
| K179 | 125:27 | K283 | 91:09 | K391 | 105:38 | K561 | 83:34 | K671 | 92:49 | K731 | 105:38 | K797 | 109:21 |
| K181 | 128:20 | K285 | 95:18 | K393 | 84:26 | K563 | 125:41 | K673 | 82:59 | K733 | 64:54 | K799 | 76:43 |
| K183 | 91:52 | K287 | 231:25 | K395 | 79:51 | K565 | 86:36 | K675 | 88:08 | K735 | 102:24 | K813 | 136:38 |
| K185 | 115:21 | K289 | 217:21 | K399 | 213:54 | K569 | 79:00 | K681 | 144:03 | K753 | 75:26 | K815 | 78:10 |
| K187 | 151:28 | K291 | 135:28 | K461 | 61:17 | K571 | 103:21 | K683 | 98:22 | K755 | 70:56 | K821 | 67:19 |
| K189 | 158:20 | K293 | 101:57 | K463 | 125:05 | K573 | 184:50 | K685 | 173:13 | K761 | 136:50 | K825 | 195:54 |
| K191 | 123:33 | K295 | 85:05 | K467 | 99:06 | K581 | 117:42 | K687 | 92:55 | K763 | 141:44 | K831 | 193:22 |
| K193 | 90:53 | K297 | 96:44 | K469 | 55:45 | K583 | 98:28 | K689 | 72:39 | K767 | 55:38 | K859 | 133:26 |
| K195 | 146:06 | K361 | 102:41 | K471 | 117:31 | K585 | 127:07 | K691 | 91:45 | K771 | 92:12 | K971 | 58:43 |
| K197 | 86:32 | K363 | 96:39 | K473 | 86:00 | K587 | 135:33 | K693 | 190:32 | K773 | 114:47 | K981 | 95:04 |
| K199 | 104:06 | K365 | 78:51 | K481 | 137:10 | K589 | 87:14 | K695 | 104:41 | K775 | 181:47 | K999 | 71:39 |
| K261 | 122:02 | K367 | 117:54 | K483 | 149:22 | K591 | 110:45 | K697 | 83:21 | K777 | 132:32 | | |
| K263 | 56:30 | K371 | 110:00 | K487 | 128:55 | K593 | 97:05 | K699 | 83:38 | K781 | 122:58 | | |

Fonte: o Autor.

Tabela 5 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe C

| Prefixo | Tempo |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| C101 | 140:16 | C199 | 373:31 | C307 | 225:48 | C411 | 143:20 | C515 | 150:51 | C617 | 135:43 | C717 | 115:24 |
| C103 | 135:52 | C201 | 141:47 | C309 | 131:15 | C415 | 142:03 | C517 | 96:11 | C619 | 105:52 | C719 | 120:54 |
| C105 | 119:31 | C203 | 87:34 | C311 | 147:01 | C417 | 127:59 | C519 | 239:17 | C643 | 74:19 | C735 | 160:22 |
| C107 | 99:52 | C205 | 130:33 | C313 | 105:31 | C419 | 201:02 | C535 | 132:52 | C659 | 105:42 | C761 | 148:09 |
| C109 | 189:06 | C207 | 172:47 | C315 | 133:47 | C435 | 123:30 | C555 | 482:36 | C661 | 174:57 | C763 | 138:25 |
| C111 | 115:22 | C209 | 145:06 | C317 | 146:54 | C441 | 143:13 | C561 | 152:18 | C663 | 117:44 | C765 | 156:06 |
| C113 | 57:02 | C211 | 145:52 | C319 | 177:19 | C443 | 107:25 | C563 | 141:23 | C665 | 171:19 | C767 | 189:45 |
| C115 | 135:56 | C215 | 129:41 | C333 | 94:19 | C461 | 142:51 | C565 | 145:27 | C667 | 103:25 | C769 | 74:12 |
| C117 | 138:30 | C217 | 103:15 | C335 | 126:59 | C463 | 144:39 | C569 | 153:20 | C681 | 214:04 | C775 | 120:01 |
| C119 | 95:06 | C219 | 90:40 | C361 | 142:30 | C465 | 146:15 | C575 | 68:08 | C685 | 155:52 | C779 | 162:53 |
| C125 | 211:56 | C261 | 159:46 | C363 | 135:15 | C467 | 156:18 | C579 | 238:23 | C689 | 138:26 | C781 | 214:38 |
| C135 | 189:32 | C263 | 144:46 | C365 | 148:47 | C469 | 93:11 | C583 | 108:23 | C693 | 173:04 | C785 | 149:12 |
| C161 | 147:09 | C265 | 135:31 | C367 | 106:26 | C485 | 137:48 | C589 | 77:44 | C695 | 43:15 | C787 | 94:18 |
| C163 | 123:24 | C267 | 104:23 | C369 | 92:33 | C489 | 192:45 | C601 | 144:51 | C697 | 103:40 | C789 | 183:38 |
| C165 | 156:48 | C275 | 63:54 | C385 | 176:41 | C501 | 144:17 | C603 | 124:33 | C701 | 112:23 | C791 | 221:57 |
| C167 | 164:30 | C281 | 125:09 | C389 | 221:34 | C503 | 166:22 | C605 | 148:17 | C703 | 131:09 | C795 | 247:35 |
| C181 | 147:06 | C289 | 142:32 | C401 | 134:25 | C505 | 151:58 | C607 | 126:43 | C705 | 126:27 | C797 | 120:41 |
| C185 | 126:03 | C291 | 131:35 | C403 | 306:30 | C507 | 146:31 | C609 | 117:05 | C707 | 91:41 | C799 | 70:42 |
| C189 | 211:41 | C301 | 130:05 | C405 | 133:18 | C509 | 141:06 | C611 | 257:46 | C709 | 209:44 | | |
| C191 | 244:02 | C303 | 126:21 | C407 | 207:40 | C511 | 172:55 | C613 | 187:10 | C711 | 160:09 | | |
| C195 | 110:42 | C305 | 132:08 | C409 | 129:20 | C513 | 105:47 | C615 | 160:23 | C715 | 134:13 | | |

Fonte: o Autor.

