



ISSN: 2447-5580

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

PROCEDIMENTO PARA DEFINIÇÃO DE POSTOS DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAGENS COM REAPROVEITAMENTO DE JORNADAS: O CASO VLI LOGÍSTICA

MODEL FOR TRAIN CREW CHANGE WITH JOURNEY REUSE: THE VLI LOGÍSTICA APPLICATION CASE

Isaias Pereira Seraco^{1*}

1. Programa de Engenharia de Transportes COPPE – UFRJ, Centro de Tecnologia Bloco H - Sala 106, Cidade Universitária, CEP 21949-900, Rio de Janeiro, RJ. isaias.seraco@pet.coppe.ufrj.br

ARTIGO INFO.

Recebido em: 15/08/2018

Aprovado em: 27/08/2018

Disponibilizado em: 10/10/2018

PALAVRAS-CHAVE:

Equipagem; ferrovia; substituição; jornada.

KEYWORDS:

Train crew; railroad; change; journey.

Copyright © 2018, Isaias Pereira Seraco. Esta obra está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Uso.

*Autor Correspondente: Isaias Pereira Seraco. Esta obra está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Uso.

RESUMO

Os pontos onde ocorrerá a substituição das equipes responsáveis pela condução dos trens (equipagens), devem ser definidos de forma a minimizar os gastos oriundos de horas extras. Em função das características do modo ferroviário é necessário que ao longo da ferrovia sejam distribuídos postos de equipagens de maneira a possibilitar a coincidência entre a passagem das composições e o término da jornada de trabalho das equipes, viabilizando a substituição por outra que esta iniciando sua jornada. Um desequilíbrio na distribuição desses postos pode gerar encargos sobressaltados com horas extras, obrigando que as companhias construam novas instalações ou tenham que realizar as trocas em locais não previstos, gerando então, gastos ainda maiores. Em função dessa característica, esse estudo apresenta um método de definição de postos de troca de equipagens que, a partir da aplicação de um fluxograma de processos, objetiva estabelecer pontos estratégicos para a instalação de sedes de troca de equipagens buscando diminuir ao máximo a geração mensal de

Citação (APA): SERACO, I. P. (2018). Procedimento para definição de postos de substituição de equipagens e reaproveitamento de jornadas: o caso vli logística. *Brazilian Journal of Production Engineering*.

horas extras e ociosas, bem como possibilitar o reaproveitamento de jornadas em trens contrários, reduzindo dessa forma, custos decorrentes de deslocamentos rodoviários para o retorno das equipes aos postos de origem. Como desenvolvimento prático, o método foi aplicado ao trecho capixaba da ferrovia administrada pela empresa VLI Logística, possibilitando um novo modelo de troca de equipes com a redução de horas extras mensais.

ABSTRACT

The places where the train crew will be replaced should be defined in a railroad that minimizes overtime expenses. Due to the characteristics of the railway transport it is necessary that along the railroad there are stations distributed in such a way as to allow the coincidence between the passing of the compositions and the end of the working journeys of the crew, making possible the substitution by another one that is initiating its journey. An imbalance in the distribution of these stations can generate burdensome overtime burdens, forcing companies to build new facilities or have to carry out exchanges in unplanned locations, thus generating even greater expenditures. Due to this characteristic, this study presents a method for crew stations definitions, based on a flowchart of processes application, aims to establish strategic points for the installation of crew exchange offices in order to minimize the monthly generation overtime and idle hours, as well as making it possible to reuse journeys on opposite trains, thereby reducing costs resulting from road dislocations for the return of the teams to origin stations. As a practical development, the method was applied to the capixaba section of the VLI Logística railroad, allowing a new model of crew exchange with the reduction of monthly overtime.

1. INTRODUÇÃO

As empresas ferroviárias, frente à concorrência de outras modalidades de transporte, possuem uma elevada demanda por ferramentas estratégicas capazes de elevar a eficiência de suas atividades e ainda proporcionar baixos custos operacionais. Nesse sentido, estratégias de planejamento que otimizam as operações e em contrapartida diminuem os custos internos são, segundo Fuentes et al. (2015), fundamentais para que as empresas mantenham seus níveis de serviço e ainda assim disponibilizem para o mercado opções de transporte com frentes atrativos.

Os recursos humanos envolvidos na condução das composições ferroviárias, doravante equipagens, respondem, segundo Suyabatmaz e Sahin (2015), por um dos custos mais elevados inerentes à circulação dos trens. Devido aos diferentes tipos de procedimentos e das elevadas distâncias percorridas, as jornadas de trabalho das equipagens praticamente nunca coincidem com o início e o término da viagem de um trem, requerendo que ao longo da malha sejam distribuídos pontos de troca de equipagem.

Esses pontos de substituição ao longo da ferrovia são chamados de postos de equipagens, que são sedes de referência de um determinado número de equipagens, nas quais sempre se reaperentarão para o cumprimento de novas missões. Dessa forma, um desequilíbrio na alocação destes postos pode se refletir em elevados custos financeiros para a empresa, seja pelos dispêndios relativos ao pagamento de horas extras, já que, dependendo da programação de atividades do funcionário, a jornada de trabalho pode finalizar em um local distante de um posto de equipagem, e assim, a viagem deverá continuar até o ponto mais próximo; seja também em função da necessidade de deslocamentos de veículos oficiais da empresa para buscar e levar as equipagens para suas respectivas sedes originais (SANTOS, 2007).

