

Análise e proposta de reestruturação do sistema de transportes de Teresópolis - RJ.

Autores: Evelyn Cortez Alves¹; Eunice Horácio de Souza de Barros Teixeira Rodrigues¹; Richele Cabral¹.

¹Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro – Diretoria de Mobilidade Urbana – Gerência de Mobilidade Urbana.

Endereço: Rua da Assembleia, 10, 39º andar, Centro, Rio de Janeiro, RJ – Telefone: (21)3221-6300 – FAX: (21)2531-3711 – mobilidade@fetranspor.com.br.

SINÓPSE – O trabalho mostra a reestruturação do sistema de transporte público por ônibus de Teresópolis, estado do Rio de Janeiro, que visa aumentar e qualificar a mobilidade da população. O estudo é baseado no conceito da otimização operacional por meio de tronco-alimentação e ações na malha viária que auxiliam na redução de congestionamentos.

PALAVRAS-CHAVE – Mobilidade Urbana; Racionalização; Microsimulação

INTRODUÇÃO

A mobilidade é um fator essencial para todas as atividades urbanas, além de ser determinante para o desenvolvimento econômico, para a inclusão social e para o uso e ocupação do espaço urbano, permitindo que toda a população tenha acessibilidade aos serviços e ao sistema de transporte público.

Para Silva (2011, p.6), “A mobilidade urbana se refere à capacidade de deslocamento de pessoas e bens de um ponto de origem a outro ponto de destino dentro do espaço para o desenvolvimento de suas atividades em tempo e modo adequados e de forma segura”.

De acordo com Song, Diao e Feng (2019), a mobilidade urbana é um ingrediente chave que promove a interação social e a resiliência. Segundo os autores, se pensada em nível de bairros, sua melhora vem com investimentos em infraestrutura de transportes, que por sua vez podem promover uma maior interação e troca entre a população.

A mobilidade urbana tem sido cada vez mais alvo de discussões quando se trata de vida urbana e crescimento populacional. Deste modo, seus sistemas de transportes precisariam acompanhar as novas necessidades que tal crescimento impõe. O antigo padrão de redes de transportes, no qual as periferias eram ligadas ao centro por rotas fixas e diretas demonstra-se ultrapassado e contraproducente em termos financeiros, ambientais e de tempo. Sendo assim, a rede de transporte público deve operar de forma integrada, atendendo a diferentes necessidades e demandas dentro de um mesmo município.

Foi através do conceito de otimização que o sistema de transportes de Teresópolis, cidade serrana do Estado do Rio de Janeiro, foi repensado. A reestruturação ocorre melhorando-se a rede de transporte público urbano, reduzindo o tempo de viagem nos deslocamentos, minimizando congestionamentos através de ações na operação viária, aumentando a produtividade do sistema de transporte público coletivo, reduzindo o custo operacional e promovendo as integrações física e tarifária. Todas as ações buscam aumentar e qualificar a mobilidade da população.

Para tal, foi realizado amplo estudo do viário e das linhas do município. Além da análise dos itinerários, foram realizadas pesquisas complementares de campo. A partir dos dados e do conceito da otimização, foi realizada uma reestruturação do sistema de transporte tornando-o tronco-alimentado. O estudo apresenta não apenas os pontos de integração que viabilizam esse novo sistema, mas também os pontos críticos em cada eixo viário racionalizado, os quais tiveram propostas de melhorias.

Estudos de tráfego foram realizados e com o auxílio de microsimulação de tráfego, as situações puderam ser testadas com a formulação de cenários e respectivas modelagens

das soluções. A análise e comparação de resultados das simulações dos cenários original e futuros apresenta a perspectiva das propostas para efetivo funcionamento da otimização do sistema operacional da cidade.

