

SEGURANÇA VIÁRIA EM SISTEMAS PRIORITÁRIOS PARA ÔNIBUS

Recomendações para integrar a segurança no planejamento, projeto e operação das principais rotas de ônibus

Um programa do

 WORLD RESOURCES INSTITUTE

 **EMBARQ**[®]
www.embarq.org

 **WORLD BANK GROUP**



EQUIPE TÉCNICA

Claudia Adriazola-Steil, Diretora de Saúde e Segurança Viária da EMBARQ, World Resources Institute

Dario Hidalgo, Diretor de Transporte Integrado da EMBARQ, World Resources Institute

Luis Antonio Lindau, Diretor-presidente da EMBARQ Brasil

Vineet Sam John, Analista de Pesquisa da EMBARQ, World Resources Institute

CONSULTORIA

Nicolae Duduta

Carsten Wass

REVISÃO

Marta Obelheiro, Coordenadora de Projetos de Saúde e Segurança Viária da EMBARQ Brasil

Brenda Medeiros, Gerente de Projetos de Transporte da EMBARQ Brasil

Rafaela Machado, Engenheira de Transportes da EMBARQ Brasil

Daniela Cassel, Estagiária em Saúde e Segurança Viária da EMBARQ Brasil

Um produto do

WRI Ross Centro para Cidades Sustentáveis

Projeto gráfico por:

Design de Maria

Este estudo foi realizado
com suporte financeiro da

**Bloomberg
Philanthropies**



SUMÁRIO

i. Prefácio	3
ii. Sumário Executivo	4
1. Visão Geral da Pesquisa	6

RECOMENDAÇÕES DE PROJETO

2. Gerenciamento da Velocidade	19
3. Recomendações para Segmentos de Via, Trechos em Meio de Quadra e Travessias de Pedestres	23
4. Estudo de Caso: BRT TransOeste, Rio de Janeiro	31
5. Recomendações para Interseções	35
6. Estudo de Caso: Linha 4 do Metrobús, Cidade do México	57
7. Recomendações para Estações	59
8. Estudo de Caso: BRT Operante em Via Expressa: o Metrobús de Istambul	71
9. Recomendações para Principais Estações de Transbordo	77

10. Pesquisa e Análise	92
11. Definições	105
12. Agradecimentos	106
13. Referências Bibliográficas	107

CIDADES E SISTEMAS DE ÔNIBUS INCLUÍDOS NO PROJETO



INSPEÇÕES DE SEGURANÇA VIÁRIA

- Rede Integrada de Transporte, Curitiba
- TransMilenio, Bogotá
- BRTS, Delhi
- Janmarg, Ahmedabad

MODELOS DE FREQUÊNCIA DE ACIDENTES

- Cidade do México
- Guadalajara
- Porto Alegre
- Bogotá

COLETA DE DADOS E ANÁLISES ADICIONAIS

- Linha 2 do Metrobús, Cidade do México
- Macrobús, Guadalajara
- TransMilenio, Bogotá
- Megabús, Pereira
- BRT, Santiago de Cali
- SIT, Arequipa
- Corredores de ônibus, Belo Horizonte
- Boqueirão e Eixo Sul, Curitiba
- South East Busway, Brisbane
- BRTS, Delhi
- Corredores de ônibus, São Paulo
- BRT Metrobús, Istambul

AUDITORIAS DE SEGURANÇA VIÁRIA EM CORREDORES DE ÔNIBUS E BRT

- Linhas 3, 4 e 5 do Metrobús, Cidade do México
- SIT, Arequipa, Peru
- Corredores C. Machado e Dom Pedro II, Belo Horizonte
- Corredor Antônio Carlos, Belo Horizonte
- BRT TransCarioca, Rio de Janeiro
- BRT TransOeste, Rio de Janeiro
- BRT, Izmit, Turquia

FONTES DE DADOS

- Ministerio de Transporte, Colômbia, 2011
- TRANSMILENIO S.A., 2011
- Gobierno de la Ciudad de México, 2011
- Secretaria de Vialidad y Transporte de Jalisco, 2011
- Estudios, Proyectos y Señalización Vial S.A. de C.V., 2011
- Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), Porto Alegre, 2011
- Matricial Engenharia Consultiva Ltda., 2011
- Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S.A. (BHTrans), 2011
- Urbanização de Curitiba S.A. (URBS), 2011
- Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, 2011
- Delhi Police, 2010
- Road Safety and Systems Management Division, Brisbane, Queensland, Austrália, 2009
- Instituto Metropolitano Protransporte de Lima, 2012
- Istanbul Elektrik Tramvay ve Tunel (IETT)

PREFÁCIO

Investimentos em sistemas de transporte coletivo de alta qualidade em cidades de países em desenvolvimento podem trazer benefícios significativos à segurança viária e, ao mesmo tempo, atender às crescentes necessidades de mobilidade dos seus habitantes.

Mais de 1,2 milhão de pessoas morre em acidentes de trânsito em todo o mundo anualmente, segundo a Organização Mundial da Saúde. A maioria dessas mortes ocorre em países de baixa e média renda com altas taxas de motorização. É provável que essa situação piore com a ausência de intervenções políticas, e os acidentes de trânsito podem se tornar a quinta principal causa de mortes em todo o mundo até 2030.

Em resposta a essa tendência inaceitável, a Organização das Nações Unidas declarou o período entre 2011 e 2020 como a Década de Ação para a Segurança Viária. A EMBARQ e o Banco Mundial têm se comprometido em promover as metas da Década de Ação e ajudar a atingir seu ambicioso objetivo de reduzir as mortes no trânsito pela metade até 2020.

Este relatório é parte importante desse esforço, pois destaca a oportunidade única de alavancar os crescentes investimentos em sistemas de *Bus Rapid Transit* (BRT – transporte rápido por ônibus) e outros sistemas prioritários para ônibus em cidades de todo o mundo para melhorar a segurança e, ao mesmo tempo, atender às crescentes necessidades de mobilidade. De fato, o número de sistemas BRT tem aumentado nos últimos anos, visto que as primeiras experiências na América Latina têm inspirado cidades de outras regiões do mundo a

melhorar seus sistemas de transporte coletivo. O recente compromisso de oito bancos multilaterais de desenvolver de direcionar \$175 bilhões ao longo de dez anos para o transporte sustentável irá contribuir ainda mais para esse crescimento.

As evidências apresentadas neste relatório demonstram claramente que sistemas de transporte coletivo de alta qualidade podem resultar em benefícios significativos à segurança nas vias onde são implementados, reduzindo em até 50% o número de mortos e feridos. No entanto, para isso, é importante que os novos sistemas que estão sendo construídos incluam infraestrutura de alta qualidade e elementos de segurança. Este relatório fornece recomendações detalhadas para incorporar a segurança no projeto, planejamento e operação de diferentes sistemas de ônibus, baseadas em análises de dados e auditorias e inspeções de segurança viária de sistemas de ônibus existentes ao redor do mundo.

Espera-se que os projetistas, arquitetos, engenheiros e tomadores de decisão envolvidos no planejamento e na implementação de novos sistemas prioritários para ônibus utilizem as recomendações deste relatório para garantir que os novos sistemas de transporte coletivo atinjam todo o seu potencial de melhorar a segurança e a qualidade de vida.



Marc H. Juhel
Gerente de Práticas em Transportes
World Bank Group
Transport & ICT



Holger Dalkmann
Diretor
EMBARQ
WRI Ross Centro para Cidades Sustentáveis



Claudia Adriazola-Steil
Diretora de Saúde e Segurança Viária
EMBARQ
WRI Ross Centro para Cidades Sustentáveis

SUMÁRIO EXECUTIVO

Os sistemas BRT e sistemas prioritários para ônibus têm se tornado uma solução atrativa para as necessidades de mobilidade urbana nos últimos anos, devido aos seus custos de capital e tempos de construção relativamente menores em relação ao transporte coletivo ferroviário.