Diante desse contexto, justifica-se o estudo e o desenvolvimento de métodos que possibilitem a alocação de postos de equipagens de maneira a mitigar tais encargos. Em consonância, esse trabalho apresenta um modelo para definição de postos de equipagens em uma malha ferroviária baseado em um fluxograma de decisão, cujo principal objetivo é proporcionar a alocação dos pontos de substituição de maneira a confluir o término das jornadas de trabalho com pontos de troca, além de possibilitar um arranjo tal que permita que as equipagens cumpram o descanso obrigatório entre jornadas de trabalho nas próprias sedes e reassumam outras composições em sentido oposto, retornando às suas sedes originais sem a necessidade de deslocamentos rodoviários. Este trabalho é constituído de uma revisão bibliográfica

realizada com intuito de embasar o estudo, apresentada na Seção 2, seguida da proposta do método, na Seção 3. Posteriormente, na Seção 4, o trecho ferroviário capixaba no qual o procedimento foi aplicado é apresentado, e, na Seção 5 seguinte, os resultados dessa aplicação são apresentados e analisados. Na Seção 6 são apresentadas as conclusões pós-aplicação do método.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A gestão das equipagens ferroviárias envolve grande investimento por parte da ferrovia, que vão desde os treinamentos, até a remuneração e a distribuição destas ao longo da ferrovia (SANTOS, 2007). Para geri-las é necessário que as empresas administrem dois aspectos principais: a legislação trabalhista relativa à categoria; e a correta distribuição das equipes em relação às várias missões programadas para a ferrovia (FERNANDES, 2012).

No que concerne à distribuição das equipes, os responsáveis pela programação dos trens devem planejar a alocação das equipagens de maneira que ao assumirem e deixarem suas jornadas de trabalho sejam evitadas ao máximo as horas extras e, em segunda instância, as ociosas. Além disso, é importante que as sedes de equipagens possibilitem que as equipes cumpram o tempo padrão de descanso entre jornadas consecutivas e reassumam outros trens neste mesmo local, evitando dessa forma custos com os deslocamentos rodoviários pós-jornadas.

Santos (2007) destaca que para o planejamento da alocação dos postos de equipagens é importante que os aspectos ligados às características do trecho ferroviário sejam cuidadosamente analisados, como por exemplo, restrições físicas, rampas íngremes, e trechos isolados. De maneira geral, os estudos sobre a gestão de equipagens são recorrentes, e, apesar de numerosos tipos de tratamento, a redução dos custos é objetivo comum entre eles (JÜTTE et al., 2017). Em Suyabatmaz e Sahin (2015), por exemplo, é desenvolvido um método que objetiva reduzir ao máximo o número de equipagens alocadas em cada posto, utilizando para tal um algoritmo *column-and-row*. Já Tian e Song (2013), focam seus estudos nas ferrovias de alta velocidade e de grande movimento, cujos diversos modelos de gestão de equipagens são modelados e aplicados a um algoritmo de otimização por colônia. Nos trabalhos de Derigs et al. (2010), é desenvolvido um sistema de apoio a decisão para o planejamento das equipagens baseado em um método Branch&Price de programação linear inteira, cuja análise se embasa na programação futura das equipagens. Em Veelenturf et al. (2012) é apresentado um modelo de

gestão que objetiva reorganizar a programação das equipes baseado na combinação de um algoritmo de geração de colunas e uma heurística Lagrangiana. Outras formas de tratamento da questão podem ser consultadas nos trabalhos de Fuentes et al. (2015); Jütte et al. (2011); e em Potthoff et al. (2010).

Outro aspecto fundamental que deve ser observado no planejamento das equipagens é a observância das leis trabalhistas que regem a categoria, visto que são elas que definem as características das jornadas de trabalho. Cada país possui sua própria legislação, o que gera certas alterações em relação aos modelos desenvolvidos. Em função disso, na subseção a seguir, será apresentada a legislação nacional pertinente ao assunto.

LEIS TRABALHISTAS

Os serviços ferroviários são regulados por meio da seção V da Consolidação das Leis Trabalhistas de 1943. O Artigo 237 define a quem suas regulamentações atingem, dentre os quais, no item C, lista as equipagens.

Dentre as normativas relativas ao cumprimento das atividades da categoria C (equipagens), no Artigo 238 é estabelecido que o tempo gasto em deslocamentos aos locais de término ou início de jornadas não serão computados como tempo de trabalho efetivo.

Quanto ao tempo de trabalho, o Artigo 239 estipula que o número máximo para a categoria C não pode exceder 12 horas trabalhadas, sendo que a jornada normal possui duração de 8 horas.

Neste mesmo Artigo, no parágrafo primeiro, define-se que depois de cada jornada de trabalho haverá um repouso de 10 horas contínuas, no mínimo, observando-se, outrossim, o descanso semanal das equipes. E, no segundo parágrafo, fica definido que quando a empresa não fornecer alimentação, em viagem, e hospedagem, no destino, concederá uma ajuda de custo para atender a tais despesas.

No Artigo 241 estabelece-se os valores relativos às horas excedentes das do horário normal de 8 horas, que serão pagas como serviço extraordinário, com a primeira hora sendo majorada em 50% (cinquenta por cento), a segunda hora com o acréscimo de 50% (cinquenta por cento) e as duas subsequentes com acréscimo de 60% (sessenta por cento).

PROCEDIMENTO PARA DEFINIÇÃO DE PONTOS DE TROCA DE EQUIPAGENS FERROVIÁRIAS COM REAPROVEITAMENTO DE EQUIPES

O procedimento proposto nesse trabalho está organizado sob a forma de um fluxograma de processos, cujas etapas buscam levantar as principais informações do trecho em estudo, com posterior análise que se embasará na observância da distribuição dos pontos de substituição de maneira a gerar o menor número possível de horas extras e ociosas, e também possibilitar que após o período padrão de descanso entre jornadas de trabalho consecutivas, as equipes reassumam trens que estão circulando em sentido oposto àquele inicial, permitindo dessa forma o retorno aos seus respectivos postos de referência.

Em suma, o modelo se propõe a minimizar os custos relativos à gestão de equipagens definindo pontos ao longo da via férrea em que se completam o maior número possível de jornadas de trabalho, e nestes, construir postos de sedes de equipagens. Será observada a possibilidade desses pontos coincidirem com instalações já existentes da ferrovia, como estações, por exemplo. Como aspectos chave a serem observados, está a facilidade de acesso desses locais e também a localização estratégica desses pontos em relação à programação dos trens do sistema, ou seja, se esse local viabiliza o reaproveitamento das jornadas em outros trens após o cumprimento do descanso padrão.