DIAGNÓSTICO – Teresópolis é um município de médio porte localizado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. Fica a 100 km da capital e possui aproximadamente 180 mil habitantes. O município dispõe de uma frota de 95 mil veículos, sendo que deste número 60 mil são de automóveis e 18 mil de motocicletas. (IBGE, 2018)

O transporte público coletivo da cidade é realizado exclusivamente por ônibus. Na cidade há 3 empresas que realizam o transporte de passageiros, sendo que 2 operam 80 linhas, o que equivale a 93% das linhas municipais e possui uma demanda média mensal de 66 mil usuários. Destes, aproximadamente 48% de usuários com direito à gratuidade e rodam, em média, 22000 km por dia. A terceira empresa realiza apenas algumas ligações para localidades rurais da cidade. Todo o escopo deste trabalho foi realizado com as 2 primeiras empresas.

As linhas municipais, em sua grande maioria, são do tipo diametral, ou seja, ligam uma região à outra passando pela área central. Fazem exceção a essa tipificação as linhas do interior, que por sua vez tem um caráter radial, ou seja, ligam essas regiões à área central da cidade, tendo como ponto de destino o Terminal Rodoviário.

Atualmente o sistema de transporte da cidade não conta com nenhum tipo de integração, seja ela física ou tarifária, ou seja, dependendo do deslocamento é necessário o pagamento de 2 tarifas para cumprir tal itinerário.

Quanto ao sistema viário municipal de Teresópolis, tem-se como principais eixos estruturantes as vias discriminadas no Quadro 1 e Figura 1:

Quadro 1 – Principais eixos do município

Eixo	Vias	Ligações/Bairros	Serviços
1	Av. Lúcio Meira, Av. Alberto Tôrres e Av. Oliveira Botelho	Alto - Várzea	Comércio, hospitais, escolas e faculdades
2	Av. Tenente Luís Meirelles	Meudon - Centro	Comércio, serviços de saúde e escolas
3	Rua Manoel José Lebrão e Av. Presidente Roosevelt (BR-495)	Ermitage/Tijuca - Barra do Imbuí/Caleme	Área residencial com comércio
4	Av. Delfim Moreira	Vale do Paraíso/Prata - Centro	Comércio e agências bancárias

Fonte: Elaboração própria, 2019.

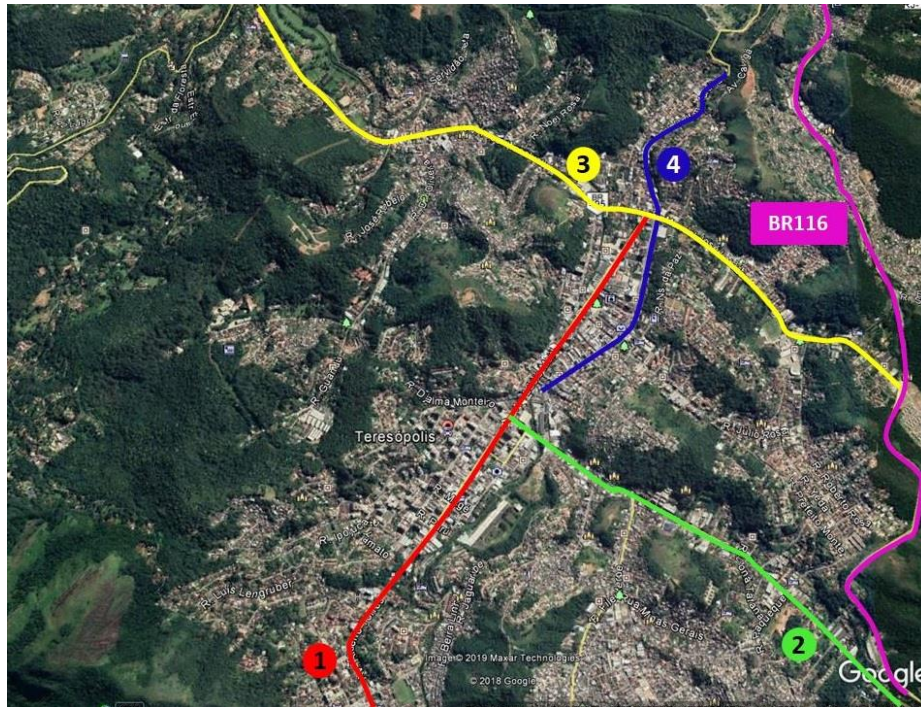


Figura 1: Principais eixos viários de Teresópolis.
 Fonte: Google Earth (adaptado)

Devido à importância de tais vias e através de visitas em campo constatou-se que estes 4 eixos supracitados possuem elevado volume de tráfego, gerando grandes congestionamentos. Sendo assim, verificou-se a importância de realização de estudo nas vias da região central.