Tabela 6 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe D

| Prefixo | Tempo |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| D061 | 83:08 | D201 | 76:42 | D307 | 142:16 | D463 | 240:15 | D507 | 136:38 | D699 | 53:37 | D792 | 77:47 |
| D102 | 104:13 | D202 | 111:12 | D361 | 150:09 | D467 | 137:01 | D561 | 147:41 | D702 | 106:19 | D798 | 245:12 |
| D103 | 294:50 | D207 | 160:33 | D367 | 116:45 | D481 | 58:24 | D565 | 172:09 | D707 | 146:38 | D799 | 284:17 |
| D107 | 152:16 | D261 | 148:15 | D381 | 101:45 | D482 | 158:32 | D567 | 118:01 | D761 | 153:29 | | |
| D161 | 160:18 | D267 | 79:24 | D387 | 197:49 | D487 | 75:41 | D587 | 122:30 | D767 | 184:55 | | |
| D167 | 150:20 | D292 | 224:16 | D401 | 129:29 | D492 | 322:32 | D602 | 577:27 | D769 | 106:55 | | |
| D181 | 135:31 | D301 | 114:05 | D402 | 89:26 | D498 | 181:40 | D607 | 132:42 | D781 | 125:10 | | |
| D192 | 122:52 | D302 | 122:26 | D407 | 161:10 | D501 | 101:58 | D661 | 155:43 | D787 | 71:43 | | |
| D198 | 15:52 | D306 | 86:35 | D461 | 133:09 | D502 | 94:15 | D667 | 180:01 | D791 | 131:33 | | |

Fonte: o Autor.

Tabela 7 - Tempo (horas) médio de circulação do trem da classe J

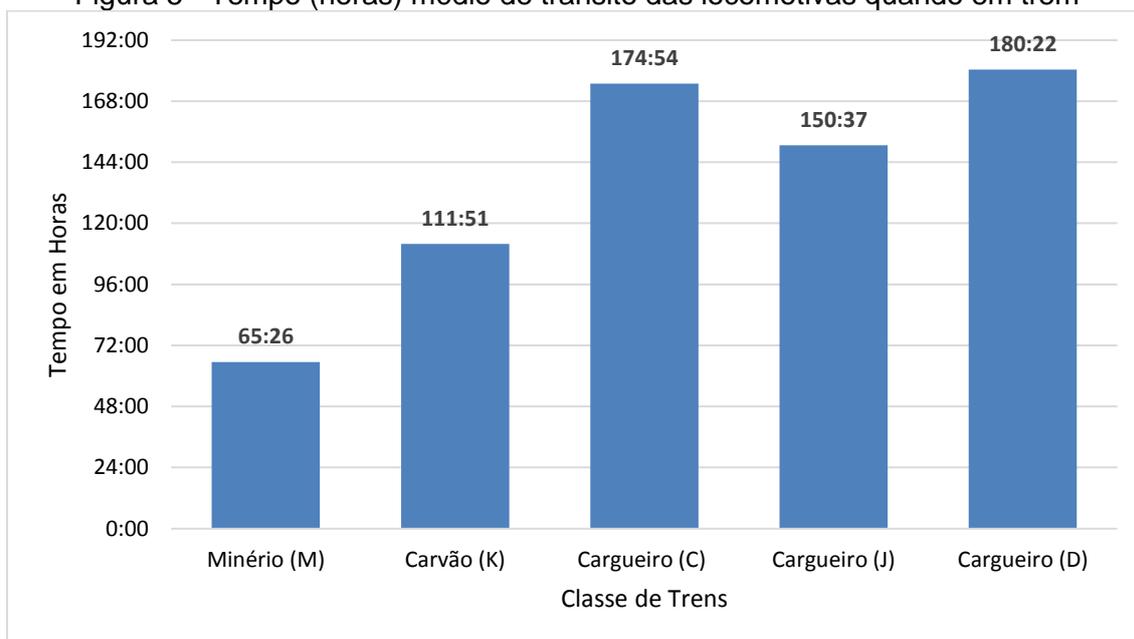
| Prefixo | Tempo |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| J101 | 137:56 | J193 | 145:10 | J287 | 62:38 | J389 | 67:13 | J515 | 125:24 | J661 | 114:16 | J763 | 83:55 |
| J103 | 140:12 | J195 | 177:38 | J289 | 109:55 | J391 | 267:19 | J521 | 141:43 | J663 | 157:43 | J765 | 135:03 |
| J105 | 150:18 | J197 | 142:22 | J291 | 56:40 | J401 | 135:49 | J535 | 108:32 | J665 | 149:50 | J767 | 187:58 |
| J107 | 120:17 | J201 | 151:32 | J297 | 94:27 | J403 | 120:30 | J561 | 143:30 | J667 | 109:49 | J769 | 181:30 |
| J109 | 113:20 | J203 | 141:55 | J299 | 328:54 | J405 | 139:12 | J563 | 194:03 | J669 | 56:21 | J781 | 271:01 |
| J111 | 50:32 | J205 | 143:10 | J301 | 126:46 | J407 | 129:36 | J565 | 183:44 | J689 | 83:48 | J785 | 72:09 |
| J113 | 143:17 | J207 | 139:04 | J303 | 125:04 | J409 | 205:26 | J567 | 113:38 | J691 | 135:13 | J787 | 242:18 |
| J115 | 158:39 | J209 | 152:40 | J305 | 121:14 | J461 | 121:11 | J571 | 53:20 | J697 | 103:00 | J797 | 880:57 |
| J117 | 214:11 | J211 | 113:59 | J307 | 133:14 | J463 | 165:16 | J581 | 108:45 | J701 | 132:43 | J799 | 68:52 |
| J121 | 72:17 | J213 | 116:46 | J309 | 120:12 | J465 | 151:20 | J585 | 148:45 | J703 | 138:59 | J881 | 82:28 |
| J131 | 145:42 | J215 | 130:38 | J315 | 160:40 | J467 | 74:15 | J593 | 78:12 | J705 | 124:43 | J903 | 107:24 |
| J135 | 61:21 | J217 | 62:28 | J317 | 86:07 | J481 | 60:26 | J597 | 130:22 | J707 | 137:55 | J907 | 107:22 |
| J161 | 157:06 | J219 | 58:03 | J321 | 52:43 | J497 | 142:38 | J599 | 266:53 | J709 | 134:22 | J909 | 55:02 |
| J163 | 132:46 | J261 | 144:05 | J361 | 136:01 | J499 | 210:24 | J601 | 126:42 | J711 | 177:34 | J997 | 104:59 |
| J165 | 141:18 | J263 | 71:23 | J363 | 93:31 | J501 | 114:58 | J603 | 137:21 | J713 | 147:39 | | |
| J167 | 103:06 | J265 | 81:21 | J365 | 272:05 | J503 | 134:46 | J605 | 125:46 | J715 | 139:56 | | |
| J169 | 87:17 | J267 | 98:21 | J367 | 132:38 | J505 | 145:16 | J607 | 116:09 | J719 | 53:27 | | |
| J181 | 140:30 | J269 | 113:10 | J369 | 164:33 | J507 | 126:57 | J609 | 119:23 | J729 | 77:46 | | |
| J185 | 210:37 | J281 | 128:02 | J383 | 104:49 | J509 | 149:31 | J611 | 105:23 | J761 | 132:01 | | |

Fonte: o Autor

Os tempos resultantes na tabela, foram extraídos pela média de trens com o mesmo prefixo que circularam na EFVM entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017.