Com a crescente popularidade desses sistemas¹, diversos estudos e manuais de planejamento têm surgido, ilustrando as diferentes opções de projeto disponíveis e seu impacto sobre o desempenho operacional dos sistemas, bem como descrevendo alguns dos desafios institucionais à sua implementação (ver Rickert 2007; Hidalgo e Carrigan 2010; e Moreno González, Romana e Alvaro 2013).

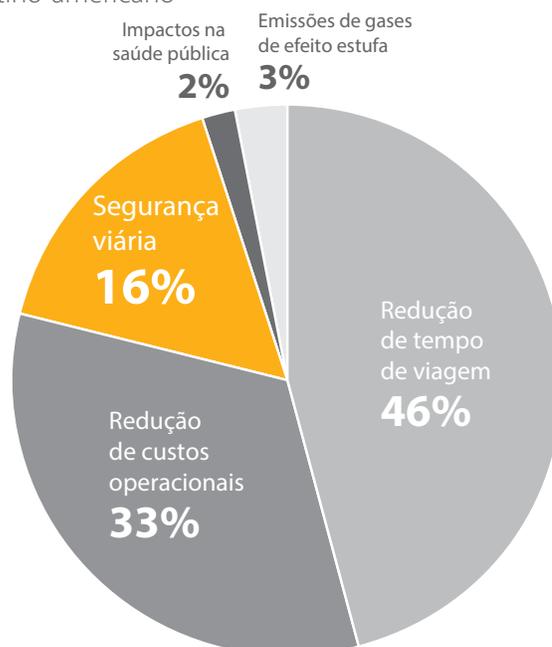
Entretanto, os aspectos de segurança viária dos sistemas prioritários para ônibus geralmente não são tão compreendidos quanto os seus já bem documentados impactos em tempos de viagem, emissões de gases do efeito estufa e poluentes locais, ou, ainda, na valorização do solo. As pesquisas aqui documentadas revelam que os sistemas prioritários para ônibus têm apresentado significativos impactos positivos em segurança viária, reduzindo em mais de 50% os acidentes graves e mortes nas vias onde foram implementados (Duduta, Lindau e Adriazola-Steil 2013). Com base nesses dados, estima-se que os impactos sobre a segurança são geralmente responsáveis por 8% a 16% dos benefícios econômicos totais nesses tipos de sistema (Figura 1)².

Os impactos em segurança são responsáveis por até 16% dos benefícios econômicos totais de um típico BRT latino-americano

Este relatório foi baseado em um extenso projeto de pesquisa sobre aspectos de segurança viária em sistemas prioritários para ônibus, a partir de análises de dados e auditorias e inspeções de segurança viária de mais de 30 sistemas de ônibus existentes ao redor do mundo, assim como modelos de microsimulação testando o impacto de soluções de segurança sobre o desempenho operacional.

Este relatório foi projetado como um guia prático para planejadores de transporte, engenheiros e urbanistas envolvidos no planejamento e projeto de sistemas de ônibus. É coberta uma ampla gama de tipos de sistemas e corredores, desde sistemas com faixas prioritárias para ônibus junto ao meio-fio até sistemas BRT de alta capacidade, múltiplas faixas e em corredor central. Foram identificados os principais fatores de riscos e acidentes mais frequentes e sugeridos conceitos de projeto para evitá-los. Também é avaliado como os principais conceitos de projeto afetam o desempenho operacional dos sistemas de ônibus, com enfoque em capacidade de passageiros, tempos de viagem e tamanho da frota.

Figura 1 Impactos em segurança como percentual dos benefícios econômicos totais de um típico BRT latino-americano



COMO USAR ESTE MANUAL

Este manual fornece uma abrangente visão dos diversos aspectos relacionados à segurança em diferentes estágios do planejamento, projeto e operação de um sistema prioritário para ônibus. Seu enfoque primário é o transporte coletivo de alta capacidade por ônibus em cidades de países em desenvolvimento e baseia-se, principalmente, em pesquisas realizadas nessas regiões. Entretanto, muitas das evidências e recomendações deste manual também podem ser aplicadas a cidades de países desenvolvidos e a sistemas ferroviários, especialmente de bondes e VLT (veículos leves sobre trilhos).

De fato, os resultados sugerem que os principais riscos à segurança em um corredor de transporte coletivo dependem mais da sua configuração geométrica do que do tipo de tecnologia utilizada (ônibus ou trilhos) ou da região do mundo onde está localizado. Por exemplo, um dos tipos mais comuns de acidente envolvendo veículos de transporte coletivo que operam ao longo do canteiro central de uma via arterial é a colisão com o tráfego em conversão. Isso se verifica independentemente de o sistema de transporte coletivo ser um BRT no Rio de Janeiro ou um VLT nos Estados Unidos (Duduta *et al.* 2012; Klaver Pecheux e Saporta 2009). Isso não significa necessariamente que as mesmas soluções possam ser aplicadas em todos os sistemas. A composição do tráfego, os padrões de projeto viário e o respeito à sinalização e à legislação do trânsito podem variar muito entre um local e outro.

A **Visão Geral da Pesquisa** apresenta os principais resultados do estudo. Estes são explicados mais detalhadamente na seção **Pesquisa e Análise**, que discute o impacto geral sobre a segurança esperado com a implementação de diferentes tipos de sistema de ônibus. São discutidas as metodologias para estimar os impactos sobre a segurança e para

avaliar os benefícios econômicos relacionados à segurança. Estas metodologias são, então, ilustradas com exemplos de Bogotá, Cidade do México, Guadalajara, Ahmedabad e Melbourne. Isso é importante para as fases iniciais do planejamento de projetos e para a tomada de decisões de financiamento, pois pode fornecer orientações para a inclusão da segurança na análise de custo-benefício ou análises de alternativas.

A seção **Recomendações de Projeto** inclui ilustrações comentadas de configurações comuns de vias e interseções onde sistemas prioritários para ônibus são implementados. Elas estão agrupadas nas seguintes categorias:

- **Segmentos da Via, Trechos em Meio de Quadra e Travessias de Pedestres**
- **Interseções**
- **Estações**
- **Principais Estações de Transbordo**

Os conceitos de projeto não são específicos para cada local e têm o objetivo de ser aplicáveis em diferentes contextos. Além disso, são utilizados **estudos de caso** para ilustrar aplicações específicas desses conceitos. É usado o estudo de caso do **Rio de Janeiro** para analisar o impacto dos conceitos apresentados de projeto seguro sobre as operações de BRT usando microssimulação. O estudo de caso da **Cidade do México** mostra um exemplo da implementação de prioridade ao ônibus nas vias estreitas de um centro histórico, enquanto que o estudo de caso de **Istambul** mostra a operação de um BRT em uma via expressa. Também é utilizado o BRT Metrobüs de Istambul como estudo de caso de projeto de estações de sistemas de ônibus que operam em vias expressas.

CAPÍTULO 1

VISÃO GERAL DA PESQUISA

O impacto geral sobre a segurança decorrente da implantação de um sistema prioritário para ônibus em um corredor varia de acordo com as características do sistema e com as condições existentes na via.

1.1 IMPACTOS EM SEGURANÇA NA IMPLEMENTAÇÃO DE PRIORIDADE AO ÔNIBUS

Nas cidades de países em desenvolvimento, a implantação de sistemas BRT em corredores centrais geralmente mostrou impacto positivo sobre a segurança (Tabela 1). Uma pesquisa australiana indicou que sistemas prioritários para ônibus (incluindo priorização semaforica e faixas exclusivas) também têm um impacto positivo na segurança. Outros estudos dos Estados Unidos apresentam impactos opostos - vários tipos de faixas de ônibus demonstram contribuir para taxas maiores de acidentes.

