

Aplicação da teoria das restrições no transporte público: estudo de caso em uma linha de ônibus na cidade de São Paulo

Application of the theory of restrictions in public transport: a case study on a bus line in the city of São Paulo

Apolo de Lima Beca¹

Eduardo Shimabuku²

Adriano Maniçoba da Silva³

Wilson Yoshio Tanaka⁴

William de Paula Ferreira⁵

Resumo

O trânsito congestionado nas grandes cidades impacta significativamente a vida das pessoas em termos de saúde, tempo e produtividade. Há a necessidade do aumento da utilização do transporte coletivo com o intuito de diminuir o nível de trânsito, mas alguns elementos têm desestimulado o seu uso. Foi realizado um estudo de caso, com pesquisa documental e quantitativa, com o objetivo de analisar o desempenho de uma linha de ônibus da cidade de São Paulo à luz da teoria das restrições, de modo a identificar e propor soluções aos possíveis gargalos que impedem o aumento do fluxo de passageiros. As soluções propostas tiveram o intuito de diminuir as reclamações de atendimento ao cliente. Os resultados indicaram potencial significativo de aumento no fluxo de passageiros com a proposta de melhoria baseada na teoria das restrições.

Palavras-chave: Linha de ônibus. Restrições. Gargalos.

Abstract

Congested traffic in large cities has a significant impact on people's lives in terms of health, time and productivity. It is necessary to increase the use of mass transit in order to reduce the level of traffic, but some elements have discouraged its use. A case study with documental and quantitative research was carried out to analyze the performance of a bus line in São Paulo city through theory of constraint to identify and propose solutions to possible bottlenecks that impede the increased passenger flow. The proposed solutions were aimed at reducing customer service complaints. The results indicated significant potential of increase in the passenger's flow with the proposal of improvement based on the theory of constrain.

Keywords: Bus line. Restrictions. Bottlenecks.

1 Estudante de Pós-graduação em Logística e Operações no IFSP - Suzano
Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
al.beca@bol.com.br

2 Estudante de Pós-graduação em Logística e Operações no IFSP - Suzano
Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
eshimabuku@gmail.com

3 Professor do Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
adrianoms@ifsp.edu.br

4 Professor do Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
w.tanaka@ifsp.edu.br

5 Professor do Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
william.ferreira@ifsp.edu.br

1 Introdução

Apesar da evolução no sistema de transporte coletivo no município de São Paulo, o setor ainda apresenta alguns problemas que desestimulam o seu uso. A oferta inadequada de transporte público, além de prejudicar os usuários assíduos, incentiva a opção pelo transporte individual.

O rendimento esperado de uma linha de transporte coletivo, não pode ser medido apenas com base nos parâmetros para dimensionamento de frota, mas também, pelo nível de no serviço oferecido, como a lotação e intervalos entre veículos e até mesmo o comportamento dos condutores e cobradores, sobretudo nos horários de picos (horários de maior movimento de passageiros).

Integrante do sistema de transporte de São Paulo, a linha 574J-10 (Metrô Conceição – Terminal Vila Carrão), que interliga bairros da Zona Sul com bairros da Zona Leste de São Paulo, conforme informações disponíveis no *site* da SPTrans – São Paulo Transporte, (www.sptrans.com.br, recuperado em 03/01/2017), encerrou o ano de 2016 com o maior número de reclamações dos usuários se comparada com as demais linhas do sistema.

Com isso, para estudar a discrepância entre a oferta e demanda no transporte público a partir da situação constatada, enunciou-se nesta pesquisa a seguinte pergunta-problema: Quais são os fatores que limitam a performance da linha 574J-10 sob a ótica da Teoria das Restrições?

Desta forma, considerando que a linha 574J-10 esteja dimensionada de acordo com os procedimentos da concessionária, o próximo elemento de análise para diminuir o número de reclamações, seria criar, em alguns momentos, atendimentos derivados da própria linha com o intuito de dar suporte nos horários mais críticos, pois, ao se estudar os fatores que restringem o desempenho do serviço de transporte público, pode-se desenhar

soluções para que o sistema seja administrado corretamente.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo analisar o desempenho operacional da linha supracitada à luz da Teoria das Restrições, evidenciando os gargalos que limitam a sua capacidade de atendimento. Espera-se ainda que se possa propor soluções exequíveis no âmbito da Engenharia de Tráfego de modo a minimizar os gargalos encontrados no trajeto da linha 574J-10.

2 Referencial teórico

2.1 Teoria das restrições

A teoria das restrições, introduzida por Goldratt e Cox (2006), tem como enfoque a melhoria dos processos e a maximização do ganho de uma empresa pelo gerenciamento de recursos com capacidade restrita (Pergher, Rodrigues, & Lacerda, 2011). Dessa forma, tem como princípio o reconhecimento e o gerenciamento das restrições de um dado sistema, sendo que essa restrição pode ser definida como qualquer coisa que impeça uma organização de alcançar a sua meta.

De acordo com Cox III e Spencer (2009), a Teoria das Restrições busca melhorar os processos de forma contínua, pois disponibiliza um conjunto de ações onde exista algum gargalo que impeça o desempenho da empresa. Esses gargalos por sua vez, são entendidos como qualquer recurso cuja capacidade seja inferior a demanda.

Visando melhorar a produtividade, Goldratt & Cox (2006) propõem cinco passos que são:

- 1) Identificar a restrição do sistema;
- 2) Decidir como explorar a restrição do sistema;
- 3) Subordinar todas as não-restrições às restrições;
- 4) Elevar à restrição do sistema; e,

- 5) Retornar a etapa 1 se a restrição for eliminada em algum passo anterior, não permitindo que a inércia atue no processo.

Além das etapas supracitadas, a Teoria das Restrições aborda dentro do processo produtivo o conceito de Tambor, Corda e Pulmão. Conforme Slack, Chambers, Harland, Harrison, & Johnston (2009), entende-se por tambor as restrições ou gargalos que determina para todo o sistema a ritmo a ser seguido. Esses gargalos, por sua vez, são protegidos das incertezas por um pulmão de estoque, haja vista possuir capacidade limitada. E pelo fato do gargalo ser a restrição de todo o sistema, não vale a pena a outras partes do processo anteriores a ele, operar com sua capacidade máxima, pois tudo o que fariam seria acumular o trabalho mais adiante até o ponto onde o gargalo restringe o fluxo. Dessa forma é necessário que haja um mecanismo de comunicação chamado corda que assegura que as atividades sejam sincronizadas no ritmo do gargalo.

2.2 As restrições do sistema de transporte

Conforme Rios (2010), o sistema de transporte público pode ser entendido como um conjunto de partes (veículos, vias, terminais) que se interagem de modo a promover o deslocamento espacial de pessoas. O ambiente do sistema que se relaciona com o transporte tem a ver com as várias atividades que se desenvolve na cidade, seja moradia, comércio, serviço, indústria e escolas.