A etapa de levantamento de dados foi realizada tanto em base primária como secundária. Os operadores do transporte público por ônibus forneceram, em base secundária, os dados operacionais de suas linhas, tais como: itinerários, frequências e quadros de partidas. No entanto, a falta de dados operacionais do sistema viário trouxe a necessidade de levantamento de dados em base primária, através de pesquisas de campo.

A pesquisa de contagem classificada veicular foi realizada em 14 pontos nos dias 24, 25 e 26 de outubro de 2017.

Foram realizadas, ainda, pesquisas de sobe e desce e de frequência e ocupação nas linhas para complementar os dados operacionais já obtidos em fonte secundária.

Todos estes dados coletados em bases primária e secundária foram utilizados para compor o modelo de microssimulação (Figura 2).



Figura 2: Rede viária no microssimulador
 Fonte: Elaboração própria, 2019.

Com a rede pronta e devidamente calibrada, conheceu-se os tempos de viagem dos pontos críticos da área da região central, conforme Quadro 2. Vale destacar que no sistema de transportes original da cidade, estas vias possuem alta frequência de linhas de ônibus, o que faz com que os congestionamentos observados em visitas de campo afetem diretamente na operação do transporte público coletivo.

Quadro 2 – Tempos de viagem obtidos na simulação do cenário original

Cenário Original Calibrado			
Indicador		Tempo de viagem (carro)	Tempo de viagem (ônibus)
Av. Lúcio Meira	Sentido Várzea	37 min	51 min
	Sentido Alto	10 min	17 min
Av. Delfim Moreira	Sentido Várzea	1,22 min	2 min
	Sentido Alto	19,5 min	19 min
Rua José Manoel Lebrão	Sentido Alto	5,5 min	5 min
Rua Tenente Luis Meireles	Sentido Meudon	10 min	12 min

Fonte: Elaboração própria, 2019.

A Avenida Lúcio Meira, popularmente conhecida como “Reta” é a principal via da cidade e no diagnóstico obtido é a via mais congestionada da região central. Segundo o modelo, os ônibus demoram cerca de 51 minutos para percorrer este trecho, que possui 2,5 km, no pico da tarde. Tal congestionamento reflete negativamente no tráfego de toda a região central, além de afetar toda a operação de transporte, uma vez que grande parcela das linhas municipais do sistema original tem como destino final o centro ou passam por ele.

Salienta-se ainda que, através dos dados de demanda da bilhetagem eletrônica e de transmissões de GPS de toda a frota, também fornecidos pelos operadores, foi possível montar uma matriz Origem Destino de toda a cidade. Este trabalho foi realizado associando as informações das transações do cartão do usuário (número do cartão, data, hora, linha e veículo utilizado) com as transmissões de GPS de cada veículo, relacionando-as na ida e na volta. Esta matriz foi utilizada como base para a criação das novas linhas do sistema, segundo os desejos do usuário.

Após diagnóstico de viário e de transportes atual, notou-se a necessidade de otimizar as linhas devido à grande convergência de chegada no eixo principal da cidade e, conseqüentemente, grandes congestionamentos na região central, principalmente no entorno da rodoviária. O estudo de racionalização propõe que as linhas sejam cortadas em pontos de integração de modo que algumas linhas cheguem ao centro. No entanto, para que haja esse corte há a necessidade de uma redução do tempo de ciclo. Para que ocorra a diminuição no tempo de ciclo é necessário o aumento da velocidade operacional, com intervenções no sistema viário diretamente. Para tal foram realizados estudos de tráfego de modo que uma segunda frente de trabalho foi iniciada com foco na área central da cidade, especificamente na reta e no entorno da rodoviária, para que houvesse uma melhoria da velocidade operacional e, conseqüentemente um ganho no tempo de viagem.