A pesquisa conduzida sugere que as diferenças nos impactos em segurança estão mais relacionadas às alterações feitas na infraestrutura viária para acomodar a infraestrutura de ônibus do que ao tipo de sistema de ônibus implementado. A principal razão pela qual os sistemas BRT latino-americanos têm gerado impactos positivos sobre a segurança é o fato de que, a fim de acomodar a infraestrutura do BRT, as cidades retiraram faixas de tráfego, introduziram canteiros centrais, reduziram distâncias de travessia de pedestres e proibiram a conversão à esquerda na maioria das interseções (Figura 2). Os modelos de frequência de acidentes utilizados indicam que todas essas

alterações da infraestrutura estão associadas a impactos positivos sobre a segurança (Tabela 2). A análise dos impactos em segurança confirma estes resultados em vários sistemas BRT que incluem essas características (p. ex., Macrobús, Guadalajara, Figura 3).

Impactos sobre a segurança além do corredor

A remoção de faixas de tráfego para a implementação de prioridade ao ônibus reduz a capacidade da via para tráfego misto. Apesar da preocupação de que o tráfego desviado para rotas paralelas possa aumentar os acidentes nestas outras vias, a análise dos dados de Guadalajara sugere que isso não ocorre. Uma zona de segurança de 3 km foi selecionada em ambos os lados do corredor, a fim de incluir diversas vias arteriais importantes paralelas ao corredor BRT. Descobriu-se que os acidentes na zona de segurança (excluindo o corredor BRT) diminuíram em 8% durante o mesmo período de tempo, e essa tendência também ocorreu no restante da cidade. Isso indica que as melhorias em segurança observadas no corredor de Guadalajara (Tabela 3) não foram anuladas pelo aumento de acidentes nas vias paralelas.

Tabela 1 Impactos na segurança de sistemas prioritários para ônibus

	% mudança nos acidentes	95% intervalo de confiança	Fonte
BRT Arterial (países latino-americanos)			
Vítimas fatais	-47%	(-21%, -64%)	Análises EMBARQ
Feridos	-41%	(-35%, -46%)	
Total de acidentes	-33%	(-29%, -36%)	
BRT Arterial (América Latina e Índia)			
Vítimas fatais	-52%	(-39%, -63%)	Análises EMBARQ
Feridos	-39%	(-33%, -43%)	
Total de acidentes	-33%	(-30%, -36%)	
Sistema prioritário para ônibus (Austrália)			
Total de acidentes	-18%	n/a	Goh <i>et al.</i> 2013
Faixas exclusivas em horários de pico para ônibus e veículos com alta taxa de ocupação (<i>high occupancy vehicles</i> – HOV) (Estados Unidos)			
Severidade não especificada	+61%	(+51%, +71%)	Elvik e Vaa 2008
Faixas exclusivas de ônibus em horário de pico (Estados Unidos)			
Acidentes com vítimas	+12%	(+4%, +21%)	Elvik e Vaa 2008
Acidentes com danos materiais	+15%	(+3%, +28%)	
Faixas exclusivas permanentes para ônibus e táxis (Estados Unidos)			
Acidentes com vítimas	+27%	(+8%, +49%)	Elvik e Vaa 2008
Severidade não especificada	-4%	(-8%, 0)	

Figura 2 Mudanças na infraestrutura da via para acomodar um típico BRT latino-americano (na foto, Macrobus, Guadalajara) e os benefícios em segurança a elas associados

Proibição de conversão à esquerda
- 22% acidentes com vítimas

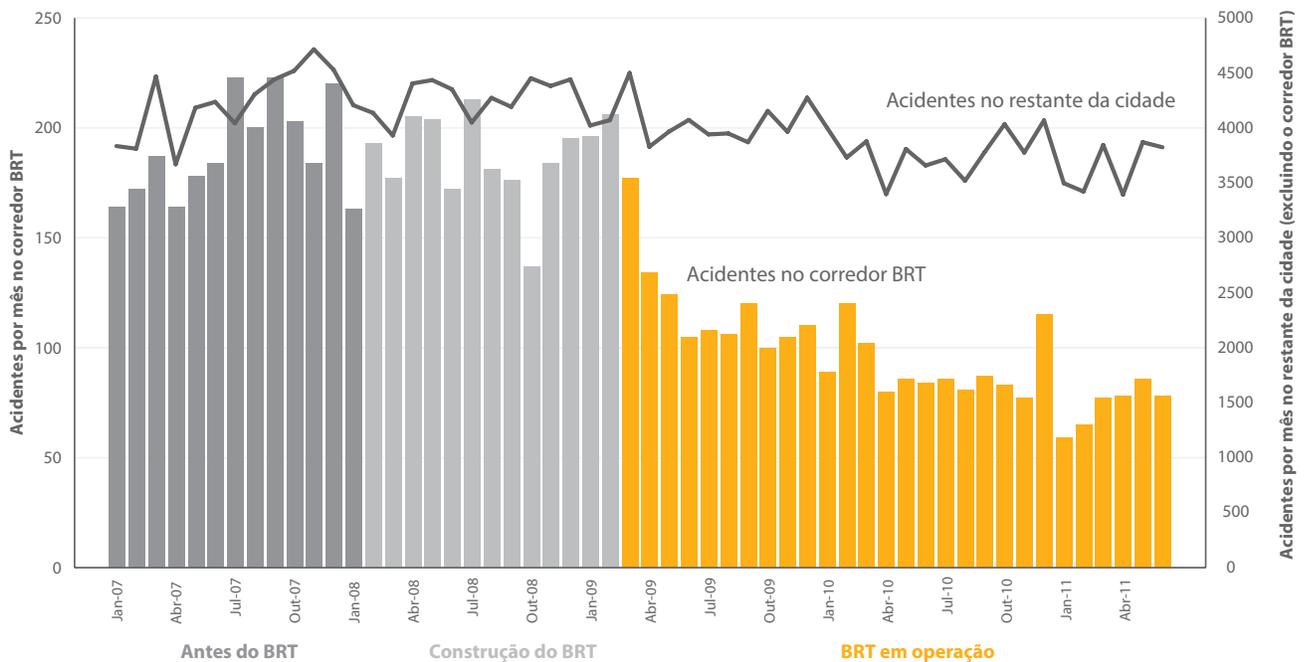
Remoção de uma faixa de tráfego misto
- 12% acidentes com veículos

Canteiro central
- 35% acidentes com vítimas

Menor distância de travessia
- 6% atropelamentos para cada metro reduzido



Figura 3 Acidentes na Calzada Independencia, Guadalajara, 2007-2011



Fonte: Calculado a partir de estatísticas fornecidas pela Secretaria de Vialidad y Transporte de Jalisco 2011

Tabela 2 Impactos na segurança decorrentes de mudanças comuns na infraestrutura associadas à implementação de sistemas prioritários para ônibus

	Tipo de acidente	% mudança nos acidentes	95% intervalo de confiança
Alteração de uma interseção de 4 aproximações para 2 interseções em T	Grave	-66%	(-1%, -88%)
	Total de acidentes	-57%	(-37%, -70%)
Remoção de uma faixa de tráfego	Grave	-15%	(-11%, -17%)
	Colisões entre veículos	-12%	(-9%, -15%)
Redução das distâncias de travessia de pedestres (para cada metro removido)	Grave	-2%	(-0,04%, -4%)
	Atropelamentos	-6%	(-2%, -8%)
Proibição de conversões à esquerda nos corredores principais	Grave	-22%	(-12%, -32%)
	Colisões entre veículos	-26%	(-10%, -43%)
Implementação de canteiro central	Grave	-35%	(-8%, -55%)
	Colisões entre veículos	-43%	(-26%, -56%)
Implementação de uma faixa exclusiva de ônibus em contrafluxo	Grave	+83%	(+23%, +171%)
	Colisões entre veículos	+35%	(+0,02%, +86%)
	Atropelamentos	+146%	(+59%, +296%)
Redução da distância entre semáforos (para cada 10 m)	Grave	-3%	(-1%, -5%)
	Total de acidentes	+2%	(+0,03%, +4%)
	Atropelamentos	-5%	(-1%, -7%)
Passarela em via expressa	Atropelamentos	-84%	(-55%, -94%)
Passarela em via arterial	Atropelamentos	Sem impacto estatisticamente significativo	(-23%, +262%)

No entanto, em menor escala, houve várias situações em que a implantação do BRT transferiu o risco de acidentes para as vias próximas. Conversões à esquerda foram proibidas na maioria das interseções – uma característica comum em sistemas BRT em faixas centrais. As conversões à esquerda foram substituídas por alças, redirecionando o tráfego pela vizinhança.