Uma vez que o serviço de transporte requer a combinação de uma infraestrutura, de um veículo e de um planejamento operacional, a capacidade do sistema depende das disposições relativas a cada um dos componentes referidos, por exemplo: a dimensão do veículo e sua capacidade de passageiros em pé e sentados, a frota de veículos disponíveis durante um período crítico, a rota que é um fator

limitante de disponibilidade, os pontos de paradas, cada um deles tendo seu fluxo de passageiros de embarque e desembarque com influência direta no tempo de atendimento, bem como no tempo que leva para completar sua rota (Leurent, 2011).

Segundo Leurent (2011) as operações do sistema de transporte público sofrem várias limitações de capacidade, seja no tocante a via e seus elementos, no espaço disponível no interior dos veículos, na frota dimensionada para a linha, na capacidade física e localização adequada dos pontos de paradas, na capacidade de estacionamento e circulação de um Terminal Principal (TP) ou Terminal Secundário (TS).

As limitações supracitadas envolvem as diversas relações existentes entre: o uso e a ocupação do solo urbano, os sistemas de transporte, a infraestrutura viária e a interação entre fator humano, veículo, via pública e meio ambiente (Scaringella, 2001).

Um sistema de transporte público adequado deve considerar a acessibilidade ao ponto de ônibus, trem ou metrô, a mobilidade do sistema de transporte e a conectividade, sendo que a acessibilidade pode ser afetada pela distância a ser percorrida até o ponto, as condições climáticas e de tráfego deste percurso. A mobilidade está relacionada com a frequência e a facilidade de utilização do transporte público, e a conectividade é a capacidade do sistema de se conectar com outros modais de transporte, como metro e trens. Uma boa avaliação nestes três aspectos estimula as pessoas a utilizarem o transporte público (Cheng & Chen, 2015).

Para Oliveira Neto (2004), quando o transporte público é submetido ao compartilhamento de tráfego, sofre uma série de restrições que comprometem a sua eficiência e capacidade de competição, apresentando baixa velocidade comercial e longo tempo de viagens, além de aumento nos custos operacionais devido ao congestionamento, e atrelado a isso, uma maior irregularidade no atendimento.

Estas restrições afetam diretamente os padrões de qualidade no transporte público, estes padrões variam conforme as condições sociais, econômicas e a percepção das pessoas, apesar de ser um problema complexo, Ferraz e Torres (2004) sugeriram alguns padrões de qualidade para o transporte público por ônibus (Tabela 1), sendo que podem variar de cidade para cidade, devidos a algumas características como o porte da cidade e fatores qualitativos baseados nas opiniões dos usuários.

Cada restrição de capacidade no transporte público combina vários fatores ou condições por meio do seu traçado em cada espaço que ocupa. Essas combinações em sua maioria são locais, mas também podem estar sujeitas às influências de outros lugares, já que tanto os veículos como os passageiros são móveis (Leurent, 2011).

Para melhorar o nível de serviço na área de transporte, alguns países utilizam no planejamento de uma linha, instrumentos estratégicos e táticos, como prioridades no semáforo e implantação de vias exclusivas. Acrescido a isso, tem se estudado um *layout* mais adequado para os TP'S e TS'S (Oort, Sparing, Brands, & Goverde, 2013).

3 Metodologia

A metodologia aplicada na pesquisa foi um estudo de caso, pois para Yin (2015) um estudo de caso é uma investigação na observação de “coisas”, em experiências vividas, investiga um fenômeno contemporâneo. Uma das vantagens do estudo de caso é a simplicidade dos procedimentos, mas possui limitações por não ser possível generalizar os resultados obtidos (Diehl e Tatim, 2004). Também foi realizada uma pesquisa documental, com a utilização de documentos internos à organização (Gil, 2017) e uma pesquisa quantitativa, utilizando técnicas estatísticas tanto na coleta como nas tratativas das informações (Diehl e Tatim, 2004).

Partindo do objetivo maior que é analisar o desempenho da linha 574J-10 à luz da Teoria das Restrições, foi realizado levantamento de dados junto a SPTrans, de vários documentos que subsidiaram a análise do presente estudo de caso.

Tais documentos compreendem a Ordem de Serviço Operacional – OSO da linha, bem como seus anexos, programação de partidas, horários das partidas, itinerário da linha, locais dos pontos

Tabela 1: Padrões de qualidade para o transporte público por ônibus

Fatores	Parametros de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Acessibilidade	Distancia de caminhada no início e no fim da viagem (em metros)	< 300	300-500	> 500
Frequencia de atendimento	Intervalo entre atendimentos (em minutos)	< 15	15-30	> 30
Lotação	Taxa de passageiros em pé (passageiros por m2)	< 2,5	2,5-5,0	> 5,0
Confiabilidade	Viagens não realizadas ou realizadas com adiantamento maior que 3 minutos ou atraso acima de 5 minutos (%)	< 1,0	1,0-3,0	> 3,0
Características dos onibus	Idade e estado de conservação	Menos de 5 anos e em bom estado	Entre 5 e 10 anos e em bom estado	Outras situações
Comportamento dos operadores	Motoristas dirigindo com habilidade e cuidado	Satisfatório	Deixa a desejar	Insatisfatório
	Motoristas e cobradores prestativos e educados	Satisfatório	Deixa a desejar	Insatisfatório

Fonte: Os autores, adaptado de Ferraz e Torres (2014).

de paradas e características operacionais, que estão disponíveis no *site* oficial da SPTrans.

Além da pesquisa documental, os autores visitaram em horário de pico e entre pico o Terminal Primário - TP e Terminal Secundário - TS da linha 574J-10, bem como perfizeram, no interior de alguns coletivos, o trajeto da linha, onde foram obtidas informações de percurso, do distanciamento e demanda dos pontos de paradas, além da convivência com situações e eventos que no dia a dia acabam por interferir negativamente na operação.

A pesquisa tem uma abordagem quantitativa, em que são comparados e analisados dados mensuráveis, que por sua vez, estão alicerçados em parâmetros de dimensionamento de frota proposto por Ferraz e Torres (2004), bem como nos princípios da Teoria das Restrições desenvolvidos por Goldratt e Cox (2006).

Para calcular a capacidade média dos veículos, multiplicou-se a quantidade de veículos por sua capacidade e dividiu-se pela quantidade total de veículos.

A quantidade teórica de viagens foi obtida pelo resultado arredondado para o próximo inteiro da divisão entre a quantidade de passageiros e a capacidade média dos veículos.

Para obter a capacidade ociosa e também a falta de capacidade para atendimento da demanda subtraiu-se a quantidade teórica de viagens da quantidade de viagens praticadas pela empresa, sendo posteriormente multiplicado pelo indicador de renovação do pico, pela capacidade média dos veículos e, por fim, multiplicado por -1.