O resultado final será aquele que viabilizar o maior número possível de pontos que possibilitem a menor quantidade de horas extras, em segunda instância o menor número de horas ociosas e ainda possibilitar o reaproveitamento das jornadas em outros trens. O procedimento proposto é apresentado na Figura 1.

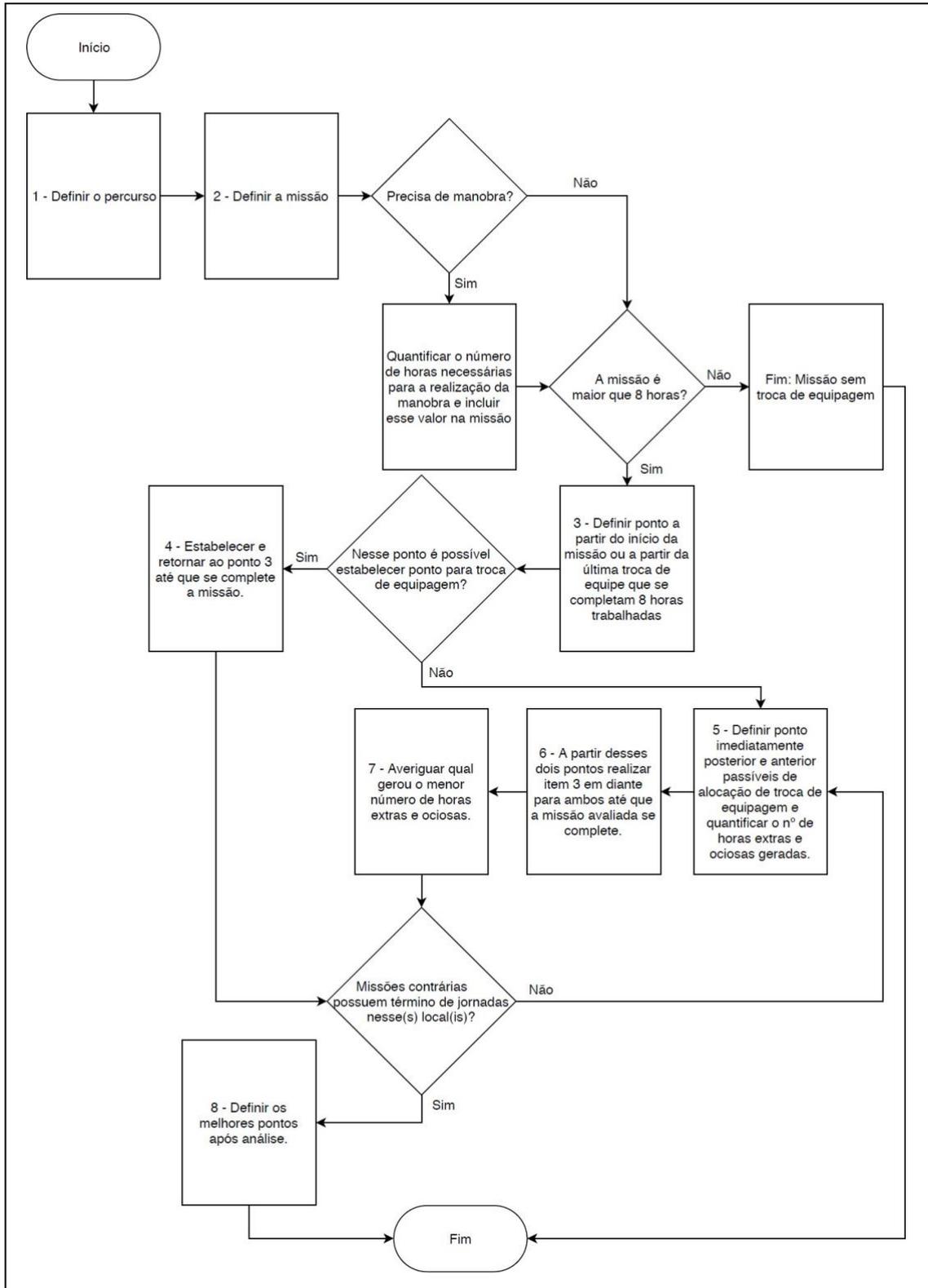


Figura 1 – Fluxograma de processos do modelo de alocação de postos de equipagens

Na seção 4 a seguir, são apresentados os detalhes do trecho no qual o modelo foi aplicado, bem como algumas informações relacionadas aos dados utilizados.

2. APRESENTAÇÃO DO TRECHO FERROVIÁRIO ANALISADO

O trecho estudado no qual foi aplicado o modelo proposto está situado no estado do Espírito Santo e compreende a seção entre os pátios ferroviários de Morro Grande, na cidade de Cachoeiro de Itapemirim, e o pátio de Vitória, na cidade de mesmo nome, trecho esse que integra a ferrovia que liga Visconde de Itaboraí (RJ) a Vitória (ES), pertencente à malha centro-leste da extinta Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA concedida à empresa VLI Logística, operadora do transporte. Os principais produtos transportados nessa seção do trecho são calcário siderúrgico, entregue em Vitória; e toretes (toras de aproximadamente 2 metros) de eucalipto, oriundos de um pátio intermediário (Araguaia), no município de Marechal Floriano, e entregues também em Vitória.