Nas Tabelas 2 a 6, pode-se verificar a grande variação de tempo de um prefixo para outro. A variação das diferenças entre os tempos (horas) entre as classes de trens, pode ser melhor observada na figura 5.

Figura 5 - Tempo (horas) médio de transito das locomotivas quando em trem

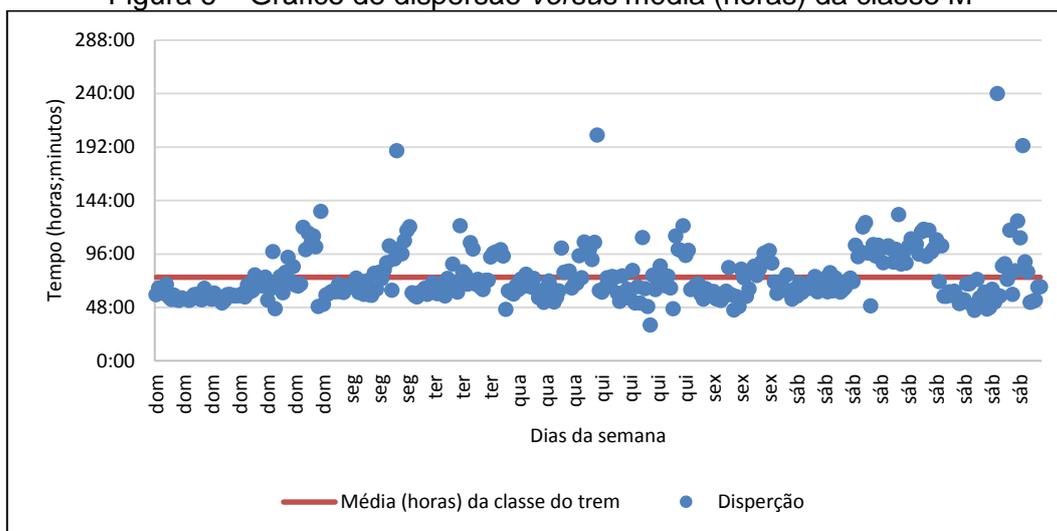


Fonte: o Autor.

É relevante salientar, que devido as grandes diferenças observadas no tempo médio das classes de trens, onde algumas locomotivas realizam o ciclo médio de tempo (entre sair e voltar a VTU) em até 65 horas e 26 minutos (2,73 dias), as com maior ciclo médio chegam a 180 horas e 22 minutos (7,52 dias). Isto é, locomotivas que circulam em trens de classe D, levam em média 2,75 vezes mais tempo para retornarem a VTU. Esse tempo está diretamente ligada ao destino do trem, carga, velocidade e manobras ao longo da ferrovia para inserção ou retirada de vagões, do comboio ferroviário.

As Figuras 6, 7, 8, 9 e 10, trazem uma relação entre os dados apresentados nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6, onde fica claro a necessidade de ter uma equação onde o prefixo de cada trem e não somente a classe do mesmo deve ser levada em consideração na média para satisfazer a equação.

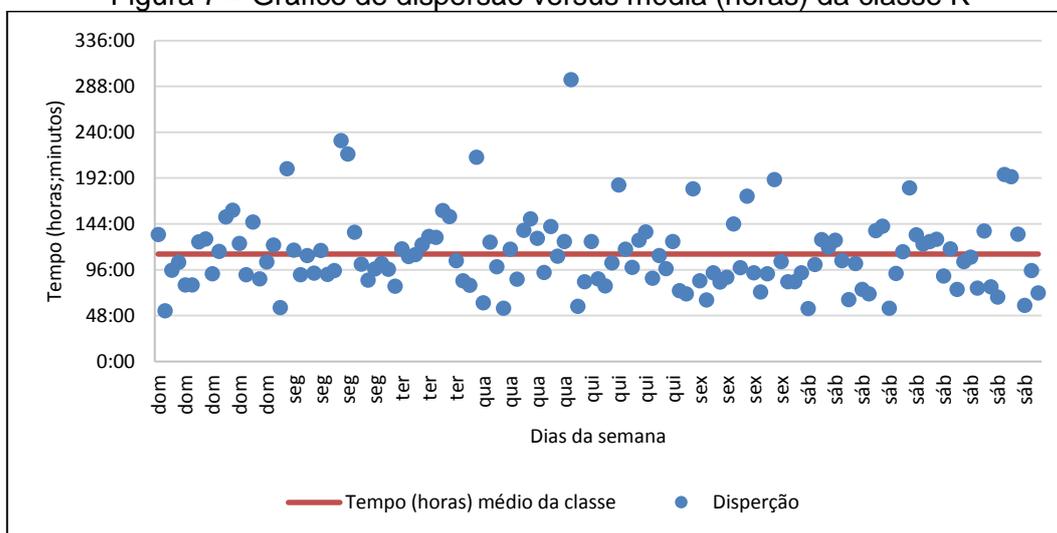
Os trens da classe M, embora tragam muitos prefixos diferentes, por conta da quantidade desses trens que circulam na EFVM, como já apresentado na Figura 4, tem pouca dispersão em relação à média da classe M, como mostra a Figura 6. Em relação aos dias da semana, a dispersão apresentada, não pode ser considerada diferentes entre os dias.

Figura 6 – Gráfico de dispersão *versus* média (horas) da classe M

Fonte: o Autor.

Os trens da classe K embora não tenham tantos prefixos diferentes, apresentam muita dispersão em relação à média de tempo (horas) da classe, mesmo com a dispersão não apresentando grande amplitude, elas são constantes. A Figura 7 mostra a dispersão em relação à média da classe K.