Algumas das alças mais bem projetadas não tiveram qualquer impacto sobre os acidentes nas vias ao redor do corredor BRT, mas em pelo menos um caso a criação da alça resultou em um aumento dos acidentes nas interseções ao longo da mesma. Isso sugere que o projeto e o planejamento de um BRT devem se estender para além do corredor em si e devem levar em consideração e mitigar possíveis efeitos colaterais. Essas questões são abordadas na seção Recomendações de Projeto.

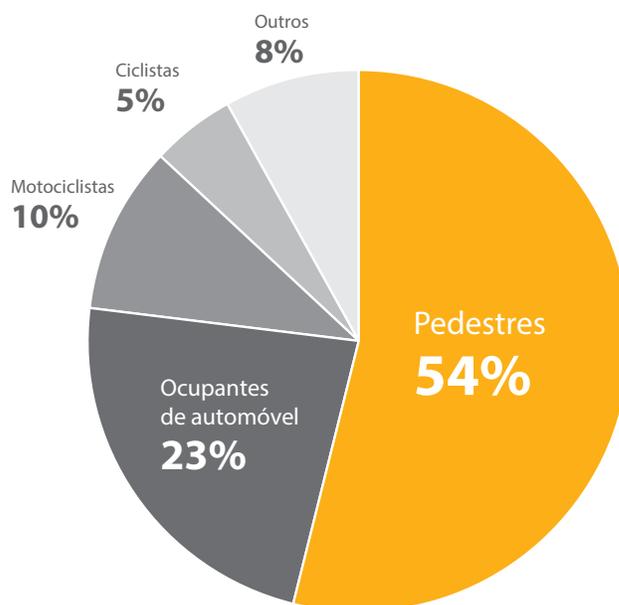
Tabela 3 Resultados da avaliação dos impactos na segurança em sistemas prioritários para ônibus na América Latina, Índia e Austrália³

Cidade	Mudança no sistema de ônibus	Impacto na segurança		
		ACIDENTES	FERIDOS	VÍTIMAS FATAIS
Ahmedabad	Transporte coletivo informal para sistema de BRT em corredor central com uma faixa por sentido	-32%	-28%	-55%
Cidade do México	Transporte coletivo informal para sistema de BRT em corredor central com uma faixa por sentido	+11%	-38%	-38%
Guadalajara	Faixas prioritárias para ônibus junto ao meio-fio para sistema BRT em corredor central com faixas de ultrapassagem nas estações	-56%	-69%	-68%
Bogotá	Corredor de ônibus central para sistema BRT em corredor central com múltiplas faixas	n/a	-39%	-48%
Melbourne	Sistema de ônibus convencional para sistema prioritário para ônibus utilizando faixa reservada para ônibus nas interseções e priorização semafórica	-11%	-25%	-100%

Acidentes graves

Embora estejam envolvidos em apenas 7% dos acidentes registrados nos corredores de ônibus (número considerado baixo, possivelmente indicando haver acidentes não registrados), os pedestres representam mais da metade das mortes (Figura 4) em todos os sistemas de ônibus incluídos na pesquisa. Portanto, melhorar a segurança nos corredores de ônibus é, principalmente, uma questão de prevenir atropelamentos. Em geral, os pedestres estão em risco quando atravessam o corredor em meio de quadra, geralmente distante das travessias de pedestres. O risco é especialmente alto próximo às estações de transporte coletivo, uma vez que os passageiros frequentemente tentam atravessar as faixas de ônibus ao sair ou entrar na estação, seja para não pagar a passagem ou simplesmente para tomar um atalho. Isso sugere que o desenho do acesso às estações e a implantação de melhor infraestrutura para as travessias de pedestres em meio de quadra podem ter um papel crucial na melhoria da segurança em corredores de ônibus.

Figura 4 Vítimas fatais em corredores de ônibus por tipo de usuário (inclui dados da Cidade do México, Guadalajara, Delhi, Ahmedabad, Curitiba, Porto Alegre e Belo Horizonte)



Pedestres geralmente representam mais da metade das mortes em um corredor de ônibus

1.2 TIPOS COMUNS DE ACIDENTES

CONVERSÕES À ESQUERDA SOBRE AS FAIXAS DE ÔNIBUS

SEVERIDADE: ALTA

Dependendo da velocidade do ônibus que se aproxima, os acidentes podem ser bastante graves.

Este é o tipo mais comum de colisão entre os ônibus e o tráfego misto nos corredores de ônibus em faixas centrais. Mesmo onde é proibido, os veículos podem tentar realizar conversões ilegais à esquerda, causando acidentes.

Substituir conversões por alças é uma solução para este conflito e será discutida mais detalhadamente nas páginas 38-40. Para interseções com conversão à esquerda, ver página 43.

VEÍCULOS NÃO AUTORIZADOS NAS FAIXAS DE ÔNIBUS

SEVERIDADE: MODERADA

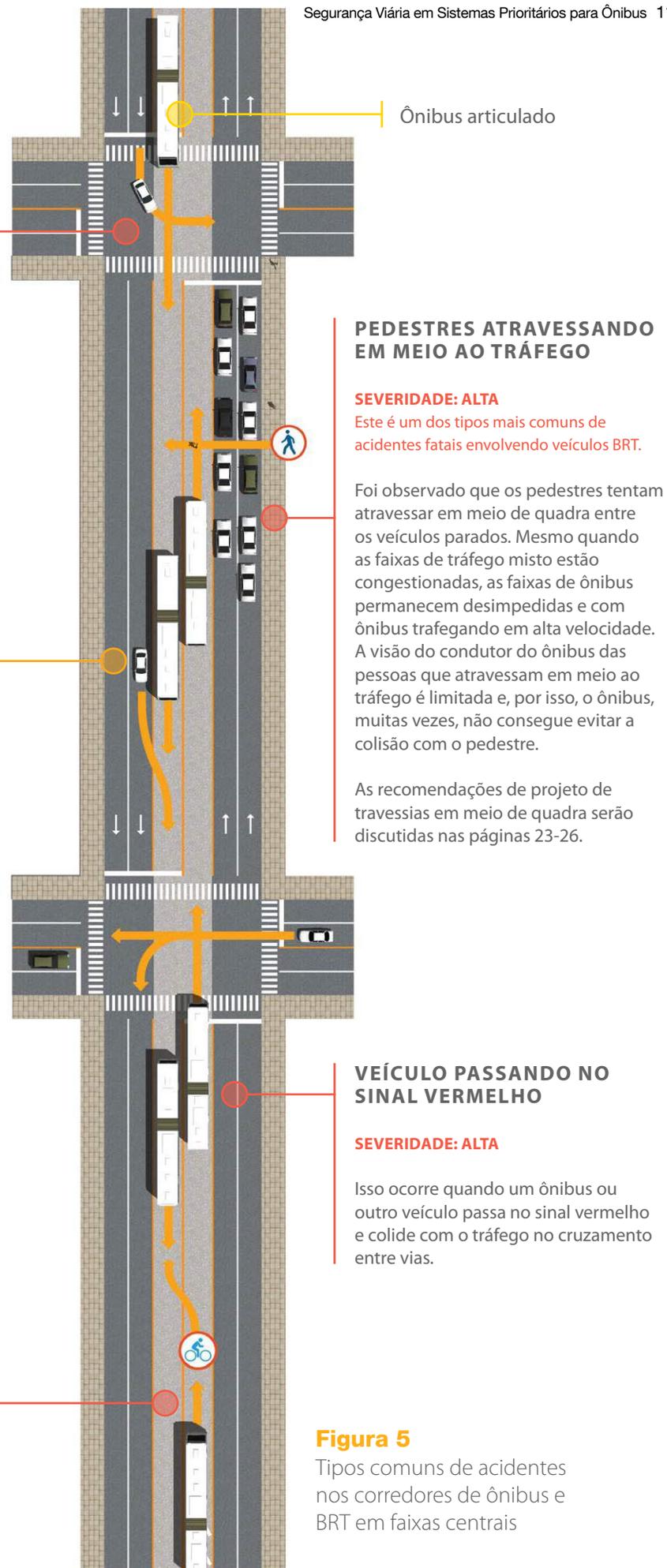
Esta é uma situação comum de acidente em todos os corredores com faixas de ônibus dedicadas onde não há forte separação física entre as faixas de ônibus e as outras faixas. Veículos não autorizados entram nas faixas de ônibus e colidem com os ônibus.