Para o desenvolvimento da aplicação prática do modelo proposto, a companhia ferroviária cedeu dados originários de dois sistemas gerenciais próprios: o cadastro de via, do qual foram retiradas todas as informações relacionadas às características físicas do trecho, como distâncias, localização de estações, entre outros; e o sistema de gestão operacional, que mantém arquivados dados de tráfego das composições que circularam no trecho, fornecendo dessa forma, informações relacionadas aos tempos de percurso dos trens, o itinerário, dentre outros. Esses dados foram obtidos sob a forma de planilhas eletrônicas. Além dessas informações, detalhes operacionais específicos, como o tempo médio gasto em manobras nos diferentes trens típicos, foram fornecidos pelos técnicos e equipagens que trabalham no trecho.

Na seção posterior apresenta-se a aplicação prática do modelo onde será possível compreender melhor os detalhes de sua utilização.

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A aplicação prática do procedimento proposto será demonstrada nas subseções a seguir, nomeadas e ordenadas conforme definido no fluxograma do modelo, sendo que os resultados obtidos serão apresentados conjuntamente às etapas.

PASSO 1 – DEFINIÇÃO DO PERCURSO

A extensão da ferrovia analisada entre os pátios de Morro Grande e Vitória é de 156,183 quilômetros. A localidade de Araguaia, onde ocorre o carregamento de toretes de eucalipto, está a uma distância de 45,948 quilômetros de Vitória. Na Tabela 1 são apresentados os pátios ferroviários do trecho com seus respectivos prefixos entre parênteses, juntamente com as distâncias, em quilômetros.

Tabela 1. Características do trecho Morro Grande – Vitória

Origem	Destino	Distância (Km)
Morro Grande (GGR)	Cobiça (GCL)	5,208
Cobiça (GCL)	Vargem Alta (GVR)	32,692
Vargem Alta (GVR)	Ibitiruí (GIB)	28,715
Ibitiruí (GIB)	Araguaia (GAG)	22,870
Araguaia (GAG)	Marechal Floriano (GMF)	17,285
Marechal Floriano (GMF)	Pedra dos Ventos (GPE)	12,968
Pedra dos Ventos (GPE)	Viana (GVN)	15,695
Viana (GVN)	Vitória (GVT)	20,750
TOTAL		156,183

Fonte: Ferrovia Centro Atlântica

Com exceção dos pátios de Cobiça (GCL) e Pedra dos Ventos (GPE), todos os demais pátios possuem estações operacionais. Na Figura 2, é apresentada a disposição de todos os pátios citados, e também se destaca a localização dos pátios desativados, onde as estações também foram desativadas. Todos aqueles ativos possuem acesso rodoviário, exceto o de Pedra dos Ventos com acesso apenas via ferrovia.



Figura 2 - Disposição geográfica dos principais pátios GGR – GVT

Fonte: Adaptado de ANTT – Malha Concedida (2016)

Além desses locais no trecho principal, existe um ramal que parte de Morro Grande, onde se encontra, distante 4 quilômetros, o terminal de carregamento de calcário, conhecido pelo nome de “km 4”.

PASSO 2 – DEFINIR A MISSÃO

Os trens desse trecho atendem a dois tipos de mercadorias, sendo que as missões estão divididas em seis grupos básicos: os trens exclusivamente carregados de calcário, com origem em GGR e destino direto GVT; Os trens exclusivamente carregados de toretes, que partem de GAG com circulação direta a GVT; e os trens mistos, que partem carregados de GGR, param em GAG para manobra e engate dos vagões de toretes, e seguem até GVT com carga mista; e finalmente os trens vazios correspondentes aos respectivos trens carregados que circulam no sentido inverso, mantendo o mesmo itinerário.

PROCESSO DE DECISÃO 1 – PRECISAM DE MANOBRAS?

Em função desse trecho possuir baixa intensidade de tráfego, toda e qualquer manobra necessária em qualquer momento da circulação ou carregamento das composições é feita pela

própria equipagem que está no trem. Dessa forma, o montante de horas empregadas em manobras, deverá ser incluído no total de horas trabalhadas pela equipe.

QUANTIFICAR O NÚMERO DE HORAS NECESSÁRIAS PARA A REALIZAÇÃO DA MANOBRA E INCLUIR ESSE VALOR NA MISSÃO.

A seguir, são apresentados os tempos de manobra em cada missão de trens carregados:

- GGR x GVT = Licenciamento em GGR: 30 minutos; Intercâmbio com a EFVM em GVT: 1 hora; Total: 1 hora e 30 minutos.
- GGR x GAG x GVT = Licenciamento em GGR: 30 minutos; Manobra e engate em GAG: 2 horas; Intercâmbio com a EFVM em GVT: 1 hora; Total: 3 horas e 30 minutos.
- GAG x GVT = Formação do trem e licenciamento em GAG: 1 hora; Intercâmbio com a EFVM em GVT: 1 hora e 30 minutos; Total: 2 horas e 30 minutos.
- GVT x GGR = Formação do trem e licenciamento em GVT: 2 horas; Total: 2 horas.
- GVT x GAG x GGR = Formação do trem e licenciamento em GVT: 2 horas; Manobra e desengate em GAG: 2 horas; Total: 4 horas.
- GVT x GAG = Formação do trem e licenciamento em GVT: 1 hora e 30 minutos; Manobra para carregamento em GAG: 2 horas; Total: 3 horas e 30 minutos.

PROCESSO DE DECISÃO 2 – A MISSÃO É MAIOR QUE OITO HORAS?

As missões GGR x GVT e suas opostas apresentaram 12 horas e 30 minutos, e 11 horas respectivamente; As missões GGR x GAG x GVT e suas opostas apresentaram 14 horas e 30 minutos, e 13 horas respectivamente; e as missões GAG x GVT e suas opostas apresentaram 8 horas de percurso para ambas. O percurso GGR x GAG é realizado em 6 horas e 30 minutos, e o percurso GAG x GVT é feito em 4 horas e 30 minutos. A partir dos dados apresentados, as missões GGR x GVT e GGR x GAG x GVT e suas opostas são classificadas como indiretas, isto é, que precisam de troca de equipagem. Enquanto que GAG x GVT e sua oposta são missões diretas que não precisam de troca de equipes, dispensando, portanto, quaisquer análises quanto à troca de equipagens.