Figura 7 – Gráfico de dispersão versus média (horas) da classe K

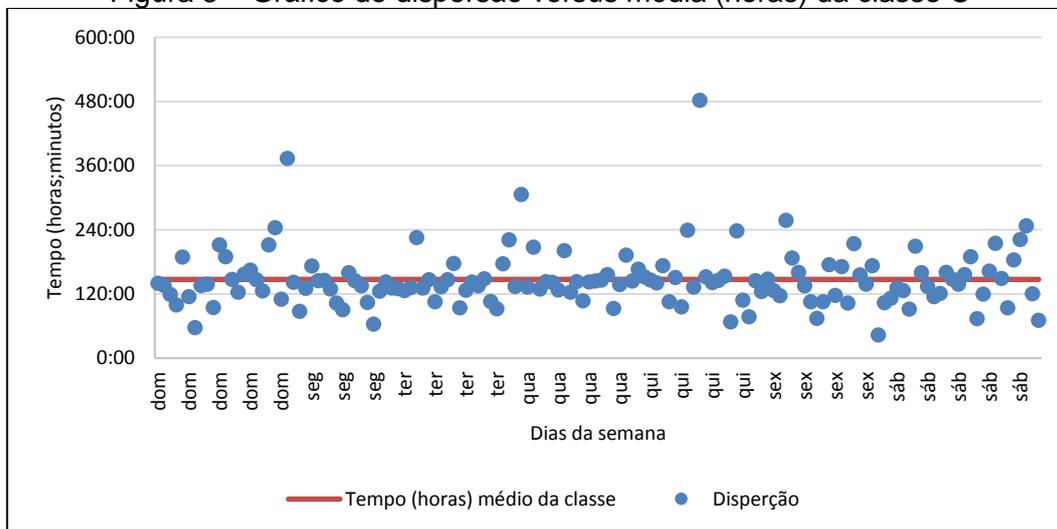


Fonte: o Autor.

Os trens da classe C também apresentaram pouca dispersão em relação a média da classe, embora seja perceptível que nas proximidades e no fim de semana, esse tipo de trem sofra mais dispersão com relação ao tempo de

circulação, poucos prefixos dessa classe, tem dispersão considerada alta, de acordo com a Figura 8.

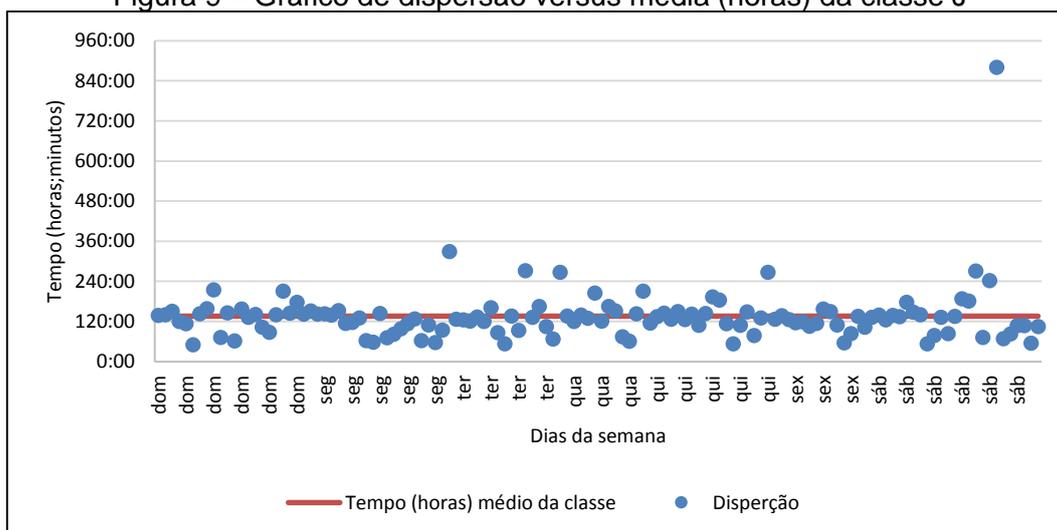
Figura 8 – Gráfico de dispersão versus média (horas) da classe C



Fonte: o Autor

Para os trens da classe J, a dispersão encontrada em relação a média, foi bem pequena, embora haja dispersão, ela não é tão significativa a ponto de que tornem os dados apurado sazonais demais.

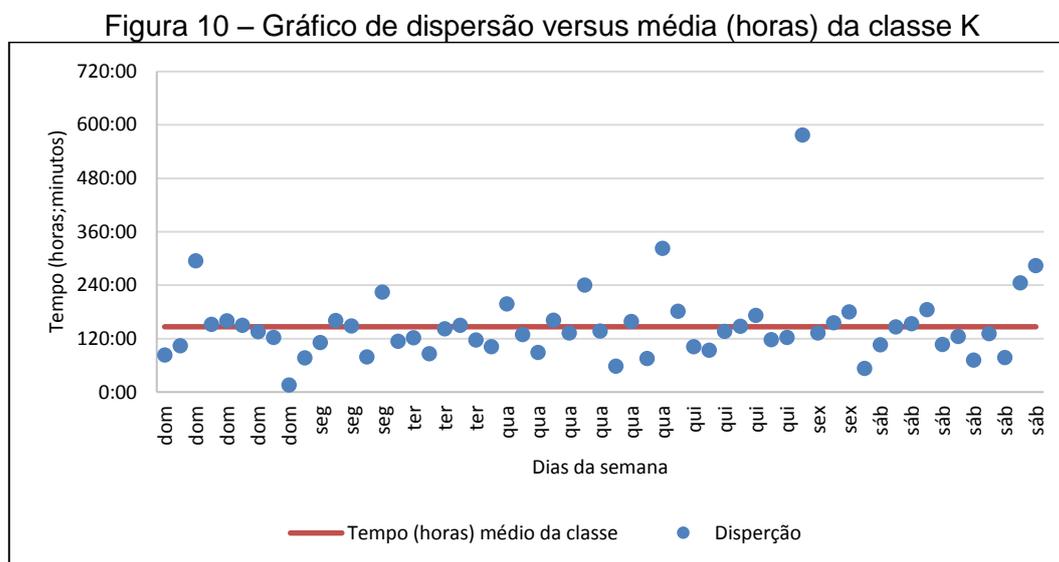
Figura 9 – Gráfico de dispersão versus média (horas) da classe J



Fonte: o Autor

Já os trens da classe J, se mostraram um tanto quanto dispersos em relação a média dos outros trens da classe, uma das explicações está no fato

de não existirem tantos prefixos diferentes para esses trens, e por não serem tão frequentes quanto os demais, a dispersão encontrada em relação a média era esperada, conforme mostra a Figura 10.



Fonte: o Autor.