ACIDENTES ENTRE VEÍCULOS BRT E CICLISTAS

SEVERIDADE: ALTA

Os ciclistas frequentemente usam as faixas do BRT nos corredores que não possuem ciclovias, causando conflitos e acidentes com ônibus. A situação é particularmente perigosa quando o ciclista percebe que um ônibus se aproxima e tenta sair do caminho.

Os ciclistas podem ser atingidos por outro ônibus na faixa adjacente ou perder o controle e atingir os divisores de faixa, resultando em graves ferimentos.



PEDESTRES ATRAVESSANDO EM MEIO AO TRÁFEGO

SEVERIDADE: ALTA

Este é um dos tipos mais comuns de acidentes fatais envolvendo veículos BRT.

Foi observado que os pedestres tentam atravessar em meio de quadra entre os veículos parados. Mesmo quando as faixas de tráfego misto estão congestionadas, as faixas de ônibus permanecem desimpedidas e com ônibus trafegando em alta velocidade. A visão do condutor do ônibus das pessoas que atravessam em meio ao tráfego é limitada e, por isso, o ônibus, muitas vezes, não consegue evitar a colisão com o pedestre.

As recomendações de projeto de travessias em meio de quadra serão discutidas nas páginas 23-26.

VEÍCULO PASSANDO NO SINAL VERMELHO

SEVERIDADE: ALTA

Isso ocorre quando um ônibus ou outro veículo passa no sinal vermelho e colide com o tráfego no cruzamento entre vias.

Figura 5

Tipos comuns de acidentes nos corredores de ônibus e BRT em faixas centrais

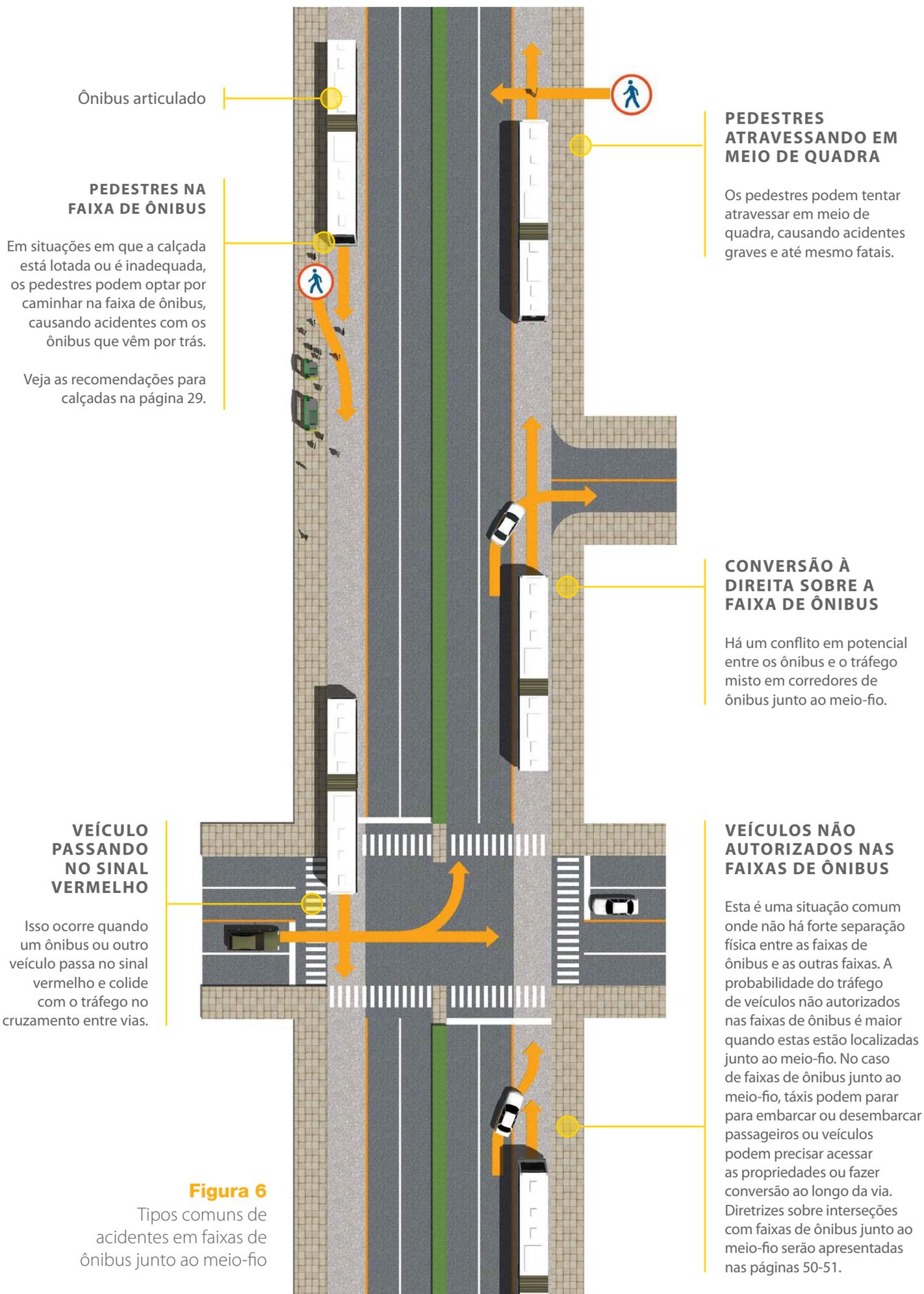
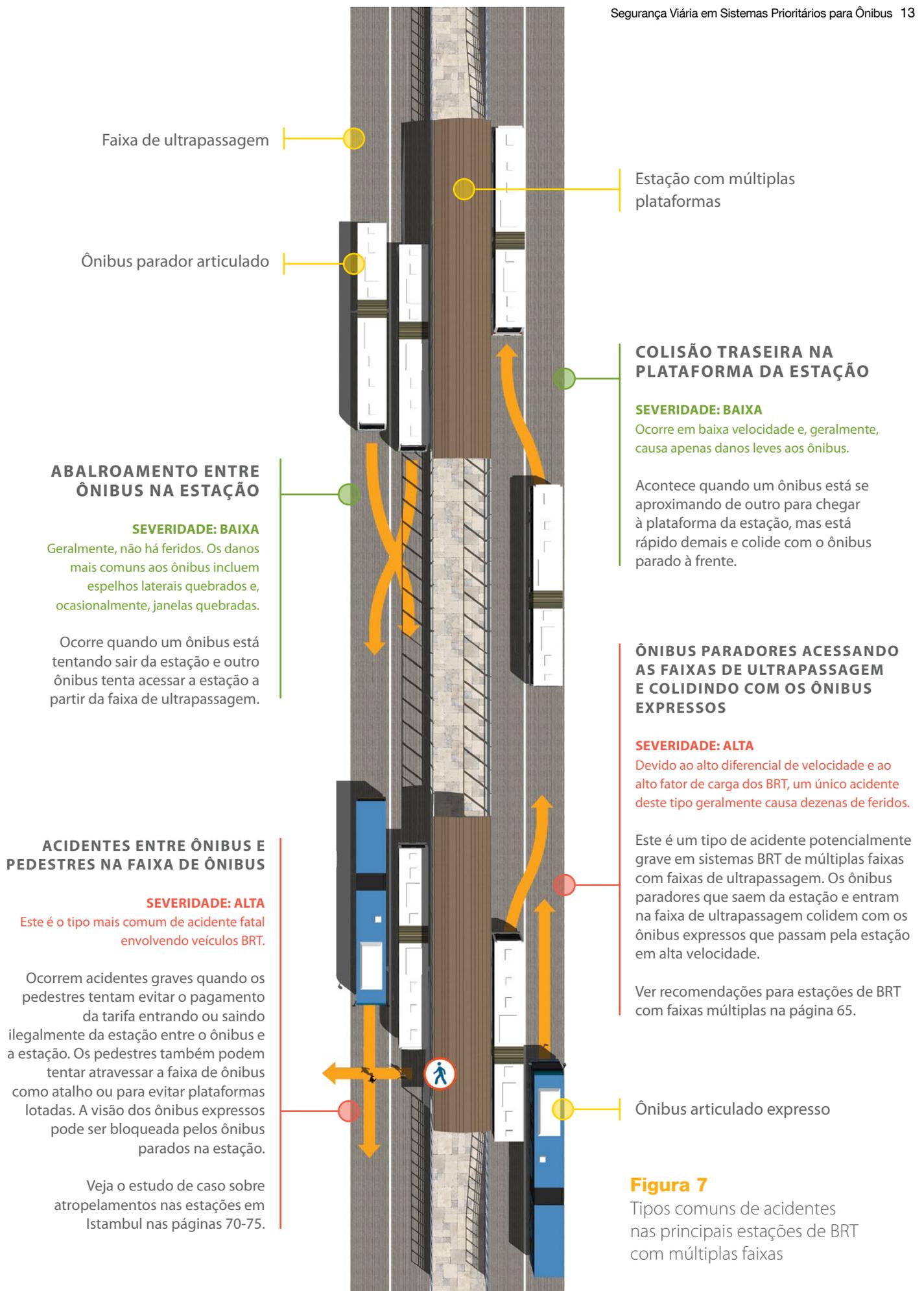