PROPOSIÇÕES

Estudo de racionalização:

Com a realização de pesquisas de frequência e ocupação visual e de sobe e desce, além da montagem de matriz OD citadas anteriormente, juntamente com os dados da operação fornecidos pelos operadores foi possível propor um novo sistema. Tal sistema foi construído com base no conceito da otimização da operação e tronco-alimentação do sistema de ônibus.

Sistemas tronco-alimentados promovem a integração dentro de redes complexas de transportes, garantindo uma maior oferta de transporte ao usuário, maior racionalidade no uso das vias, menos congestionamento e, conseqüentemente, maiores velocidades e menores tempos de viagem. Estes sistemas são um conceito de redes de transporte público coletivo que podem ser baseadas somente em ônibus ou também incluir sistemas sobre trilhos (BNDES; SEMOB, 2018).

Nos sistemas que utilizam ônibus, a reestruturação da rede busca racionalizar o número de linhas e os trajetos. O objetivo é melhorar a regularidade da operação e garantir a oferta nos trechos e nos períodos de maior concentração de demanda, além de viabilizar maior cobertura territorial (BNDES; SEMOB, 2018).

Em estudos que envolvem o uso de tais conceitos, o desejo de deslocamento do usuário será garantido com integrações física, tarifária e operacional, uma vez que poderá ser necessária a utilização de mais de um serviço para completá-lo. Sendo assim, tais integrações tornam-se premissas de estudo para sistemas tronco-alimentados.

A proximidade ou o compartilhamento de pontos de parada dos diferentes serviços garante a integração física, possibilitando curtas caminhadas e conseqüente economia de tempo na realização do transbordo. Já a possibilidade de pagar uma única tarifa para os dois serviços utilizados permite o acesso por parte da população periférica a todo o sistema de transporte e consiste na integração tarifária. Por fim, para que haja de fato uma economia global no tempo de viagem completo, é importante que haja uma coordenação dos horários dos diferentes serviços, de modo que o transbordo não demande demasiado tempo para o passageiro. A esta coordenação de horários pode-se chamar de integração operacional.

Ao analisar a matriz OD obtida com o estudo e as pesquisas realizadas, observou-se que havia uma convergência de chegada ao centro da cidade, independente da região de origem. Notou-se também as regiões que eram origens da maior parte dos usuários das 80 linhas do sistema e, assim, escolheu-se os locais dos pontos de integração. No total são 8 pontos de integração. Tais pontos foram elencados não somente com estudo e pesquisas, mas também após diversas visitas de campo, as quais possibilitaram a escolha destes locais que devem ter espaço e infraestrutura para receber a quantidade de pessoas e veículos necessários a um sistema tronco-alimentado. Quando necessário, foram feitos relatórios com as melhorias em termos de geometria e obras para que tais pontos fossem capazes de atender a tal demanda.

A elaboração da nova configuração de linhas trouxe a necessidade de estudar cada uma das regiões que terão ponto de integração. Para que se obtivesse uma otimização, foi necessário realizar as seguintes etapas:

- Verificação de sobreposição de itinerário das linhas atuais;
- Verificação de oferta nos eixos sobrepostos;
- Necessidade de redistribuição de demanda para atender ao eixo.

Deste modo, as linhas do sistema original (Figura 3) foram segmentadas em alimentadoras (do ponto de origem até o ponto de integração) e troncais (do ponto de integração até o centro da cidade) (Figura 4).