PASSO 3 – DEFINIR PONTO A PARTIR DO INÍCIO DA MISSÃO OU A PARTIR DA ÚLTIMA TROCA DE EQUIPE QUE SE COMPLETAM OITO HORAS TRABALHADAS

A definição desses pontos foi realizada de forma unidirecional, tomando como premissa que o trem partirá da sua origem com uma nova equipagem. Para os trens carregados GGR x GVT, a jornada de trabalho das equipagens se completa cerca de 10 minutos de circulação após a estação de Marechal Floriano.

Para os respectivos trens vazios dessa família, a jornada se completa entre as estações de Ibitiruí e Vargem Alta. As composições que pertencem às famílias de trens GGR x GAG x GVT e as correspondentes contrárias completam 8 horas trabalhadas no pátio de Araguaia devido à necessidade de despender cerca de 2 horas na manobra de formação do trem de calcário e toretes, e no retorno, serem gastas cerca de 4 horas no total das manobras tanto em Vitória quanto em Araguaia, completando assim uma jornada de trabalho.

PROCESSO DE DECISÃO 3 – NESSE LOCAL É POSSÍVEL ESTABELECEER PONTO PARA TROCA DE EQUIPAGEM?

Os trens GGR x GAG x GVT e os correspondentes contrários completam 8 horas trabalhadas exatamente no pátio de Araguaia, e esse local já possui ponto de apoio para as equipes. As equipagens dos trens GGR x GVT e opostos, todavia, completam suas jornadas em regiões intermediárias a pátios, em locais montanhosos e de difícil acesso, impossibilitando a instalação de um ponto específico para substituição. Dessa forma, as famílias de trens GGR x GAG x GVT seguirão para análise no passo 4 desse modelo, enquanto que as famílias de trens GGR x GVT serão as únicas a serem analisadas nos passos 5,6 e 7 do método proposto.

PASSO 4 – ESTABELECEER E RETORNAR AO PONTO 3 ATÉ QUE SE COMPLETE A MISSÃO

As famílias de trens GGR x GAG x GVT e suas opostas possuem término de jornadas em locais que já possuem instalação da ferrovia. Para ambos os sentidos de circulação, apenas uma troca de equipe é suficiente para que a próxima trafegue até o fim do percurso.

PASSO 5 – DEFINIR PONTO IMEDIATAMENTE POSTERIOR E ANTERIOR PASSÍVEIS DE ALOCAÇÃO DE TROCA DE EQUIPAGEM E QUANTIFICAR O Nº DE HORAS EXTRAS E OCIOSAS GERADAS.

As famílias de trens que se enquadram nessa etapa do processo são os trens GGR x GVT e suas opostas. A Figura 3 demonstra a aplicação desta etapa, tanto para os trens sentido Vitória – GVT (Figura 3A), quanto para o sentido Morro Grande – GGR (Figura 3B). Os números em vermelho destacados ao final do percurso de cada missão representam o tempo ocioso que a nova equipe que assumiu terá disponível ao término do percurso.

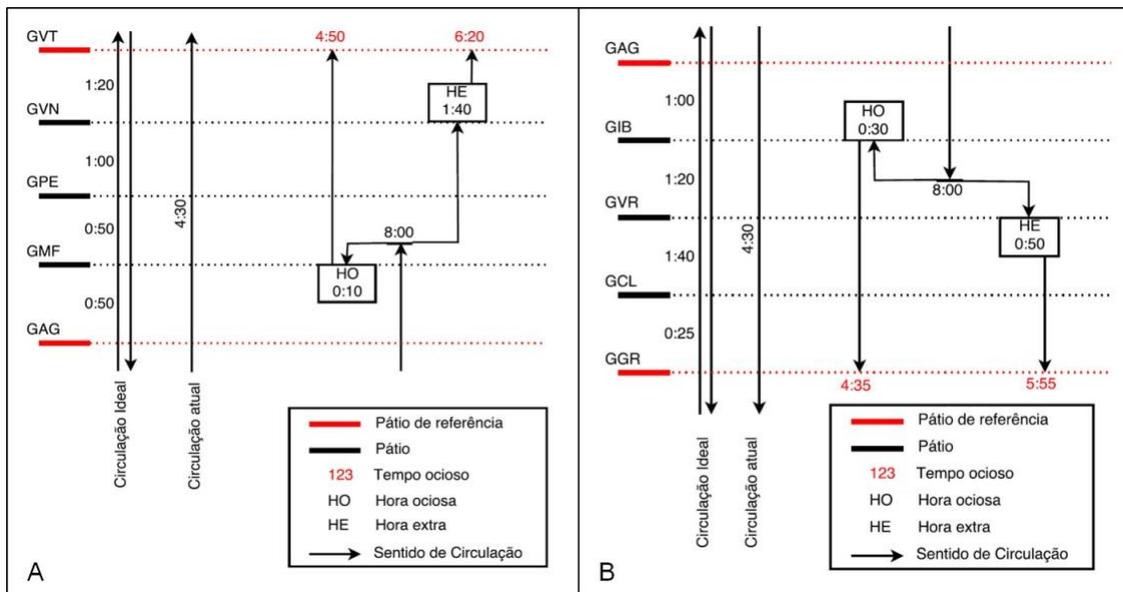


Figura 3: Pontos potenciais de alocação de postos de equipagem para trens sentido GVT (A) e sentido GGR (B)

PASSO 6 – A PARTIR DESSES DOIS PONTOS, REALIZAR PASSO 3 EM DIANTE PARA AMBOS ATÉ QUE A MISSÃO SE COMPLETE

Para ambos os sentidos de circulação, apenas uma troca de equipe é suficiente para que a próxima trafegue até o fim do percurso.