Figura 6

Tipos comuns de acidentes em faixas de ônibus junto ao meio-fio



ABALROAMENTO ENTRE ÔNIBUS NA ESTAÇÃO

SEVERIDADE: BAIXA

Geralmente, não há feridos. Os danos mais comuns aos ônibus incluem espelhos laterais quebrados e, ocasionalmente, janelas quebradas.

Ocorre quando um ônibus está tentando sair da estação e outro ônibus tenta acessar a estação a partir da faixa de ultrapassagem.

COLISÃO TRASEIRA NA PLATAFORMA DA ESTAÇÃO

SEVERIDADE: BAIXA

Ocorre em baixa velocidade e, geralmente, causa apenas danos leves aos ônibus.

Acontece quando um ônibus está se aproximando de outro para chegar à plataforma da estação, mas está rápido demais e colide com o ônibus parado à frente.

ÔNIBUS PARADORES ACESSANDO AS FAIXAS DE ULTRAPASSAGEM E COLIDINDO COM OS ÔNIBUS EXPRESSOS

SEVERIDADE: ALTA

Devido ao alto diferencial de velocidade e ao alto fator de carga dos BRT, um único acidente deste tipo geralmente causa dezenas de feridos.

Este é um tipo de acidente potencialmente grave em sistemas BRT de múltiplas faixas com faixas de ultrapassagem. Os ônibus paradores que saem da estação e entram na faixa de ultrapassagem colidem com os ônibus expressos que passam pela estação em alta velocidade.

Ver recomendações para estações de BRT com faixas múltiplas na página 65.

ACIDENTES ENTRE ÔNIBUS E PEDESTRES NA FAIXA DE ÔNIBUS

SEVERIDADE: ALTA

Este é o tipo mais comum de acidente fatal envolvendo veículos BRT.

Ocorrem acidentes graves quando os pedestres tentam evitar o pagamento da tarifa entrando ou saindo ilegalmente da estação entre o ônibus e a estação. Os pedestres também podem tentar atravessar a faixa de ônibus como atalho ou para evitar plataformas lotadas. A visão dos ônibus expressos pode ser bloqueada pelos ônibus parados na estação.

Veja o estudo de caso sobre atropelamentos nas estações em Istambul nas páginas 70-75.

Figura 7

Tipos comuns de acidentes nas principais estações de BRT com múltiplas faixas

1.3 FATORES QUE INFLUENCIAM A SEGURANÇA

Desenho das vias e interseções

Os resultados do modelo de frequência de acidentes indicam que a largura da via e o tamanho e a complexidade das interseções são os mais importantes preditores de frequências de acidentes em corredores de ônibus. Isso faz sentido, já que, na maioria dos corredores de ônibus incluídos na amostra, apenas em torno de 9% dos acidentes ocorreram nas faixas de ônibus, enquanto a grande maioria aconteceu nas faixas de tráfego misto e não envolveu ônibus. O número de aproximações por interseção é um dos principais problemas, junto com o número de faixas por aproximação e a distância máxima de travessia de pedestres (Tabela 8, Tabela 4). As interseções onde é permitido que o tráfego da via transversal atravesse o corredor de ônibus são mais perigosas do que as interseções onde apenas conversões à direita são permitidas. Os modelos de frequência de acidentes e seus resultados serão discutidos detalhadamente no Capítulo 10.1.

Localização das faixas de ônibus

Foi verificada uma correlação significativa entre faixas de ônibus em contrafluxo na Cidade do México e em Porto Alegre com altas taxas de acidente com veículos e pedestres (Tabela 4). A consistência dos resultados através dos diferentes modelos sugere que as faixas no contrafluxo são a configuração mais perigosa para sistemas de ônibus entre todas as incluídas neste estudo (veja a discussão detalhada sobre contrafluxo no Capítulo 10.1). Também foi verificado que as faixas de ônibus junto ao meio-fio em Guadalajara aumentaram as taxas de acidente com veículos e pedestres, enquanto na Cidade do México a existência dessas faixas não teve efeito estatisticamente significativo sobre a frequência de acidentes. Apesar de os resultados não serem sempre significativos, geralmente tendem a indicar que as faixas junto ao meio-fio podem ser problemáticas, embora não tanto quanto as faixas em contrafluxo.