As Figuras 7, 8, 9, 10 e 11, mostraram que devido a dispersão que ocorre em todas as classes de trem, tomar o tempo de circulação por prefixo, mostrados nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6, para satisfazer a equação de previsão de curto prazo para disponibilidade de locomotivas para transporte de carga foi a decisão mais assertiva.

Pode-se diante do exposto até o momento, concluir que 84% da frota de locomotivas para transporte de carga na EFVM, conforme mostra a Figura 4, tem ciclos médios de 65 horas e 26 minutos, mas que para obter uma previsão de curto prazo assertiva, os trens devem ser considerados por prefixos no modelo a ser usado.

4.2 Resultado do Tempo no Pátio

Quando as locomotivas que estavam em trem chegam ao pátio de VTU, elas deixam de estar diretamente ligadas a um trem específico, e entram em atividade recorrentes a todas as outras locomotivas do pátio.

Uma vez no pátio de VTU, as atividades que ocorrem com as locomotivas oriundas da circulação de trens, são as mesmas que ocorrem com as locomotivas de manobra quando estão em processo de recolhimento à oficina de locomotivas, e por tanto, deixam de serem estudadas quanto ao prefixo, e passam a ser estudadas por atividades executadas.

4.2.1 Atividade de Recolhimento

A atividade de recolhimento de locomotivas é a ação de desanexar uma locomotiva de um trem qualquer, até que essa locomotiva chegue no pátio secundário de manobra TL-VTU¹⁷, onde ocorre o abastecimento de diesel de locomotivas.

Essa atividade ao longo do período estudado, apresentou a seguinte curva de tempos, conforme a Figura 11.

Figura 11 - Histórico dos tempos da atividade de recolhimento de locomotivas



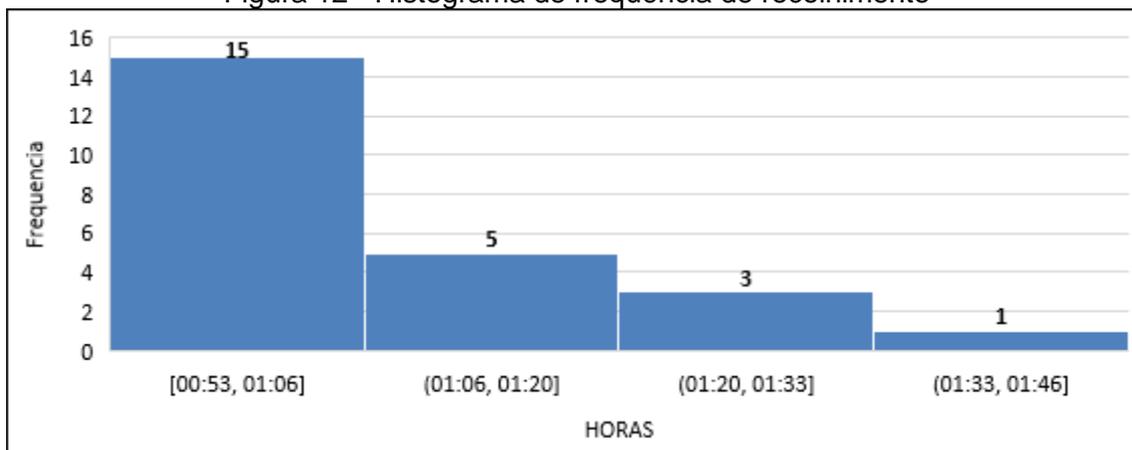
Fonte: o Autor.

A média total dos tempos da atividade de recolhimento de locomotivas ficou em 01:09 horas, observando-se picos nos meses de fevereiro, março e abril de 16 com 01:29, 01:33 e 01:32 horas respectivamente.

¹⁷ TL-VTU – pátio secundário de manobra de locomotivas.

A Figura 12 traz os dados referentes ao histograma da série, onde 15 dos 24 meses pesquisados ficaram muito próximo a média encontrada de 01 hora e 09 minutos. Essas informações tornam os dados sobre locomotivas confiáveis para que faça parte da equação para previsão de disponibilidade de locomotivas.

Figura 12 - Histograma de frequência de recolhimento

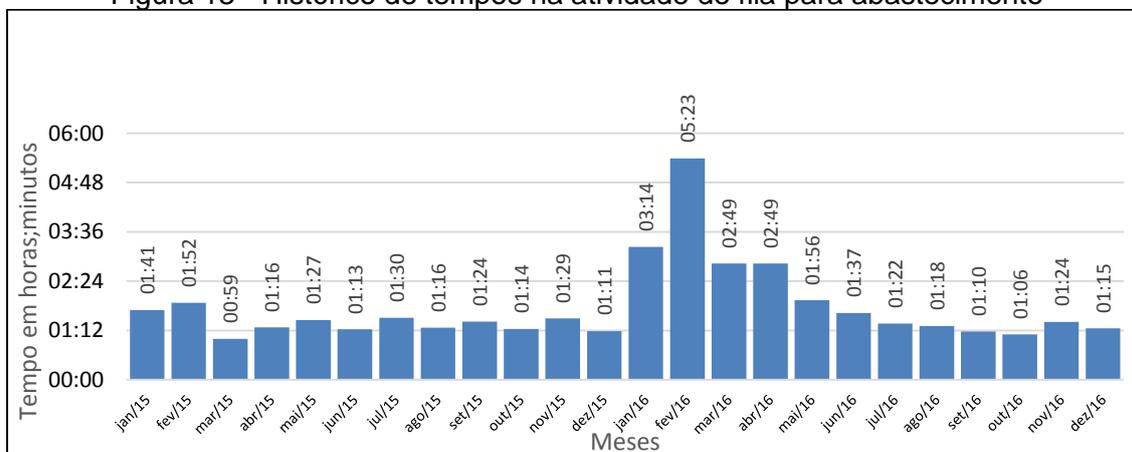


Fonte: o Autor.

4.2.2 Atividade de Fila para Abastecimento

A atividade de Fila para o Abastecimento representa o momento em que a locomotiva entra no pátio da TL-VTU até o momento em que entra em abastecimento, esse tempo médio é visualizado na Figura 13.