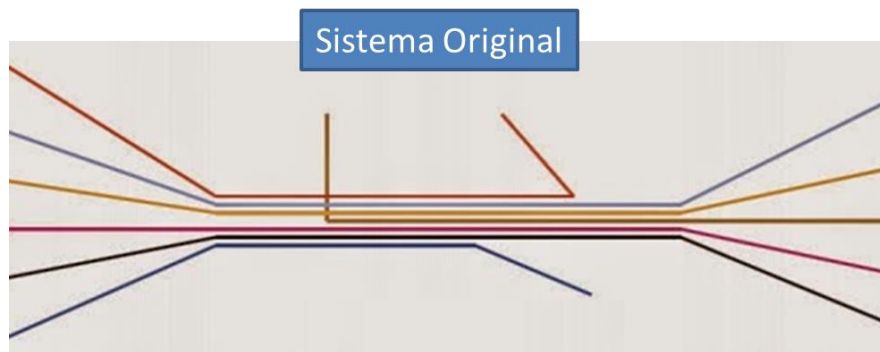


Figura 3: Racionalização de eixos com proposta de tronco-alimentação
 Fonte: Elaboração própria, 2019.

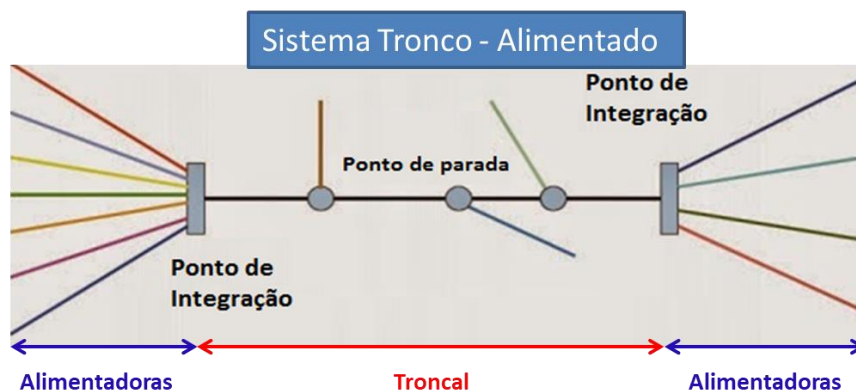


Figura 4: Racionalização de eixos com proposta de tronco-alimentação
 Fonte: Elaboração própria, 2019

Após a criação do itinerário de novas linhas troncais, alimentadoras e de algumas circulares, juntamente com os pontos de integração, foi criado o plano operacional de cada linha nova do sistema.

Para o novo plano operacional das linhas fez-se necessário adotar uma metodologia para alocação da frota nos corredores racionalizados. Esta atividade constou nos seguintes passos (Figura 5):



Figura 5: Metodologia para alocação de frota nos corredores racionalizados
 Fonte: Elaboração própria, 2019.

Para cada corredor foram feitos os quadros horários que contém as partidas e chegadas às origens e destinos de cada linha alimentadora e de cada troncal. Os quadros horários das linhas alimentadoras foram dimensionados de forma a ter coordenação com a operação das linhas troncais as quais são relacionadas. Deste modo, o passageiro tem reduzido o seu tempo de espera para realizar este transbordo.

Tendo sido desenhados os novos itinerários e conhecendo-se as novas frequências propostas no novo plano operacional chegou-se ao valor de quilometragem diária realizada pelas linhas do estudo de aproximadamente 15,5 mil km (27% de redução).

Estudo de tráfego:

Dada a dificuldade tanto no planejamento quanto no gerenciamento de redes de transportes cada vez mais complexas, a técnica de simulação de tráfego em microcomputadores tem sido uma grande aliada dos profissionais de transporte e dos tomadores de decisão. Com ela é possível antever possíveis problemas e ainda simular uma infinidade de incidentes para que se possa criar planos de emergência, antes mesmo de ocorrerem (ALVES, 2017).

O efeito do planejamento e do gerenciamento do tráfego pode ser analisado através do uso desta ferramenta, pois, através de seus resultados, é possível apontar soluções para os vários problemas do trânsito à medida que viabiliza a geração e teste de diferentes alternativas que visem melhorar a circulação de veículos e pedestres (MAIOLINO E PORTUGAL, 2001 *apud* TOLFO; JAYAKRISHNAN *et al.* 2001 *apud* SOUZA, 2003 *apud* TOLFO, 2006).