Os gargalos foram definidos de acordo com o número de reclamações dos usuários, no período do mês de Abril ao mês de Outubro de 2016. Dessa forma, as restrições foram identificadas conforme três competências qualitativas distintas, a saber:

- Restrição Operador: Quando a reclamação se refere diretamente ao motorista e ou cobrador.
- Restrição Empresa: Quando a reclamação se refere diretamente ao estado do veículo, idade do veículo, limpeza, ergonomia, conforto dos assentos, entre outros.
- Restrição Operação: Quando a reclamação se refere diretamente ao tempo de intervalo entre ônibus, ao tempo de percurso por faixa horária, a quantidade de partida por faixa horária, entre outros.

As informações da linha estudada não consideraram as diversas nuances eventualmente ocorridas nos diversos trechos do seu percurso. O número de reclamações utilizado como restrição se referiu ao trajeto total da linha.

4 Estudo de caso

4.1 Estrutura do sistema municipal de transporte público em São Paulo e a linha 574J-10

A linha 574J-10 transporta diariamente cerca de 25.000 pessoas. O seu trajeto total perfaz 25,370 km do ponto de início ao ponto de término e 24,129 km do ponto de término ao ponto de início.

No que diz respeito a tecnologia de veículo, em dias úteis é prevista uma frota de 27 veículos, sendo 19 articulados com capacidade para 116 pessoas e 8 veículos padrão (veículos com capacidade mínima de 70 passageiros, peso bruto total (PBT) igual ou maior do que 16 toneladas e comprimento total acima de 12,2 metros) com capacidade para 84 pessoas.

A linha atende no sentido TP-TS, 77 pontos de paradas e no sentido TS-TP, 69 pontos. No ciclo total, há um espaçamento médio entre os pontos

de 340 metros, sendo que alguns possuem abrigos, outros são demarcados apenas com totem.

A OSO, documento que define as principais características das linhas, determina os tempos de percursos por pico, bem como os intervalos máximos e médios conforme os períodos. Acrescido a isso, esse documento contém a quantidade de partidas por faixa horária, itinerários a serem seguidos, pontos de paradas para serem atendidos, entre outros.

4.2 Análise dos dados

4.2.1 Identificação do Gargalo

Classificou-se as reclamações de acordo com as três competências propostas, de maneira que fosse possível obter uma linha de investigação (Tabela 2).

Analisando os dados seccionados pelas três competências, observa-se que a Restrição Operação é que apresenta maior incidência, com 64 reclamações (48,45%), seguida por Restrição Operador, com 60 reclamações (45,45%) e Restrição Empresa, com apenas 8 reclamações (6,06%):

A partir desta análise, definiu-se como gargalo prioritário, a Restrição Operação.

Conhecida a linha de investigação, os autores analisaram o dimensionamento vigente da linha 574J-10 conforme Ferraz e Torres (2004).

Para Ferraz e Torres (2004), conhecer a variação da demanda no espaço e no tempo é fundamental para definição do número de veículos para uma linha, pois se a quantidade dimensionada for menor que a demanda, haverá excesso de lotação,

Tabela 2: Reclamações dos usuários do transporte público de São Paulo.

TIPO DE RECLAMAÇÃO	RESTRICÇÃO	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	TOTAL
Intervalo excessivo da linha	OPERAÇÃO	1	10	1	4	12	4	8	40
Motorista não atender embarque/desembarque	OPERADOR	5	1	2	3	5	3	4	23
Descumprir ou não realizar partidas programadas	OPERAÇÃO	2	1	1		4	3	7	18
Conduta inadequada do operador	OPERADOR	3	2	1	2	1	3	2	14
Conduzir o veículo com direção perigosa	OPERADOR	6	1		2		2	1	12
Veículo com superlotação	EMPRESA					2	2	1	5
Tratar o idoso com falta de urbanidade / destrato	OPERADOR		2			2	1		5
Interromper / atrasar propositalmente a viagem	OPERAÇÃO					2	1		3
Tratar usuário/público com falta de urbanidade/destrato	OPERADOR					2			2
Não cumprir partida programada veículos adaptados	OPERAÇÃO							2	2
Motorista não aguardar embarque/desembarque	OPERADOR						1		1
Demora na partida do coletivo	OPERAÇÃO					1			1
Luzes do letreiro apagadas em horário noturno	EMPRESA				1				1
Trafegar pela segunda faixa de rolamento	OPERADOR						1		1
Motorista conversa ao volante	OPERADOR							1	1
Cobrador reter a tarifa em proveito próprio	OPERADOR			1					1
Ameaça com arma	OPERADOR					1			1
Letreiro em desacordo/placas incorretas/ausentes	EMPRESA		1						1
Total		17	18	6	12	32	21	26	132

Fonte: Os autores.

e se for maior, haverá ociosidade, gerando prejuízos pela falta de eficiência.

Para os referidos autores, no dimensionamento de uma linha é necessário conhecer:

P = demanda ou fluxo de passageiros na seção crítica (passageiros por hora). Consultando as tabelas 3 e 4, verifica-se que a seção crítica corresponde ao horário das 7:00 às 8:00 horas no sentido do terminal principal para o terminal secundário, com 939 passageiros.

C = capacidade do veículo de transporte (passageiros por veículo). A capacidade média por veículo considerada para o cálculo foi de 107 passageiros.

T = tempo de ciclo da linha ou da viagem redonda (ida e volta) (tempo em minutos). O tempo médio de percurso ida e volta calculado na tabela 5 é de 179,67 minutos.

Já os parâmetros a serem determinados são:

Q = fluxo de viagens na linha (frequência de atendimento) para atender à demanda (viagens por hora), dada pela Equação 1.

$$Q = PC$$

H = intervalo entre viagens (atendimentos) ou, também, *headway* entre os veículos (tempo em minutos por veículos), dado pela Equação 2.

$$H = 60Q$$

F = número de veículos necessários na frota para o atendimento a linha de passageiros, dada pela Equação 3.

$$F = TH$$

Fundamentados nos parâmetros acima, os cálculos das necessidades de veículos foram reali-

zados levando em consideração a natureza da linha pesquisada. As informações sobre a renovação do pico (fator de renovação), que é a relação do volume de passageiros transportados na viagem e o volume de passageiros transportado no trecho crítico ao longo do percurso (Ferraz e Torres, 2004) e quantidade de passageiro no trecho crítico, que consiste no maior volume transportado em uma faixa horária num local, foram obtidas junto a SPTrans. Já para a capacidade ofertada, o critério seguido considera para um veículo articulado um máximo de 116 passageiros, sentados e em pé, sendo que esses últimos são estimados multiplicando o espaço útil não ocupado em metro quadrado por seis passageiros. Quanto ao veículo padrão, o cálculo de capacidade segue a mesma linha do veículo articulado, sendo estabelecido um máximo de 84 passageiros para esta tecnologia. A perda ou sobra de capacidade tem como fatores; a capacidade do veículo e a renovação prevista para o pico.