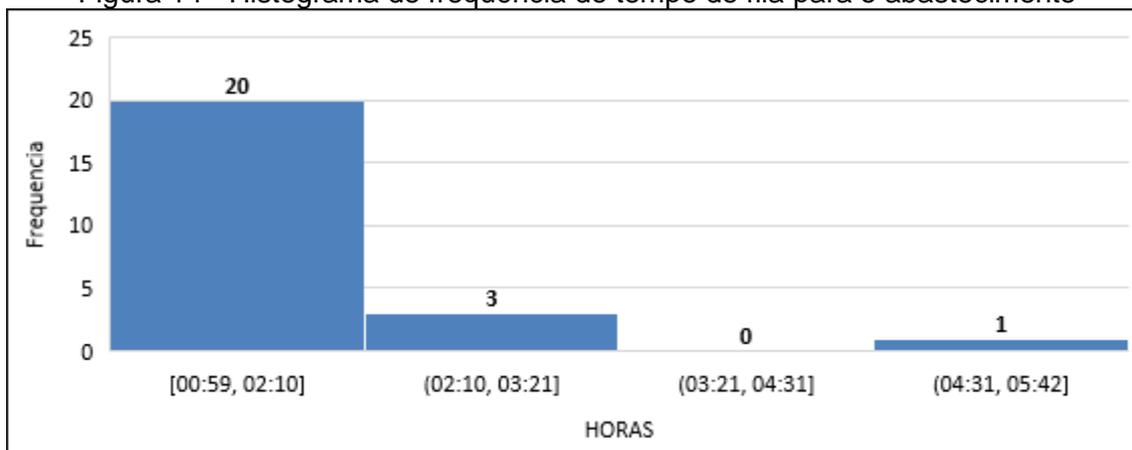
Figura 13 - Histórico de tempos na atividade de fila para abastecimento



Fonte: o Autor.

Embora a série histórica apresente um pico de tempo em fev/16 com 05 hora e 23 minutos, na média, o tempo de fila para abastecimento ficou em 01 hora e 45 minutos, o que vem a ser comprovado pela Figura 14, com o histograma de frequência da fila do abastecimento, onde 20 dos 24 meses pesquisados ficam próximo a média.

Figura 14 - Histograma de frequência do tempo de fila para o abastecimento



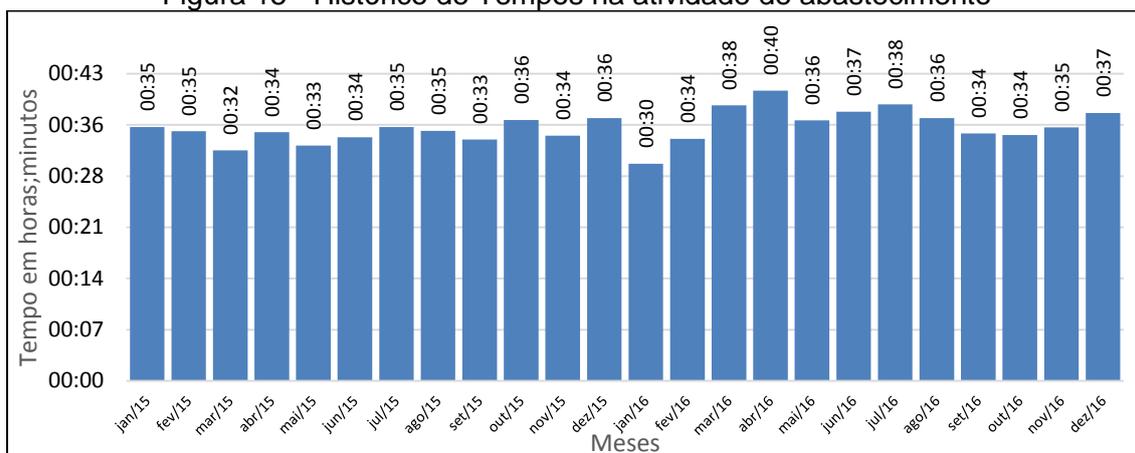
Fonte: o Autor

4.2.3 Atividade de Abastecimento

A atividade de Abastecimento é representada pelo tempo em que a locomotiva fica abastecendo de diesel, e é caracterizado pelo tempo entre a locomotiva ser entregue para o posto de abastecimento e a devida devolução pelo mesmo. A Figura 15, mostra a série histórica dos tempos registrados de abastecimento no período pesquisado.

O tempo médio apurado nos tempos de abastecimento, foi de 0:35 horas e dado a pouca variação entre os tempos apurados mês a mês, não foi necessário um histograma para identificar que a atividade de abastecimento é bem regular quanto ao tempo.

Figura 15 - Histórico de Tempos na atividade de abastecimento

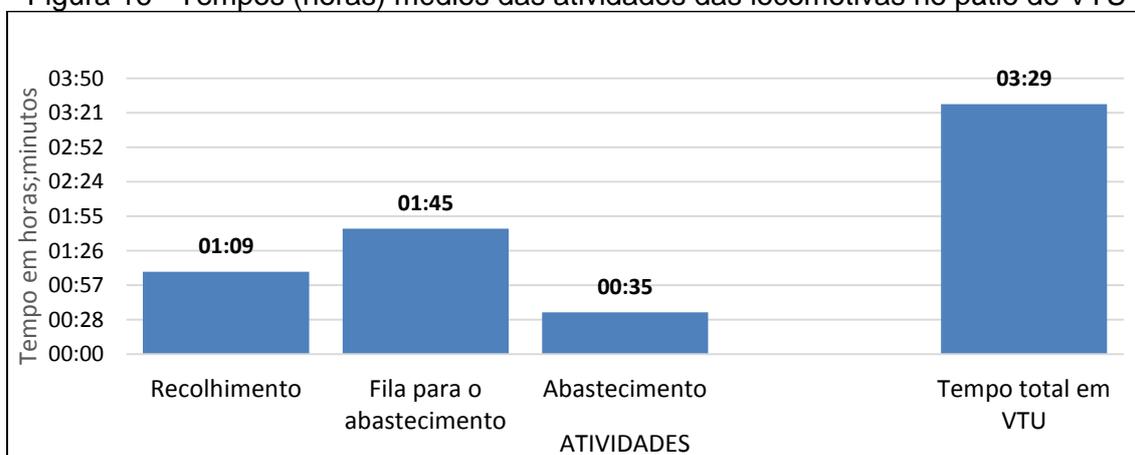


Fonte: o Autor.

4.2.4 Tempo total das atividades no pátio de VTU

Os tempos decorrentes das atividades que as locomotivas executam no pátio de VTU, podem ser observados na Figura 16, assim como também o tempo total que as somas dessas atividades executadas levam.

Figura 16 - Tempos (horas) médios das atividades das locomotivas no pátio de VTU



Fonte: o Autor.

Verifica-se que a tempo total representado no Gráfico 11, é a soma dos tempos de recolhimento, fila para abastecimento e abastecimento, como pode ser observado na Equação 3.