Sendo assim, após a modelagem do cenário original, teve-se conhecimento dos indicadores operacionais das vias da rede (velocidades, tempos de viagem, saturação viária, etc) e tornou-se factível a realização de propostas para melhorar as condições de tráfego da área estudada. Todas as alterações viárias sugeridas foram testadas na simulação, de forma que 9 cenários foram modelados e comparados entre si. Destes 9 cenários, elencou-se o melhor (Quadro 3) em termos de menores tempos de viagem. Adotou-se como premissa de estudo propor intervenções relativamente simples, de forma que as mesmas não inviabilizassem o mesmo.

Quadro 3 - Tempos de viagem obtidos na simulação do cenário proposto escolhido

Cenário 6			
Indicador		Tempo de viagem (carro)	Tempo de viagem (ônibus)
Av. Lúcio Meira	Sentido Várzea	11 min	14 min
	Sentido Alto	5 min	9 min
Av. Delfim Moreira	Sentido Várzea	5 min	5 min
	Sentido Alto	1,5 min	2 min
Rua José Manoel Lebrão	Sentido Alto	7,64 min	7,32 min
Rua Ten. Luis Meireles	Sentido Meudon	3 min	2 min

Fonte: Elaboração própria, 2019.

A diminuição dos tempos de viagem dos ônibus e dos carros foi possível propondo alterações na região central, tais como:

- Retirada de estacionamentos da região central, possibilitando vias mais largas para o escoamento de veículos;
- Mudança de sentido de vias;
- Implantação de semáforos;
- Proibição de determinados giros, que antes eram negativos para a corrente de tráfego;
- Reforço de sinalização horizontal e vertical;
- Revisão de tempos semafóricos, de forma a obter coordenação semafórica;

Destaca-se o fato de que o cenário proposto escolhido foi simulado com toda a proposta de troncalização, o que contribuiu bastante para a melhoria e diminuição nos tempos de viagem.

É importante frisar que todas as proposições constantes no estudo de tráfego do estudo de Teresópolis, apesar de beneficiar a todos os usuários do sistema (incluindo os veículos de uso individual), tem como objetivo principal melhorar as condições de tráfego e, conseqüentemente, a experiência do usuário de transporte público coletivo.

RESULTADOS

Através das sugestões de melhorias viárias propostas no estudo de tráfego foi possível melhorar os tempos de viagem nas principais vias da região central e conhecer os percentuais de tal redução. A Avenida Lúcio Meira, principal via da cidade, obteve uma redução de 73% no tempo de viagem dos ônibus e de 70% no tempo de viagem dos carros no sentido mais carregado. Para tal, foi necessária a realização de desvios de tráfego em trechos das Avenidas Delfim Moreira e Manoel José Lebrão. Tais desvios ocasionaram no aumento do tempo de viagem destas vias em 4 e 2 minutos, respectivamente e no sentido mais carregado. No entanto, ao se fazer uma análise de rede, tais aumentos se mostraram aceitáveis visto que a rede como um todo melhorou muito suas velocidades operacionais.

Com estes novos tempos, foram calculados os tempos de ciclo das novas troncais, que utilizam as vias que receberão as melhorias e os mesmos foram considerados nos quadros horários da racionalização.

Por intermédio da racionalização tornou-se factível diminuir a quilometragem operacional diária realizada (Quadro 4), diminuir a frota operante de 100 para 91 ônibus, garantindo maior oferta e, com isto, diminuindo os tempos de espera (Quadro 5) e de viagem do passageiro que, com a racionalização das linhas e a implantação de melhorias viárias chega a ser 15 minutos menor nas linhas troncais da região norte e de 10 minutos no tempo de viagem das demais troncais (Quadro 6).