PASSO 7 – AVERIGUAR QUAL GEROU O MENOR NÚMERO DE HORAS EXTRAS E OCIOSAS

Nos trens carregados rumo Vitória o fim da jornada ocorre após 10 minutos de trajeto do pátio de Marechal Floriano, enquanto que o pátio de Pedra dos Ventos está a 40 minutos. A melhor solução neste caso é a troca da equipe em GMF, uma vez que, além de se gerar apenas 10

minutos de tempo ocioso, o pátio de GPE não possui acesso rodoviário, inviabilizando o seu uso para este fim. Com a troca em GMF a próxima equipagem terá 4 horas e 40 minutos em GVT para fazer toda a manobra necessária para entrega e recepção de vagões.

Analisando a posterior família de trens vazios GVT x GGR, o término da jornada ocorre entre os pátios de Ibitiruí e Vargem Alta, sendo que ambos possuem acesso rodoviário e possuem instalações da ferrovia. A realização da troca em GIB geraria cerca de 30 minutos ociosos, enquanto que realizando o procedimento em Vargem Alta haveria a geração de 50 minutos de hora extra. Neste caso específico a definição do ponto de troca deve analisar o processo de uma forma mais ampla, levando em consideração o montante de horas ociosas da próxima equipe, uma vez que esta será a responsável pelo processo de carregamento dos vagões em GGR.

Para toda a logística de ida e volta ao pátio de carregamento e o carregamento do lote usual de vagões, são gastas cerca de 5 horas e 30 minutos. Esse valor é extremamente importante, pois admitindo-se a troca em GIB, a equipe que assumisse o trem não teria tempo hábil para concluir o processo de carregamento posterior. Sendo assim, apesar da geração de 50 minutos de hora extra com a troca em Vargem Alta, esta hipótese se mostra ideal, pois além da nova equipagem possuir tempo para realizar a operação de carregamento, esta ainda terá cerca de 25 minutos restantes no pátio de Morro Grande para adiantar a manobra de formação do trem que posteriormente circulará carregado com uma nova equipagem.

PROCESSO DE DECISÃO 4 – MISSÕES CONTRÁRIAS POSSUEM TÉRMINO DE JORNADAS NESSE(S) LOCAL(IS)

Os trens GGR x GAG x GVT e seus opostos possuem fim de jornadas no pátio de Araguaia. Esse local possui instalações adequadas para a troca das equipes e descanso entre jornadas, logo esses trens já possuem a sua disposição a conformação ideal de troca de equipagens. Quanto aos trens GGR x GVT e os opostos, apesar de GMF e GVR serem os pontos de menores gastos com horas extras e horas ociosas, nessa conformação todo o deslocamento das equipagens durante a circulação dos trens deverá ser apoiado por carros oficiais, gerando consequentemente custos mensais correspondentes. Dessa forma, essa família de trens será reavaliada, com o processo retornando ao passo 5 como previsto no roteiro.

RETORNO AO PASSO 5 PARA A FAMÍLIA DE TRENS GGR X GVTE OS CONTRÁRIOS

Como previsto serão analisados os pontos imediatamente posteriores e anteriores àqueles definidos até o momento para identificar aqueles comuns que possibilitam a conformação buscada.

Analisando os trens carregados sentido GVT, que realizariam a troca de equipagem em GMF, seria inviável adotar como hipótese pátios posteriores nesse sentido de circulação, pois seria gerado um montante de horas extras elevado; e, para os trens contrários, caso a troca ocorresse em GVN o tempo ocioso das equipes seria muito elevado. Em função dessa característica, serão adotados como hipóteses apenas pátios anteriores a GMF.

Quanto aos trens vazios sentido GGR, caso se adote GCL como hipótese, o montante de horas extras seria elevado, logo, prejudicando o sistema. Assim, os pátios analisados como hipótese para as famílias de trens pesquisados serão aqueles ativos entre GMF e GVR.

HIPÓTESE 1 – PÁTIO DE REFERÊNCIA ARAGUAIA

O pátio de Araguaia (GAG), imediatamente anterior a GMF em sentido de circulação GVT, é significativamente importante para a ferrovia, possuindo uma considerável estrutura instalada devido ao carregamento de toretes, além de estar praticamente na metade do percurso. Sendo assim, a circulação proposta nessa hipótese é apresentada na Figura 4, onde é visto o itinerário dos trens no percurso, bem como as operações realizadas ao longo das circulações em ambas as direções, sendo que os valores na frente de cada atividade representam o tempo em horas e minutos necessários para sua realização. O pátio denominado “km 4” refere-se ao local de carregamento de calcário.

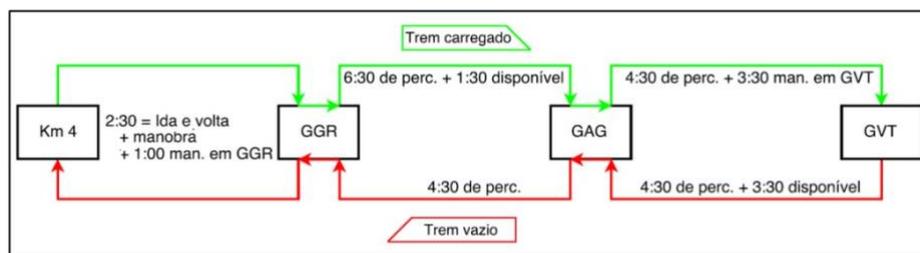


Figura 4 - Circulação de trens no modelo avaliado

É importante destacar que para que esse modelo de circulação efetivamente funcione deverão existir necessariamente três lotes de vagões GDE (vagão tipo gôndola utilizado para o transporte de calcário), pois nesse caso, sempre haverá um lote carregando enquanto os outros

estão circulando. No retorno do trem vazio, no trecho GVT x GAG ocorrerá a geração de 3 horas e 30 minutos. Trata-se de um valor elevado, entretanto como Araguaia concentra um número de atividades elevado em função das diversas manobras dos trens mistos e de toretes que por ali trafegam, é provável que essas horas ociosas sejam utilizadas nessas outras famílias de trens. De maneira geral, o montante de horas ociosas geradas nesse modelo é de 5 horas.