Utilizando as equações 1, 2 e 3 de Ferraz e Torres, 2004, o fluxo de viagens na linha para atender à demanda (Q) calculado é de 8,77 viagens por hora ($Q = 939/107$), o intervalo entre viagens (H) é de 6,84 minutos entre veículos, resultante do cálculo de $H = 60/8,77$, a quantidade de veículos para o atendimento da linha 574J-10, deverá ser determinado pela equação, $F = 179,67/6,84$, portanto serão necessários 26,27 veículos, plenamente de acordo com a quantidade de veículos utilizados na linha de 27 veículos.

As Tabelas 3 e 4 sintetizam as informações obtidas na SPTrans, comparando as quantidades de partidas praticadas em cada faixa horária por sentido, com as quantidades de partidas obtidas a partir dos parâmetros teóricos, calculados com base em Ferraz e Torres (2004).

Conforme os dados contidos nas Tabelas 3 e 4 foram elaborados os gráficos de capacidade, Gráficos 1 e 2, evidenciando conforme o pico, a perda ou a sobra de capacidade.

Tabela 3: Perda ou sobra de capacidade da linha 574J-10, TP-TS

SENTIDO TERMINAL PRINCIPAL - TERMINAL SECUNDÁRIO							
(A)	(B)	(C)	(D)	(E) = $\frac{[(19 \times 116) + (8 \times 84)]}{27}$	F = [(D) - (E)]	(G)	H = $\frac{[(F) - (G)] \times (C) \times (E) - 1}{1}$
TIPO DE PICO	FAIXA HORÁRIA	RENOVAÇÃO DO PICO	QTDE. PASSAGEIRO TRECHO CRÍTICO	CAPACIDADE MÉDIA DOS VEÍCULOS	Nº VIAGENS TEÓRICA	Nº VIAGENS PRATICADAS	PERDA OU SOBRA DE CAPACIDADE
APM	4hs às 5hs	1,63	68	107	1	3	347
PM	5hs às 6hs	2,22	362	107	4	8	946
PM	6hs às 7hs		903	107	9	8	-236
PM	7hs às 8hs		939	107	9	7	-473
PM	8hs às 9hs		661	107	7	6	-236
EP	9hs às 10hs	3,32	466	107	5	6	354
EP	10hs às 11hs		361	107	4	6	707
EP	11hs às 12hs		421	107	4	6	707
EP	12hs às 13hs		571	107	6	5	-354
EP	13hs às 14hs		521	107	5	5	0
EP	14hs às 15hs		477	107	5	5	0
EP	15hs às 16hs	3,94	550	107	6	7	354
PT	16hs às 17hs		745	107	7	6	-420
PT	17hs às 18hs		784	107	8	6	-839
PT	18hs às 19hs		573	107	6	5	-420
PT	19hs às 20hs	3,75	538	107	6	5	-420
PN	20hs às 21hs		393	107	4	4	0
PN	21hs às 22hs		246	107	3	5	799
PN	22hs às 23hs		301	107	3	4	399
PN	23hs às 0hs	1,36	129	107	2	2	0
MAD	0h às 1h		21	107	1	2	145

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados disponibilizados pela SPTrans.

Tabela 4: Perca ou sobra de capacidade da linha 574J-10, TS-TP

SENTIDO TERMINAL SECUNDÁRIO - TERMINAL PRINCIPAL							
(A)	(B)	(C)	(D)	(E) = $\frac{[(19 \times 116) + (8 \times 84)]}{27}$	F = [(D) / (E)]	(G)	H = $\frac{[(F) - (G)] \times (C) \times (E) - 1}{1}$
TIPO DE PICO	FAIXA HORÁRIA	RENOVAÇÃO DO PICO	QTDE. PASSAGEIRO TRECHO CRÍTICO	CAPACIDADE MÉDIA DOS VEÍCULOS	Nº VIAGENS TEÓRICA	Nº VIAGENS PRATICADAS	PERCA OU SOBRA DE CAPACIDADE
APM	4hs às 5hs	1,73	0	107	0	4	0
PM	5hs às 6hs	2,91	447	107	5	7	620
PM	6hs às 7hs		981	107	10	8	-620
PM	7hs às 8hs		703	107	7	5	-620
PM	8hs às 9hs		842	107	8	6	-620
EP	9hs às 10hs	3,74	575	107	6	6	0
EP	10hs às 11hs		443	107	5	6	398
EP	11hs às 12hs		470	107	5	6	398
EP	12hs às 13hs		608	107	6	6	0
EP	13hs às 14hs		604	107	6	7	398
EP	14hs às 15hs		543	107	6	6	0
EP	15hs às 16hs	3,23	556	107	6	6	0
PT	16hs às 17hs		624	107	6	6	0
PT	17hs às 18hs		665	107	7	6	-344
PT	18hs às 19hs		809	107	8	6	-688
PT	19hs às 20hs	2,75	540	107	6	5	-344
PN	20hs às 21hs		243	107	3	4	293
PN	21hs às 22hs		162	107	2	5	879
PN	22hs às 23hs		232	107	3	6	879
PN	23hs às 0hs	2,06	105	107	1	3	586
MAD	0h às 1h		14	107	1	1	0

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados disponibilizados pela SPTrans.

As considerações que podem ser realizadas considerando os gráficos 1 e 2, são elencadas a seguir:

- 1) Nos dois sentidos, nos picos da manhã e tarde em que as demandas de usuários são mais

- acentuadas, as quantidades de veículos que operam, não são suficientes para atender a totalidade de passageiro do trecho crítico;
- 2) Em períodos menos requisitados existe uma subutilização da capacidade ofertada;



Gráfico 1: Capacidade por pico TP-TS

Fonte: Os autores.

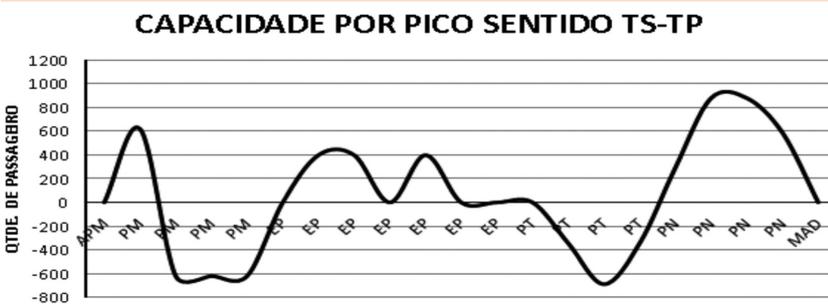


Gráfico 2: Capacidade por pico TS-TP

Fonte: Os autores.