Quadro 4 – Ganho operacional na quilometragem diária

Cenários	Quilometragem diária
Original	21463
Proposto Escolhido	15569
% de redução	27%

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Quadro 5 – Redução no tempo de espera do passageiro com a Racionalização

TEMPO DE ESPERA DO PASSAGEIRO				
Intervalo Médio (hora pico)				
Região	Origem /Destino	Cenário Atual	Cenário com a Racionalização	Redução
Alto	Alto à Jd. Pimenteiras	25 min	10 min	60%
Barra	Caleme à Alto	40 min	15 min	63%
Meudon	Meudon à Barra (R. Guandú)	40 min	15 min	63%
Meudon	Jd. Meudon à Fischer	2h	25 min	79%
Imbiú	Vale Alpino à Rodoviária	1h 40 min	40 min	60%
Vargem Grande	Vargem Grande à Rodoviária	1h	35 min	42%

Fonte: Elaboração própria, 2019.

Quadro 6 – Redução no tempo de viagem do passageiro com a racionalização

Origem /Destino	
Alto à Jd. Pimenteiras	Redução de 10 min no tempo de viagem na hora pico
Caleme à Alto	
Meudon à Barra (R. Guandú)	
Jd. Meudon à Fischer	
Vale Alpino à Rodoviária	
Vargem Grande à Rodoviária	

Fonte: Elaboração própria, 2019.

As reduções nos tempos de espera e de viagem de cada serviço, se combinadas, geram uma economia de tempo total (considerando a espera e os tempos de viagem dos dois serviços) de até 105 minutos.

Para garantir que os usuários tenham acesso a todas as regiões da cidade com o sistema novo, será implementada a integração tarifária junto com a proposta de tronco-alimentação. Deste modo, o passageiro que passará a realizar um transbordo continuará pagando apenas uma passagem, sem ser onerado financeiramente.

CONCLUSÕES

Este estudo mostra que é possível, através de sistemas tronco-alimentados, otimizar a operação do transporte público sem onerar o passageiro. Do contrário, a proposta aumenta a oferta ao usuário e diminui seu tempo de viagem. Além disso, destaca a importância que melhorias viárias relativamente simples têm no ganho de tempo de viagem e, conseqüentemente, na qualidade do serviço ofertado.

Além da melhora no tempo de viagem, garantida pela racionalização e pela redução de congestionamentos, o usuário passa a ter como benefícios a integração tarifária, na qual passa a pagar apenas uma passagem para a utilização de 2 serviços diferentes, melhor infraestrutura nos pontos finais e de integração e menor tempo de espera.

É imprescindível destacar que propostas como a apresentada no presente trabalho devem ter total apoio dos órgãos públicos, uma vez que todas as alterações viárias propostas são de alçada de secretarias municipais. Além disto, tão importante quanto a execução das alterações, são a fiscalização e realização de campanhas de educação no trânsito para a população. Cabe também aos órgãos públicos e às empresas operadoras vasta divulgação de informativos ao usuário para que este entenda a mudança que ocorrerá e veja que faz parte de um processo de melhoria para todos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E.C. *Soluções de mobilidade urbana por meio de intervenções de tráfego utilizando ferramentas de microssimulação: Estudo de caso BRS Teodoro da Silva*, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Rio de Janeiro, 2017.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL; SECRETARIA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA. *Guia TPC – Orientações para Seleção de Tecnologias e Implementação de Projetos de Transporte Público Coletivo*, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Brasil em Síntese: Teresópolis*, 2018. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/teresopolis/panorama>>. Acesso em 05 agosto 2019

LESSA, D. A.; LOBO, C.; CARDOSO, L. *Accessibility and urban mobility by bus in Belo Horizonte/Minas Gerais – Brazil*. Journal of Transport Geography, n. 77, 2019, p. 1-10. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2019.04.004.

SILVA, M. *Determinantes da alocação urbana e práticas de mobilidade da população de baixa renda: a segregação espacial na cidade do Rio de Janeiro*, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Alberto Coimbra, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SONG, S.; DIAO, M.; FENG, C. *Urban Mobility and Resilience: Transport Infrastructure Investment and the Demand for Travel*. In LEONG, C.; MALONE-LEE, L. Building Resilient Neighbourhoods in Singapore. 1 ed. Singapura. Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2019. p. 63-79. DOI: 10.1007/978-981-13-7048-9_5.

TOLFO, J.D. *Estudo comparativo de técnicas de análise de desempenho de rede viárias no entorno de polos geradores de viagens*, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.