↗ Cada aproximação adicional em uma interseção aumenta o risco de colisão em **65%**

↗ A adição de uma faixa de tráfego é associada a um aumento de **17%** em acidentes fatais e com feridos

↗ Cada metro adicional em uma travessia de pedestres aumenta o risco de atropelamentos em **6%**

A avaliação do impacto sobre a segurança de sistemas em faixas centrais é um pouco mais complexa, uma vez que as alterações introduzidas em uma via por um BRT em faixas centrais são medidas por diversas variáveis. Diferentemente dos corredores de ônibus junto ao meio-fio, que geralmente substituem apenas uma faixa de tráfego (ou de estacionamento) por uma faixa de ônibus, os sistemas em faixas centrais implicam uma reconfiguração maior da via. Em geral, essa reconfiguração envolve introduzir um canteiro central em substituição a uma faixa de tráfego, diminuir a distância da travessia de pedestres criando um refúgio no centro da via, e a criação de mais interseções em T e menos interseções de 4 aproximações ao longo do corredor. Embora a variável que leva em consideração a presença do BRT em faixas centrais na Cidade do México não tenha sido significativa, as variáveis que levam em consideração o número de faixas, canteiro central, distância de travessia e número de aproximações estão todas correlacionadas com menores taxas de acidentes e foram significativas em todos os modelos (Tabela 4, Tabela 8). O Capítulo 10.1 apresenta mais informações detalhadas sobre a análise dos dados de acidentes.

Faixas em contrafluxo

podem aumentar acidentes fatais e com feridos em

83%

Um canteiro central pode reduzir o número de mortos e feridos em

35%

Tabela 4 Impactos na segurança decorrentes da configuração do corredor de ônibus

	Impacto médio ponderado	% mudança nos acidentes	95% intervalo de confiança
Presença de canteiro central	Acidentes fatais ou com feridos	-35%	(-55%, -8%)
	Colisões entre veículos	-43%	(-56%, -26%)
Faixa de ônibus em contrafluxo	Acidentes fatais ou com feridos	+83%	(+23%, +171%)
	Colisões entre veículos	+35%	(+0,02%, +86%)
	Atropelamentos	+146%	(+59%, +296%)



Prioridade semafórica para ônibus em Vesterbrogade, Copenhagen

RECOMENDAÇÕES DE PROJETO



Nesta seção, são fornecidas recomendações detalhadas de projeto, planejamento e operação para garantir que as considerações de segurança estejam integradas ao processo de planejamento e projeto de um novo sistema prioritário para transporte coletivo.



Corredor de BRT da Linha 1 do Metrobús, na Avenida Insurgentes, Cidade do México

Todas as recomendações apresentadas se baseiam nas evidências de análises de dados ou observações frequentes em inspeções de segurança viária apresentadas no Capítulo 10.

Inicialmente, são fornecidas recomendações gerais sobre temas que precisam ser considerados em todo o corredor, como o gerenciamento da velocidade. Logo após, são abordadas configurações específicas de vias e interseções e apresentados conceitos de projeto detalhados.

As diretrizes de projetos não têm o objetivo de substituir auditorias ou inspeções. Em vez disso, devem ser consideradas como uma ferramenta complementar a ser consultada antes de começar o processo de planejamento de um novo corredor de ônibus e usadas como referência durante todo o desenvolvimento do projeto.

Podem ser muito eficazes para melhorar a segurança, uma vez que ajudam planejadores, engenheiros e projetistas a integrar as considerações de segurança durante o planejamento e o projeto de um corredor. Diferentes das auditorias e inspeções, no entanto, as diretrizes não são específicas de determinados locais e, portanto, as suas recomendações não são diretamente aplicáveis a um corredor ou interseção específicos. É de responsabilidade dos encarregados do projeto do corredor adaptar as recomendações gerais das diretrizes às condições locais específicas, considerando as normas aplicáveis de projeto e sinalização. Por fim, neste capítulo é discutido o equilíbrio entre a segurança e o desempenho operacional de um projeto de transporte coletivo prioritário e proposta uma metodologia para avaliar o impacto das soluções de segurança sobre a velocidade comercial, o tempo de viagem e a capacidade de passageiros.



Corredor de ônibus em Porto Alegre, Brasil

➤ CAPÍTULO 2

GERENCIAMENTO DA VELOCIDADE

Um bom gerenciamento da velocidade é fundamental no projeto de uma via segura. A velocidade é um dos riscos à segurança mais importantes a se considerar, visto que é um dos principais fatores que contribuem para a severidade dos acidentes.

A probabilidade de que um acidente envolvendo pedestres seja fatal depende muito da velocidade do impacto. O risco de morte a uma velocidade de impacto de 50 km/h é mais do que o dobro do impacto a 40 km/h (Rosén e Sander 2009). A velocidade média do tráfego deve, portanto, ser adequada a cada tipo de via e de contexto. A Tabela 5 mostra velocidades recomendadas no percentil 85 para diferentes tipos de vias. A velocidade no percentil 85 se refere à velocidade de um veículo que está trafegando mais rápido do que 85% dos veículos na via.

Após classificar a via segundo uma das categorias na Tabela 5 (uma via pode ter segmentos diferentes classificados em categorias diferentes), o passo seguinte é estabelecer medidas para garantir que a velocidade desejada não seja excedida. Deve-se notar que é considerada a velocidade real do tráfego em uma via, e não os limites

estabelecidos de velocidade para esta via. A velocidade-alvo refere-se tanto a veículos de tráfego misto como a veículos de transporte coletivo, mas as medidas para atingir este limite de velocidade podem ser um pouco diferentes para cada grupo.

Em particular, quando houver um único operador do sistema de ônibus (e, especialmente, quando o operador tiver um centro de controle de operações capaz de monitorar a velocidade dos ônibus em tempo real), a velocidade dos ônibus pode ser controlada mais facilmente através do treinamento e da fiscalização. Para o tráfego misto, contudo, podem ser utilizadas várias outras medidas para controlar a velocidade. É apresentado aqui um resumo das diferentes medidas que podem ser consideradas.

Essas medidas serão descritas mais detalhadamente nas seções seguintes.

2.1 LOMBADAS E DISPOSITIVOS SIMILARES

A lombada é um dos meios mais eficazes para controlar a velocidade. A lombada é um local onde o pavimento é levemente elevado e por onde o veículo pode circular de forma segura em velocidades de até 50 km/h. O comprimento e a altura da lombada afetam diretamente a velocidade para a qual foi projetada. Devem ser visíveis durante a aproximação do veículo e claramente sinalizadas, em geral com uma cor diferente da cor do pavimento ou refletores, além de sinalização vertical indicando a velocidade adequada para que os condutores possam ajustar sua velocidade. Idealmente, as lombadas poderiam ser usadas em toda a extensão da via para controlar a velocidade ao longo dela. Na prática, isso nem sempre é viável e, portanto, recomenda-se o uso de lombadas na aproximação aos pontos de conflito. Os principais pontos de conflito incluem faixas de travessia de pedestres em meio de quadra e a aproximação de interseções, especialmente depois de um trecho mais longo de via.

Outros dispositivos similares às lombadas:

- Uma **faixa elevada para travessia de pedestres** é essencialmente uma faixa de pedestres colocada em cima de uma lombada. Pode ser eficaz em travessias em meio de quadra ou para a travessia de pedestres na interseção em vias mais estreitas.

- Uma **interseção elevada** refere-se a uma situação em que toda a área da interseção é elevada ao nível da calçada, funcionando, de fato, como uma lombada para controle da velocidade de todo o tráfego. As interseções elevadas funcionam bem em interseções relativamente estreitas (com não mais do que um total de duas faixas em cada via). Em interseções mais largas, elevar toda a área pode ser menos eficaz, já que os veículos podem acelerar quando estiverem sobre a área elevada.

- **Almofadas atenuadoras de velocidade** são lombadas mais estreitas que não cobrem toda a largura da via. Têm largura suficiente apenas para fazer com que veículos menores, como automóveis, desacelerem, mas são suficientemente compactas para permitir que veículos de eixos longos, como ônibus e veículos de emergência, passem sobre elas sem desacelerar.