Equação 3 – Tempo (horas) total das atividades das locomotivas em VTU

$$t_{vtu} = t_r + t_{fab} + t_{ab}$$

Onde:

t_{vtu} – tempo de atividades no pátio de VTU

t_r – tempo de recolhimento

t_{fab} – tempo de fila aguardando abastecimento

t_{ab} – tempo de abastecimento

Resolvendo a Equação 3, os dados apurados no tempo de cada atividade no pátio de VTU teremos:

$$t_{vtu} = t_r + t_{fab} + t_{ab}$$

$$t_{vtu} = 01:09 + 01:45 + 00:34$$

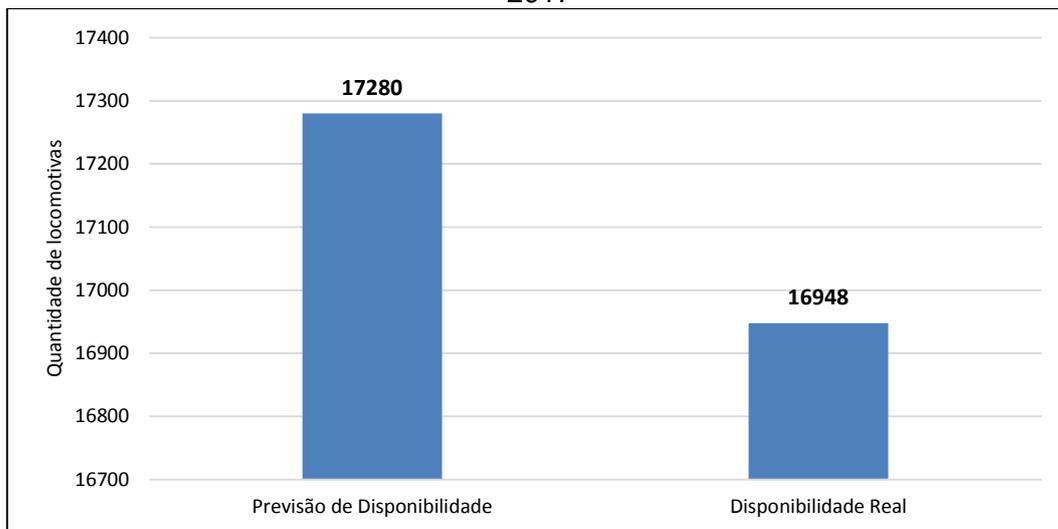
$$t_{vtu} = 03:29h \quad \text{ou} \quad 03 \text{ horas e } 29 \text{ minutos}$$

4.3 Análise da Eficiência do Modelo

Foram realizadas dezenove mil e oito previsões, das quais dezoito mil e seiscentos e quarenta e três se foram aderentes, ao longo dos dez meses de aplicação da equação proposta para a previsão de disponibilidade de locomotivas no curto prazo, conforme mostra a Figura 17.

Dividindo-se o total realizado pelo total de previsões de disponibilidade, o que pode ser comprovado é que na média, 98,08% das vezes, a previsão se mostrou aderente.

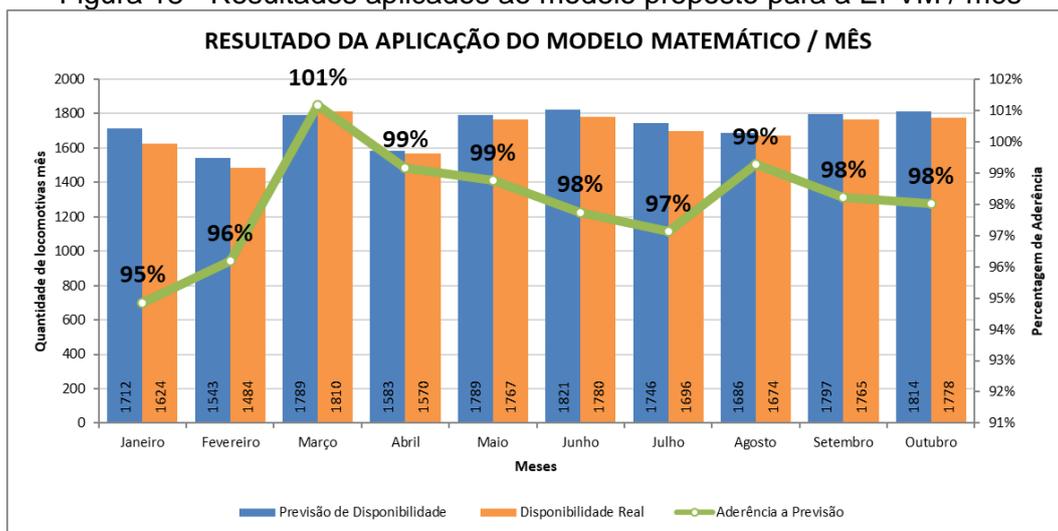
Figura 17 - Previsão versus realizado da disponibilidade entre janeiro e dezembro de 2017



Fonte: o Autor.

Já uma análise mês-a-mês, entre janeiro e outubro de 2017, pode dar uma dimensão sobre o comportamento da equação proposta feita no mês. Como para a maioria das empresas os menores períodos de apuração dos realizados em todos os setores, achamos pertinentes que tal apuração fosse feita também mês-a-mês com a previsão de disponibilidade de locomotivas no curto prazo. Os resultados retornados seguem expostos na Figura 18.

Figura 18 - Resultados aplicados ao modelo proposto para a EFVM / mês



Fonte: o Autor.

Oscilando entre um nível inferior de 95% a um nível superior de 101%, mesmo quando observado o nível mais baixo, ainda assim, a previsão se

mostra bastante confiável para uma ferrovia, onde existem muitas variáveis que podem atrapalhar tal previsão, como: manifestações na linha por populares, chuvas, quedas de barreiras, manutenções, quebras de trens entre outras.

Uma pequena pesquisa adicional, que não estava prevista, mas que teve como caráter principal, até mesmo pela sua baixa complexibilidade de perguntas conforme Apêndice A, entender na visão das pessoas que lidam diretamente com o planejamento da operação ferroviária, qual seria uma média satisfatória de aderência a uma previsão de disponibilidade de locomotivas no curto prazo.

Como mostra a Figura 19, foram ouvidos vários perfis de profissionais que fazem o planejamento operacional da EFVM. A opinião desses profissionais pesquisados é importante, pois mostra de maneira bem objetiva, o que cada um espera da operação ferroviária, a nível de previsibilidade na operação ferroviária.