3) A linha 574J-10, possui comportamentos semelhantes nos dois sentidos. Desse modo, o típico movimento pendular se distribui intensamente nos mesmos horários, para ambas as direções. Essa característica faz com que durante a realização dos cálculos para se determinar o número de partidas por faixa horária, não sejam consideradas as prioridades de sentido, ou seja, o dimensionamento durante toda a operação se faz praticamente igual tanto para o sentido centro, como para o sentido bairro, independente do horário.

Em suma, o que se constata a partir dos Gráficos 1 e 2, é que o gargalo se encontra justamente na falta de capacidade para atender a programação atual, a demanda de passageiros apresentada nos picos da manhã (das 5:00 as 9:00

horas) e da tarde (das 16:00 as 20:00 horas), nos dois sentidos.

4.2.2 Análise do gargalo

Na busca do equilíbrio entre o que é procurado pelos usuários e o que ora lhes são ofertados em termos de partidas, os autores deste estudo propõem uma nova programação que tem os seguintes requisitos:

- 1) A programação sugerida prioriza a demanda do trecho crítico, mas não é ótima;
- 2) A programação apresentada obedece ao Tempo Médio de Percurso estimado para cada faixa horária, sendo essa informação coletada junto a SPTrans;
- 3) A programação sugerida utiliza a frota vigente, sendo 19 veículos articulados e 8 veículos padrão.
- 4) Os intervalos da programação proposta nem sempre serão estabelecidos regularmente nos horários críticos, por conta da característica da linha 574J-10, em decorrência desta apresentar comportamento de demanda igual nos dois sentidos.
- 5) Para efeito de partidas, até o último minuto de uma dada faixa horária será considerada pertencente a essa mesma faixa horária. Por exemplo, 06h59min será considerado pertencente a faixa horária das 6hs e assim por diante.
- 6) Alguns veículos terão mais viagens que outros;
- 7) Alguns veículos nos picos menos requisitados, ficarão estrategicamente ociosos em Parada Operacional – PO;
- 8) Alguns veículos recolherão do TS;
- 9) Pela necessidade de se ter carros disponíveis para uma faixa horária crítica, as vezes em

determinado sentido, haverá um aumento da capacidade ociosa. Porém, como os mesmos veículos circularão em distintas faixas horárias, haverá uma compensação em relação as quantidades a mais ou a menos de veículos que foram lançados em faixa horária anterior ou posterior ao período mais requisitado.

10) A condição anterior é válida, porém não poderá haver disparidade acentuada, como perda de capacidade maior que 1 veículo articulado. Ou seja, a falta de cobertura para uma faixa horária não poderá ter um déficit de capacidade embarcada para 116 passageiros.

Tendo definido as exigências acima, a etapa seguinte é estabelecer para cada veículo a Tabela de Horário (Tabela 5), considerando o Tempo de Percurso Médio obtido junto a SPTrans para cada faixa horária, conforme segue.

Tabela 5: Tempo de Percurso Médio da Linha 574J/10

FAIXA HORÁRIA	TEMPO DE PERCURSO (min.) (TP - TS)	TEMPO DE PERCURSO (min.) (TS-TP)
04:00	60	59
05:00	77	77
06:00	103	96
07:00	102	98
08:00	100	88
09:00	97	87
10:00	95	89
11:00	95	91
12:00	101	95
13:00	103	92
14:00	104	94
15:00	108	99
16:00	117	103
17:00	127	109
18:00	116	97
19:00	99	85
20:00	88	77
21:00	82	73
22:00	75	69
23:00	70	60
00:00	58	58

Fonte: SPTrans, 2016.

A Tabela 6 subsidia as Tabelas 7, 8, 9 e 10, além dos gráficos 3, 4 e 5. Para tanto, os autores consideraram as seguintes situações:

- Os prefixos ou unidade de carros que variam de 1 a 8 referem-se aos veículos padrão, com capacidade para 84 pessoas;
- Os prefixos ou unidades de carros que variam de 10 a 28, referem-se aos veículos articulados com capacidade para 116 pessoas;
- Os caracteres destacados significam as partidas do TP e em preto do TS;

A seguir, nos gráficos 4 e 5, é possível visualizar como ficaria o atendimento da demanda de usuários do trecho crítico.

Examinando os gráficos 4 e 5 é possível constatar que a programação proposta pelos autores busca se ajustar a demanda de usuários. Pela combinação das tecnologias ou tipos de veículos disponíveis, é perceptível que a nova programação foi diligenciada, sempre procurando atender o volume de usuários do trecho crítico.

Dessa forma, com alguns ajustes, a frota vigente dimensionada em OSO para a linha 574J-10, terá capacidade para atender a demanda de usuários do trecho crítico, desde que obedeça às exigências já explanadas no item 4.2.2.

Como se verifica, em alguns períodos buscando atender a viagem de volta, será preciso lançar partidas a mais do que o necessário, culminando assim em subutilização da capacidade de alguns veículos. Neste caso, a prioridade é ter carros disponíveis nas faixas horárias mais carregadas. Ainda assim, a menor utilização que foi proposta pelos autores, apresenta um percentual de 70% para

o carro de prefixo “11”, sendo que a maior utilização terá um percentual de 89% para o carro prefixo “26”. Na média, a programação sugerida