A gestão das equipes nesse modelo é demonstrada na Figura 5.

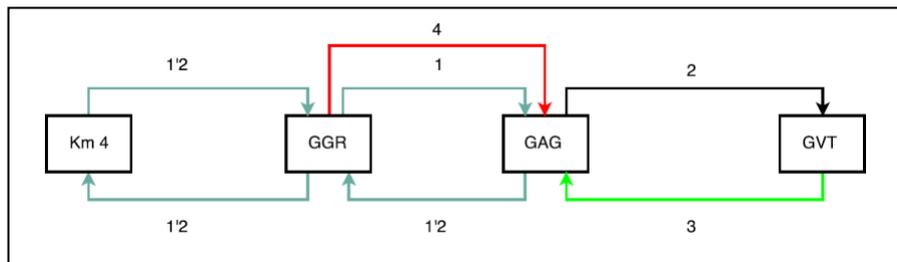


Figura 5 - Gestão das equipes no modelo avaliado

Na figura os números indicam a equipe (1 = equipe 1), e as setas representam o sentido de circulação que elas trabalharão, sendo que 1'2 representa a segunda vez que a equipe 1 trabalhará em uma composição após o seu descanso padrão. Nesse modelo são necessárias quatro equipes para que o ciclo mantenha-se operacional constantemente. A simulação de itinerário de cada uma é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Itinerário das equipes no modelo avaliado

Equipe	Entrada	Saída	Horas trabalhadas	Descanso desde a última troca	Observações
1	GGR	GAG	8	28:30:00	Descanso em GAG
2	GAG	GVT	8	16:00:00	Descanso em Vitória
3	GVT	GAG	04:30	28:30:00	Descanso em Araguaia
1 (2ª vez)	GAG	GGR	8	12:30:00	Estava em GAG e retorna GGR

A equipe 4 irá reiniciar o ciclo cumprindo o mesmo itinerário que a equipe 1 realizou. As equipes 2 e 3 ficarão circulando apenas entre Araguaia e Vitória. Nesse modelo a dinâmica de trocas de equipe não necessita do deslocamento do carro oficial, sendo necessário o seu uso apenas para prestar apoio às equipes responsáveis por GAG x GVT. O valor de 28 horas e 30

minutos gerado para a equipe que descansa em Cachoeiro e Vitória ocorre devido à necessidade de esperar que o trem complete um ciclo para retornar àqueles pontos. De maneira geral, o modelo avaliado nessa hipótese apresenta benefícios que potencializam a opção por sua adoção, dentre os quais, apresenta um ciclo de vagão rápido, com entregas praticamente diárias, e não necessita que veículos oficiais da empresa levem ou tragam as equipes aos locais de troca, uma vez que essas terão o descanso obrigatório nas instalações fornecidas pela empresa. Essa última característica viabiliza, portanto a adoção dessa conformação de gestão segundo os critérios definidos no modelo proposto nesse trabalho.

Como desvantagens desse modelo, tem-se a necessidade de um apoio às equipes que ficarão trabalhando exclusivamente entre Vitória e Araguaia (duas para os trens de calcário e duas para os trens de toretes), pelo menos semanalmente;

HIPÓTESE 2 – PÁTIO DE REFERÊNCIA IBITIRUÍ

O segundo pátio operacional a ser analisado nessa etapa do trabalho é Ibitiruí (GIB), que está localizado após Vargem Alta no sentido de circulação GVT. Trata-se de um pátio utilizado apenas para eventuais cruzamentos entre composições. Adotando esse pátio como posto de troca de equipagens para a referida família de trens em estudo, a circulação ficaria como demonstrado na Figura 6.



Figura 6 - Circulação de trens no modelo avaliado

A conformação desse modelo é semelhante ao modelo anterior, por isso, a sistemática envolvendo as substituições e a gestão das equipes segue praticamente o mesmo itinerário, diferindo unicamente quanto às características particulares, com substituições realizadas em GIB e também com tempos de circulação específicos. Por esse motivo não é apresentada a imagem ilustrativa da gestão de equipes, já que seguem o mesmo padrão da anterior. Na Tabela 3 é apresentado o itinerário das equipes.

Tabela 3. Itinerário das equipes no modelo avaliado

Equipe	Entrada	Saída	Horas trabalhadas	Descanso desde a última troca	Observações
1	GGR	GIB	5	22:00:00	Descanso em GIB
2	GIB	GVT	8	12:30:00	Descanso em Vitória
3	GVT	GIB	06:30	27:00:00	Descanso em Ibitiruí
1 (2ª vez)	GIB	GGR	7:30	14:30:00	Estava em GIB e retorna GGR

Nessa configuração o montante de horas ociosas geradas é de 5 horas, contudo, diferentemente do modelo anterior, no pátio de GIB não existem operações de manobra de outras composições, logo, essas horas não poderão ser aproveitadas para outras atividades, devendo ser assumidas pela empresa.

De maneira geral, os benefícios desse modelo são praticamente os mesmos do anterior, com um ciclo de vagão baixo, e a possibilidade de reaproveitamento das equipes que podem ficar em GIB. Contudo, como pontos negativos, todas as horas não trabalhadas na condução dos trens deverão ser assumidas como efetivamente ociosas, além do que seria necessário que a empresa mantivesse mais uma estrutura para trocas de equipes e descanso além daquela já existente em GAG.

RETORNO AO PASSO 6 PARA A FAMÍLIA DE TRENS GGR X GVTE OS CONTRÁRIOS

Para ambos os tipos de trens apenas uma troca é suficiente para que se chegue ao destino.