Figura 19 - Perfil dos entrevistados na pesquisa complementar

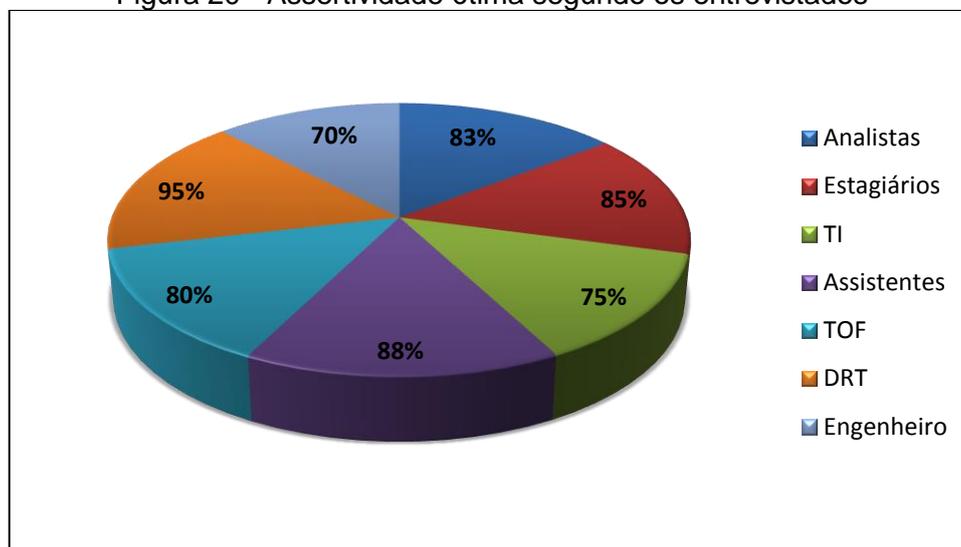


Fonte: o autor

A opinião de cada ator da operação ferroviária quanto a expectativa de aderência na previsibilidade na operação ferroviária da EFVM apurada na pesquisa, na média, foi a de que para uma boa performance na previsão, a mesma deveria ficar pelo menos em 83% de assertividade na previsão de

disponibilidade de curto prazo de locomotivas. Os resultados da pesquisa por função são mostrados na Figura 20.

Figura 20 - Assertividade ótima segundo os entrevistados



Fonte: o autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar ao final desse estudo é a de que um modelo de previsibilidade de curto prazo de disponibilidade de locomotivas, com base no seu *transit time* é perfeitamente possível, observando o seu alto índice de assertividade entre a previsão de curto prazo de disponibilidade de locomotivas e o realizado, uma vez que, a assertividade apurada no modelo proposto foi de 98,08%, e para os entrevistados do planejamento da operação ferroviária na EFVM, uma boa previsão estaria em 83% de aderência, chega-se a uma conclusão de que realmente o modelo de previsão de locomotivas na EFVM funciona.

A maior dificuldade estava em entender como funcionava o tempo de circulação da locomotiva quando estava em trem, sendo necessário separar os trens prefixo, onde foi verificado que esses fatores eram de extrema importância no entendimento do comportamento da circulação das locomotivas.

O tempo de pátio por ser sempre uma atividade constante dentro do pátio de VTU, pode ser mais facilmente entendido, uma vez que a boa definição das atividades dentro do pátio tornou mais fácil tal entendimento.

A soma de todos esses tempos, respeitando é claro, a classe dos trens ao qual as locomotivas estava, assim como o dia da semana, mostrou que um modelo baseado na estatística dos tempos de atividades das locomotivas nos transportes, é um modelo muito bom para prever a disponibilidade das locomotivas e com isso melhorar o planejamento da ferrovia e poder antecipar decisões de operação com base na previsão.

Longe de se encerrar quaisquer estudos nessa área, esse estudo não tratou de dimensionamento de capacidade de uma ferrovia, mas sim da cadeia de acontecimentos que envolvem as locomotivas a partir do momento em que elas são anexadas em um trem determinado.

A função do modelo então, nada mais é, o de se prever operacionalmente os acontecimentos diários que podem vir a atrapalhar a operação ferroviária, para tanto, não são propostas desse estudo, trazer soluções para os problemas que podem aparecer, mais sim mostrar que caso eles apareçam, a operação ferroviária não seja pega de surpresa na EFVM.

REFERÊNCIAS

ANTT – Associação Nacional dos Transportadores Terrestres. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/cargas/Ferroviano.html>>. Acessado em novembro de 2017.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção. Disponível em <<http://www.eventos.abraman.org.br/pesquisa/glossario.php>> Acessado em novembro de 2017.

BALLOU, Ronald H. Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. – 1ª ed. – São Paulo: Atlas, 2015.

BULLER, Luiz Selene. Logística empresarial – Curitiba: IESDE Brasil, 2012.

CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações - 7. ed. rev. e atual. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2003 – 6ª reimpressão

CROCCO, Luciano. GIOIA; Ricardo Marcelo. Fundamentos de Marketing: conceitos básicos – São Paulo: Saraiva, 2013.

FERNANDES, Kleber dos Santos. Logística: Fundamentos e Processos – Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2008.

LACOMBE, Francisco José Masset; HEIBORN, Gilberto. Administração: princípios e tendências. São Paulo: Saraiva, 2003.

MARQUES, Sérgio de Azevedo. Privatização do Sistema Ferroviário Brasileiro IPEA, Texto para discussão N° 434, 1996.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Disponível em: <www.transportes.gov.br> Acessado em novembro de 2017.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2ª. ed. – São Paulo: Cengage Learning, 2012.

NOGUEIRA, Amarildo de Souza. Logística Empresarial: uma visão local com pensamento globalizado. São Paulo: Atlas, 2012.

PAULA, Glávio P. Fundamentos da Logística. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2012.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.

ROSA, Rodrigo de A. Gestão de operações I. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília]: CAPES, 2011. A60p. : il.

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. – 1. ed. – 10 reimpr. – São Paulo: Atlas, 2006.

ROF. Regulamento de Operações Ferroviárias. Rio de Janeiro: VALE, 2016. rev. 1.

VALE S/A. Sobre a Vale. Disponível em: <<http://www.vale.com>>. Acesso em: 10 out. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A- QUESTIONÁRIO PARA OS PROFISSIONAIS DE PLANEJAMENTO FERROVIÁRIO

Função: _____

Questão única – Na sua opinião, dentro do planejamento ferroviário, qual a assertividade de uma previsão de disponibilidade de locomotivas para transporte ferroviário você estima que seria confortável para um bom planejamento ferroviário, em porcentagem?