Tabela 6: Horários dos Coletivos

PREFIXO	HORA DE PARTIDA - HORA DE CHEGADA															
1	04:30	05:30	05:48	07:05	07:25	09:07	09:14	10:51	12:41	14:22	14:55	16:29	16:45	18:42	18:49	20:26
2	04:00	04:59	05:30	06:47	07:12	08:50	08:53	10:32	11:31	13:02	14:26	16:10	16:13	17:56	18:26	20:22
3	04:30	05:29	06:00	07:43	07:46	09:24	09:30	11:17	12:25	14:00	14:47	16:31	16:34	18:27		
4	05:00	06:17	06:52	08:28	08:34	10:13	11:07	12:38	13:50	15:33	16:00	17:43	18:06	20:02		
5	05:15	06:32	07:00	08:38	08:43	10:22	11:19	12:50	14:14	15:58	16:08	17:51	18:16	20:12	20:50	22:07
6	05:00	06:17	06:25	08:08	08:13	09:41	10:15	11:50	12:55	14:30	16:00	17:06	17:52	19:41	19:49	21:28
7	05:11	06:28	06:32	08:15	08:20	09:48	11:00	12:35	13:15	14:47	16:39	18:36	18:43	20:20		
8	05:24	06:41	06:52	08:35	09:06	10:43	12:00	13:41	13:55	15:27	16:32	18:29	18:35	20:12	20:50	22:18
10	05:45	07:02	07:21	08:59	09:03	10:50	11:43	13:14	14:02	15:46	15:55	17:34	17:47	19:54	20:10	21:27
11	05:36	06:53	07:00	08:42	08:45	10:13	11:15	12:50	13:25	14:57	16:07	18:04	18:07	19:44	20:05	21:33
12	06:06	07:49	07:53	09:31	09:42	11:29	12:05	13:40	15:00	16:48	16:50	18:33	18:46	20:42	21:10	21:23
13	06:12	07:56	07:59	09:37	09:54	11:41	12:15	13:40	15:10	16:58	16:59	18:50	18:54	20:50	22:15	23:24
14	06:19	08:02	08:06	09:34	10:00	11:35	12:35	14:10	15:22	17:10	17:15	18:54	19:08	20:47	21:50	23:03
15	06:39	08:22	08:27	09:55	10:30	12:05	12:45	14:20	15:35	17:13	17:30	19:19	19:23	21:02	22:35	23:44
16	06:45	08:28	08:36	10:04	10:45	12:20	13:05	14:37	15:50	17:38	17:44	19:33	19:38	21:17	22:55	00:04
17	06:00	07:36	07:38	09:20	09:22	10:59	12:08	13:49	14:07	15:11	16:01	17:58	17:59	19:48	19:59	21:38
18	06:05	07:41	07:43	09:25	09:30	11:07	12:16	13:57	14:19	15:41	16:50	18:47	18:53	20:30	21:10	22:32
19	06:11	07:47	07:49	09:31	09:38	11:15	12:24	14:05	14:31	16:05	16:55	18:52	18:59	20:36	21:30	22:52
20	06:17	07:53	07:55	09:37	09:46	11:23	12:32	14:13	14:43	16:17	17:00	19:07	19:10	20:35	22:15	23:30
21	06:26	08:02	08:04	09:44	10:10	11:39	13:02	14:45	15:07	17:06	17:10	19:17	19:20	20:45	22:35	23:50
22	06:31	08:07	08:10	09:50	10:25	11:54	13:14	14:57	15:19	17:18	17:20	19:27	19:30	20:55	21:50	23:12
23	06:39	08:15	08:17	09:51	10:40	12:09	13:26	15:09	15:20	17:29	17:31	19:36	19:41	21:06	23:20	00:30
24	06:45	08:21	08:25	10:04	10:55	12:24	13:38	15:21	15:41	17:40	17:43	19:48	19:53	21:18	23:45	00:55
25	07:06	08:48	08:51	10:19	11:30	13:09	13:35	15:07	16:15	18:12	18:17	19:54	20:20	21:48	23:20	00:20
26	07:13	08:55	08:59	10:28	11:45	13:20	13:45	15:17	16:24	18:21	18:27	20:04	20:35	22:03	23:45	00:45
27	07:34	09:12	09:15	11:02	11:55	13:26	14:37	16:21	16:24	18:07	18:34	20:30	20:32	21:49	00:15	01:13
28	07:59	09:41	09:54	11:31	12:52	14:31	17:07	18:56	18:58	20:54	21:30	22:43	22:55	00:10	00:15	01:13

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 7: Horários das partidas TP-TS

SENTIDO TP-TS									
Partida	Prefixo	Partida	Prefixo	Partida	Prefixo	Partida	Prefixo	Partida	Prefixo
04:30	1	07:59	28	12:08	17	16:01	17	19:08	14
05:00	4	08:04	21	12:16	18	16:07	11	19:23	15
05:15	5	08:10	22	12:24	19	16:15	25	19:38	16
05:30	2	08:17	23	12:32	20	16:24	26	19:49	6
05:45	10	08:25	24	12:41	1	16:32	8	19:59	17
06:00	3	08:34	4	12:52	28	16:39	7	20:05	11
06:06	12	08:43	5	13:02	21	16:45	1	20:20	25
06:12	13	08:53	2	13:14	22	16:50	18	20:35	26
06:19	14	09:03	10	13:26	23	16:55	19	20:50	8
06:25	6	09:15	27	13:38	24	17:00	20	21:10	18
06:32	7	09:30	3	13:50	4	17:10	21	21:30	19
06:39	15	09:42	12	14:02	10	17:20	22	21:50	22
06:45	16	09:54	13	14:14	5	17:31	23	22:15	20
06:52	8	10:00	14	14:26	2	17:43	24	22:35	21
07:00	11	10:15	6	14:37	27	17:47	10	22:55	28
07:06	25	10:30	15	14:47	3	18:06	4	23:20	25
07:13	26	10:45	16	15:00	12	18:16	5	23:45	26
07:25	1	11:00	7	15:10	13	18:26	2	00:15	27
07:38	17	11:15	11	15:22	14	18:34	27		
07:43	18	11:30	25	15:35	15	18:46	12		
07:49	19	11:45	26	15:50	16	18:54	13		
07:55	20	12:00	8	16:00	6	18:58	28		

Fonte: Elaborado pelos autores.

alcança uma taxa de aproveitamento de 77% da capacidade da frota vigente.

4.2.3 Subordinar as demais atividades ao gargalo encontrado

A seguir são identificadas algumas ações que intentam criar condições para que a programação sugerida pelos autores venha lograr êxito. Isso posto, todos os elementos envolvidos nesse tópico devem atender as necessidades do gargalo.

No que concerne a mão de obra, há a necessidade de aprimorar o planejamento da utilização da mão (motoristas e cobradores) nos horários de picos, nos tempos de pausa e nos horários de refeições.

Para agilizar a operação nos pontos de início e término, é aconselhável a contratação de manobristas. Em alguns pontos

Tabela 8: Horários das partidas TS-TP

SENTIDO TS-TP									
Partida	Prefixo	Partida	Prefixo	Partida	Prefixo	Partida	Prefixo	Partida	Prefixo
04:00	2	07:59	13	11:31	2	15:20	23	18:53	18
04:30	3	08:06	14	11:43	10	15:41	24	18:59	19
05:00	6	08:13	6	11:55	27	15:55	10	19:10	20
05:11	7	08:20	7	12:05	12	16:00	4	19:20	21
05:24	8	08:27	15	12:15	13	16:08	5	19:30	22
05:36	11	08:36	16	12:25	3	16:13	2	19:41	23
05:48	1	08:45	11	12:35	14	16:24	27	19:53	24
06:00	17	08:51	25	12:45	15	16:34	3	20:10	10
06:05	18	08:59	26	12:55	6	16:50	12	20:32	27
06:11	19	09:06	8	13:05	16	16:59	13	20:50	5
06:17	20	09:14	1	13:15	7	17:07	28	21:10	12
06:26	2	09:22	17	13:25	11	17:15	14	21:30	28
06:31	22	09:30	18	13:35	25	17:30	15	21:50	14
06:39	23	09:38	19	13:45	26	17:44	16	22:15	13
06:45	24	09:46	20	13:55	8	17:52	6	22:35	15
06:52	4	09:54	28	14:07	17	17:59	17	22:55	16
07:00	5	10:10	21	14:19	18	18:07	11	23:20	25
07:12	2	10:25	22	14:31	19	18:17	25	23:45	26
07:21	10	10:40	23	14:43	20	18:27	26	00:15	28
07:34	27	10:55	24	14:55	1	18:35	8		
07:46	3	11:07	4	15:07	21	18:43	7		
07:53	12	11:19	5	15:19	22	18:49	1		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 9: Relação dos coletivos e suas respectivas capacidades, TP-TS