RETORNO AO PASSO 7 PARA A FAMÍLIA DE TRENS GGR X GVTE OS CONTRÁRIOS

Verificando as condições de decisão estipuladas pelo modelo, com pontos de nenhuma ou pequena quantidade de horas extras e ociosas, e com reaproveitamento de jornadas, o local que apresenta os melhores resultados é Araguaia, com nenhuma hora extra gerada; a menor quantidade de horas ociosas em comparação com Ibitiruí em função da possibilidade de aproveitamento em outras atividades locais; e ainda, o reaproveitamento das equipagens. Além disso, como a empresa já possui uma ampla estrutura de apoio às equipagens naquele local, se evita a geração de novos gastos na manutenção de outra estrutura para equipagens que deveria ser aberta no caso de Ibitiruí.

PASSO 8 - DEFINIR OS MELHORES PONTOS APÓS ANÁLISE

Para os trens mistos, com carregamento de calcário e toretes e itinerário GGR x GAG x GVT, e seus opostos, o ponto de troca de equipagens continua sendo Araguaia, já que as jornadas das respectivas equipagens terminam naquele pátio.

Para os trens carregados de calcário com itinerário GGR x GVT e os opostos, que foram analisados de forma mais extensiva no método, o posto de referência e troca de equipagens definido a partir da proposta base desse trabalho é também aquele situado no pátio de Araguaia. A tomada de Araguaia como posto base nesse caso, é favorecida pela conjuntura e importância que este pátio já possui para a ferrovia. Além disso, a partir do itinerário de circulação apresentado na Tabela 2, evidencia-se a existência de tempos de folga na circulação que viabilizam todas as operações necessárias à operacionalização dos trens e a realização de manobras, conferindo à circulação certa margem de segurança para contornar possíveis problemas. Analisando o percurso, estão disponíveis os tempos necessários para a realização de operações indispensáveis, como testes de calda, testes de tração, espera por licenças, e abastecimento das locomotivas. Soma-se a estes benefícios o fato de já existir em GAG uma estrutura de apoio às equipes exclusivas dos trens de toretes que circulam em paralelo.

4. CONCLUSÃO

O modelo proposto neste trabalho foi desenvolvido com o objetivo de oferecer a qualquer companhia ferroviária um método padronizado que, a partir da entrada de dados em um sistema lógico, é capaz de apresentar pontos para instalação de postos de troca de equipagens que possibilite menores custos.

Com o estudo prático aplicado ao trecho ferroviário Morro Grande – Vitória, operado pela Ferrovia Centro Atlântica (VLI Logística), foi possível perceber que a solução final, com a definição do pátio de Araguaia, foi possível a partir de um conhecimento mais aprofundado sobre as características da operação ferroviária do trecho em estudo, com a análise de todo o ciclo de transporte. Dessa forma, é fundamental que a utilização do método proposto seja articulada com conhecimentos específicos e analíticos do trecho estudado, já que informações como tempo de manobras, ciclos de carregamento, bem como demais características da operação ferroviária foram fundamentais para a definição do resultado final.

Com a utilização do pátio de Araguaia como posto de equipagens, seja para os trens exclusivos de calcário seja para os trens mistos, espera-se a redução a praticamente zero do número de horas extras mensais, que no mês de referência desse trabalho (julho/2016) foi de 230 horas, além do aproveitamento quase que total de possíveis horas ociosas das equipes.

Como trabalhos futuros, sugere-se a aplicação do método em trechos ferroviários de circulação mais longa, onde seja necessária a substituição de várias equipagens até que a viagem da composição se complete, possibilitando dessa forma testar a efetividade do modelo e fomentar possíveis aperfeiçoamentos.

AGRADECIMENTOS

À empresa VLI Logística pelo apoio e disponibilização das informações que viabilizaram a aplicação do modelo./

REFERÊNCIAS

ANTT. Agência Nacional dos Transportes Terrestres, Declaração de rede 2016 – Malha Concedida, 2016. Disponível em: http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/DECLARACAO_DE_REDE_DE_2016.html. Acesso em: 21 de junho de 2018

BRASIL. Tribunal Regional do Trabalho. Consolidação das Leis Trabalhistas. 1943. Disponível em: <<http://www.trt02.gov.br/geral/tribunal2/Legis/CLT/Clf.pdf>>. Acesso em: 21 de junho de 2018.

DERIGS, U. et al. Supporting strategic crew management at passenger railways - model, method and system. *Public Transport*, v. 2, p. 307–334, 2010.

FERNANDES, L. F. D. Novo modelo de gestão para alocação e controle de equipagens - Caso MRS Logística S. A. 2012. Monografia. (Especialização em transporte ferroviário de carga) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012.

FUENTES, M.; CADARSO, L.; MARÍN, A. A new approach to crew scheduling in rapid transit networks. *Transportation Research Procedia*, v. 10, p. 554 – 563, 2015.

JÜTTE, S. et al. Optimizing railway crew schedules with fairness preferences. *Journal of Scheduling*, v. 20, p. 43–55, 2017.

JÜTTE, S. et al. Optimizing railway crew scheduling at DB Schenker. *Interfaces*, v. 41, n. 2, p. 109–122, 2011.

POTTHOFF, D. et al. Column generation with dynamic duty selection for railway crew rescheduling. *Transportation Science*, v. 44, n. 4, p. 493–505, 2010.

SANTOS, M. V. S. Estudo da alocação dos postos de equipagens: O caso da MRS Logística S/A. 2007. Monografia. (Especialização em Transporte Ferroviário de Carga) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2007.

SUYABATMAZ, A. Ç.; SAHIN, G. Railway crew capacity planning problem with connectivity of schedules. *Transportation Research Part E*, v. 84, p. 88–100, 2015.

TIAN, Z.; SONG, Q. Modeling and algorithms of the crew scheduling problem on high-speed railway lines. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 96, p. 1443 – 1452, 2013.

VEELENBURF, L. P. et al. Railway crew rescheduling with retiming. *Transportation Research Part C*, v. 20, p. 95–110, 2012.