FAIXA HORÁRIA	RELAÇÃO DAS SAÍDAS DOS VÉICULOS POR FAIXA HORÁRIA - SENTIDO TP-TS										CAPACIDADE MAXIMIZADA	DEMANDA TRECHO CRÍTICO
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º		
4	1										84	68
5	4	5	2	10							368	362
6	3	12	13	14	6	7	15	16	8		916	903
7	11	25	26	1	17	18	19	20	28		912	939
8	21	22	23	24	4	5	2				716	661
9	10	27	3	12	13						548	466
10	14	6	15	16							432	361
11	7	11	25	26							432	421
12	8	17	18	19	20	1	28				748	571
13	21	22	23	24	4						548	521
14	10	5	2	27	3						484	477
15	12	13	14	15	16						580	550
16	6	17	11	25	26	8	7	1	18	19	1032	745
17	20	21	22	23	24	10					696	784
18	4	5	2	27	12	13	28				716	573
19	14	15	16	6	17						548	538
20	11	25	26	8							432	393
21	18	19	22								348	246
22	20	21	28								348	301
23	25	26									232	129
0	27										116	21

Fonte: Elaborado pelos autores.

de paradas será necessária a presença de agentes de apoio operacional para auxiliar e agilizar a operação no percurso, no embarque e desembarque de passageiros, a fim de que os coletivos da linha 574J-10 possam cumprir o tempo de percurso previsto na nova programação.

No tocante aos veículos, o programa de manutenção deverá garantir que haja menor incidência

de quebras e avarias. Acrescido a isso, a autonomia em rendimento de combustível por veículo deverá ser suficiente para percorrerem uma média 200 km em operação,

Durante a programação, é imprescindível considerar a ausência do típico movimento pendular da linha 574J-10, e se atentar que em alguns momentos, haverá a necessidade de se deixar veículos parados nos terminais, a fim de tê-los disponíveis conforme a demanda do trecho crítico.

Salienta-se ainda que em alguns horários, a capacidade de atender os passageiros do trecho crítico com a frota disponível será prejudicada, porém, as faixas horárias anteriores e posteriores deverão lançar partidas a mais de modo a equilibrar a demanda de usuários com a capacidade ofertada.

4.2.4 Elevação da restrição identificada na linha com propostas de mudanças para incrementar a capacidade

Uma vez que o gargalo esteja operando no seu nível mais alto, o próximo passo em conformidade com a Teoria das Restrições, será incrementar capacidade de operação para a linha por meio da adoção de ações que tenha impactos diretos na infraestrutura oferecida.

Dessa forma, é sugerido quanto aos pontos de paradas:

- Desmembramento dos pontos de modo que haja organização na entrada e saída dos coletivos sem entraves ou riscos de colisões;

Tabela 10: Relação dos coletivos e suas respectivas capacidades, TS-TP

RELAÇÃO DAS SAÍDAS DOS VEÍCULOS POR FAIXA HORÁRIA - SENTIDO TS-TP											CAPACIDADE MAXIMIZADA	DEMANDA TRECHO CRÍTICO
FAIXA HORÁRIA	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º			
4	2	3									168	-
5	6	7	8	11	1						452	447
6	17	18	19	20	2	22	23	24	4		980	981
7	5	2	10	27	3	12	13				716	703
8	14	6	7	15	16	11	25	26			864	842
9	8	1	17	18	19	20	28				748	575
10	21	22	23	24							464	443
11	4	5	2	10	27						484	470
12	12	13	3	14	15	6					632	608
13	16	7	11	25	26	8					632	604
14	17	18	19	20	1						548	543
15	21	22	23	24	10						580	556
16	4	5	2	27	3	12	13				684	624
17	28	14	15	16	6	17					664	665
18	11	25	26	8	7	1	18	19			832	809
19	20	21	22	23	24						580	540
20	10	27	5								316	243
21	12	28	14								348	162
22	13	15	16								348	232
23	25	26									232	105
0	28										116	14

Fonte: Elaborado pelos autores.

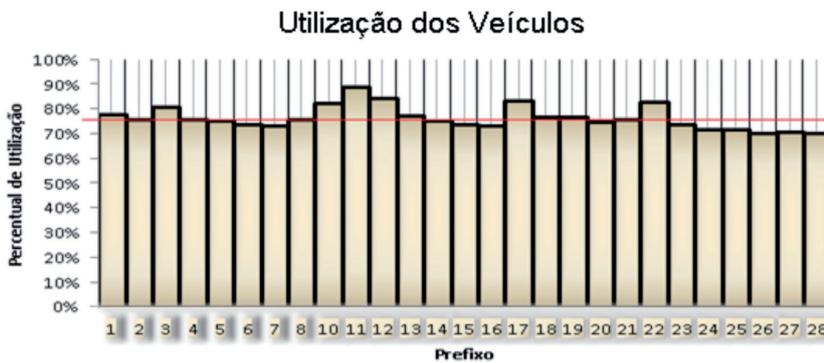


Gráfico 3: Percentual de Utilização dos Coletivos

Fonte: Elaborado pelos autores.

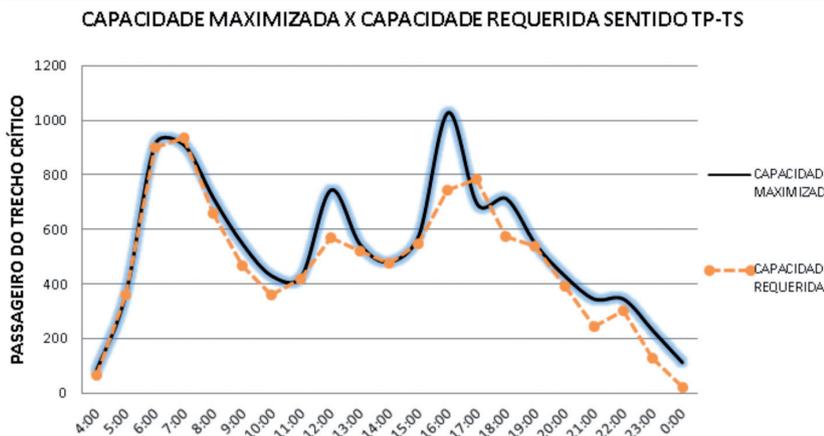


Gráfico 4: Capacidade maximizada e a demanda do trecho crítico, TP-TS

Fonte: Elaborado pelos autores.

- Aumento da capacidade de atendimento quando tiver demanda que a justifique;
- Implantação de baias para facilitar a ultrapassagem;
- Instalação de pré-embarques;
- Instalação de painéis informativos ou outros meios de comunicação aos usuários de modo que não haja perda de tempo.

Quanto aos veículos:

- Adoção de veículos com maior capacidade;
- Opção por veículos com portas mais largas;
- Instalação de uma segunda catraca no interior dos coletivos.
- Quanto ao planejamento da operação:
- Racionalização da rede de transporte;
- Definição de um trajeto onde se equilibre pontos de atendimentos com um itinerário sem muitos aclives e declives;
- Eliminação quando possível da sobreposição de linhas;
- Adoção de veículos extras para atendimento nos horários mais carregados;
- Implantação de veículos que operem em caráter expresso ou semi-expresso, em faixas horárias críticas.



Quanto a via circulante:

- Priorização da circulação por meio de faixas ou corredores exclusivos;
- Implantação faixas reversíveis para ampliação da capacidade da via;
- Sincronização dos focos semaforicos com prioridade para os coletivos;
- Ajustes da geometria viária a fim de possibilitar a circulação de veículos de grande porte.
- Quanto ao TP' ou TS:
- Arranjo físico adequado;
- Layout adequado;
- Instalação de elevadores e escadas rolantes com o intuito de evitar a travessia em nível.
- Implementação de espaços para operação de pré-embarque ou pagamento de tarifa de forma antecipada de modo que o embarque de passageiros seja pelas portas traseiras.
- Instalação de bolsões e mangueiras no TP ou no TS para abrigar os veículos que estarão disponíveis em momentos de necessidade.

5 Discussão dos resultados

A partir dos resultados apresentados, foi possível verificar que os cinco passos elencados por Goldratt e Cox (2006) para identificação de restrições foram satisfatórios para a condução deste estudo. Conforme predito pelos autores, esses passos auxiliam na melhoria dos processos com a possibilidade de maximização do ganho.

Com os resultados obtidos, também foi possível identificar, conforme Slack, Chambers, Harland, Harrison e Johnston (2009), o tabor da operação que consiste no gargalo da operação, cujas reclamações representaram maior quantidade quando comparadas com as restrições de operador e empresa.

Os resultados obtidos a partir do cálculo do fluxo de passageiros e a comparação realizada com a oferta considerando a capacidade da linha indicaram que, conforme destaca Leurent (2011), o fluxo de passageiros influencia no tempo de atendimento, de forma a confirmar a restrição de operação identificada. Apesar das operações do sistema de transporte estudado sofrerem limitações de capacidade, foi possível constatar que houve subutilização da capacidade ofertada em períodos de menor fluxo.

Considerando que Cox III e Spencer (2009) reforçam que o estudo das restrições do sistema permite melhorar os processos de forma contínua e suplantam gargalos que impeçam o desempenho da empresa, pode-se afirmar que este estudo conseguiu este objetivo de forma a sugerir uma programação que atendesse à demanda nos momentos mais críticos.

Por fim, seguindo a orientação de Rios (2010), que entende um sistema de transporte como um conjunto de partes que se interagem para promover o deslocamento, de Scaringella (2001), que destaca que as restrições envolvem relações existentes entre a ocupação do solo, os sistemas de transporte, a infraestrutura viária e a interação entre fator humano, veículo, via pública e meio ambiente, e também de Cheng e Chen (2015), que consideram que um sistema de transporte adequado deve considerar a acessibilidade, a mobilidade e a conectividade dos meios de transporte, sugeriu-se que o sistema de transporte estudado melhorasse diversos elementos no que tange aos aspectos humanos, de infraestrutura, de rotinas e de interação com elementos sistêmicos.

6 Considerações finais

O presente trabalho analisou a aplicação da Teoria das Restrições em uma linha de transporte coletivo público no Município de São Paulo.

Relacionando os parâmetros teóricos de dimensionamento de frota baseados em Ferraz e Torres (2004) com os princípios da Teoria das Restrições proposta por Goldratt e Cox (2006), foi possível propor um modelo de operação que considerasse o gargalo da linha.

Os resultados da pesquisa permitiram identificar diversos pontos de melhoria de forma que se sugerissem ações para a melhoria do desempenho do sistema considerando a restrição identificada.

Quanto à contribuição para a prática, destaca-se que os resultados alcançados permitem sugerir um plano de melhorias para linhas que tenham pontos de restrição que possam ser melhorados a partir da utilização da Teoria das Restrições.

Considera-se como limitação do estudo o fato da caracterização das restrições a partir das reclamações dos usuários não ter considerado o desempenho da linha em diversos trechos. Essa delimitação pode limitar a generalização dos resultados períodos específicos do desempenho da linha.

Como sugestões de pesquisas futuras, propõe-se o aprofundamento de estudo sobre a população atendida pela linha 574J-10 no que diz respeito ao nível de serviço prestado a partir da ótica do usuário e a análise dos impactos operacionais e financeiros das sugestões propostas nas seções 4.2.3 e 4.2.4.

Referências

- Cheng, Y. H., & Chen, S. Y. (2015). *Perceived accessibility, mobility, and connectivity of public transportation systems*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 386-403.
- Cox III, J. F., & Spencer, M. S. (2009). *Manual da Teoria das Restrições: Prefácio de Eliyahu M. Goldratt*. Bookman Editora.
- Diehl, A. A., & Tatim, D. C. (2004). *Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas*. Pearson Brasil.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2006). *A meta: um processo de melhoria contínua*. NBL Editora.
- Ferraz, A. C. P., & Torres, I. G. E. (2004). *Transporte público urbano*. RiMa Editora.
- Gil, A. C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa*. Atlas, São Paulo.
- Leurent, F. (2011). Transport capacity constraints on the mass transit system: a systemic analysis. *European Transport Research Review*, 3(1), 11-21.
- Oliveira Neto, F. M. D. (2004). *Priorização do transporte coletivo por ônibus em sistemas centralizados de controle de tráfego*. (Doctoral dissertation).
- Oort, N. V., Sparing, D., Brands, T., & Goverde, R. M. (2013). Optimizing Public Transport Planning and Operations Using Automatic Vehicle Location Data: The Dutch Example. Pergher, I., Rodrigues, L. H., & Lacerda, D. P. (2011). Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da Teoria das Restrições. *Gestão & Produção*, 18(4), 673-686.
- Rios, M. F. (2010). Metodologia para localização de terminais do sistema de transporte público coletivo urbano.
- Scaringella, R. S. (2001). A crise da mobilidade urbana em São Paulo. *São Paulo em perspectiva*, 15(1), 55-59.
- Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A., & Johnston, R. (2009). Administração da Produção. *Atlas, São Paulo*.

Recebido em 8 jan. 2018 / aprovado em 23 mai. 2018

Para referenciar este texto

Beca, A. L., Shimabuku, E., Silva, A. M., Tanaka, W. Y., & Ferreira, W. P. Aplicação da teoria das restrições no transporte público: estudo de caso em uma linha de ônibus na cidade de São Paulo. *Exacta*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 119-133. abr./jun. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v17n2.8230>>