As lombadas, as faixas de pedestre elevadas e as interseções elevadas devem ser projetadas especificamente para a velocidade desejada. Lombadas mal projetadas, inadequadas ou inconsistentes podem ser perigosas para os condutores, em especial para ciclistas e motociclistas.

Tabela 5 Sugestão de velocidades no percentil 85 para diferentes tipos de via*

Tipo de via	Velocidade no percentil 85 sugerida	Descrição do ambiente viário
Via expressa	80 km/h ou maior	Via de acesso limitado sem interseções ou travessias de pedestres em nível
Via arterial	50 km/h	Via principal em área urbana, que apresenta interseções semaforizadas e travessias de pedestres em nível
Via em centro urbano denso	20 - 30 km/h	Via em área com grande volume de pedestres realizando travessias em nível (ex: próximo ao centro da cidade, principais áreas comerciais, etc.)

*As recomendações de velocidade devem também considerar outros fatores, como uso do solo no entorno ou grande volume de pedestres ou de tráfego não motorizado.

2.2 DISTÂNCIA ENTRE SEMÁFOROS

A distância entre semáforos é um dos mais fortes preditores da velocidade de percurso em uma via. As vias com interseções semaforizadas mais próximas tendem a ter menores velocidades de percurso. Por outro lado, trechos de uma via com quadras mais longas têm velocidades de percurso mais altas. A distância entre as interseções semaforizadas tem impactos diferentes sobre os acidentes, com diferentes níveis de severidade. A análise de dados das vias de Guadalajara (México) mostrou que, para cada 10 metros adicionais entre as interseções, houve uma redução de 2% nos acidentes em geral, mas um aumento de 3% no número de mortos e feridos (Tabela 2). Em outras palavras, houve menos acidentes totais, mas estes tenderam a ser mais graves. A explicação é que menores distâncias entre as interseções introduzem mais pontos de conflito e, assim, causam mais acidentes, mas também reduzem a velocidade e, portanto, diminuem a severidade dos acidentes.

Na prática, isso significa evitar longos trechos de vias sem semáforo em áreas urbanas. O risco é maior na periferia urbana, especialmente onde houve expansão considerável da cidade e uma via inicialmente projetada como rodovia transformada em uma via urbana. Essa é uma questão complexa e não há uma recomendação ideal para a melhor distância entre semáforos. Por um lado, quanto maior a distância entre os semáforos, maior a probabilidade que os pedestres atravessem ilegalmente e sejam atingidos por veículos trafegando em alta velocidade. Por outro, se houver um número excessivo de travessias semaforizadas em meio de quadra, existe o risco de que alguns condutores desobedeçam ao sinal vermelho (especialmente se o único conflito for com pedestres). A recomendação é avaliar caso a caso

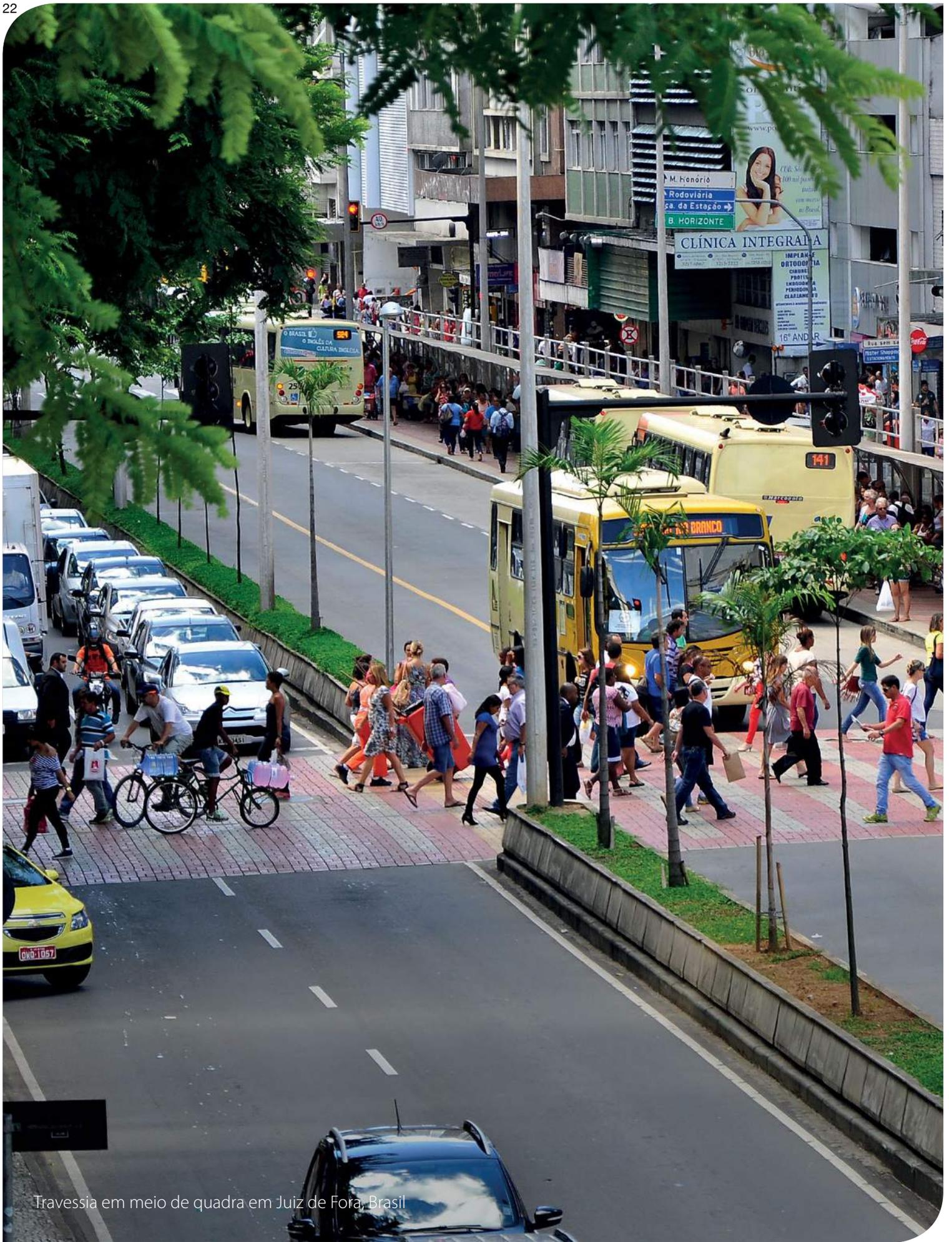



A cada 10 metros adicionais na distância entre duas interseções há um aumento de 3% no número de feridos e vítimas fatais

o local ideal de instalação de uma faixa de travessia de pedestres semaforizada em meio de quadra para maximizar as oportunidades de travessia segura, mas sem criar incentivos para que os condutores desobedeçam ao semáforo. Desta perspectiva, uma consideração importante é o uso do solo ao longo do corredor. Locais próximos a escolas, shoppings e outros destinos principais provavelmente têm maior demanda de faixas de travessia de pedestres. Esta questão será discutida em mais detalhes na seção de projeto em meio de quadra.

2.3 FISCALIZAÇÃO DA VELOCIDADE

Além das medidas de projeto mencionadas anteriormente, há inúmeras tecnologias para fiscalizar a velocidade de uma determinada via. Além dos radares ou câmeras para o tráfego misto, a agência operadora do transporte coletivo pode monitorar a velocidade dos ônibus em tempo real, especialmente se possuir um centro de controle de operações e se os ônibus forem equipados com GPS.



Travessia em meio de quadra em Juiz de Fora, Brasil

➤ CAPÍTULO 3

RECOMENDAÇÕES PARA SEGMENTOS DE VIA, TRECHOS EM MEIO DE QUADRA E TRAVESSIAS DE PEDESTRES

Em qualquer centro urbano denso, especialmente nos países em desenvolvimento, podem ser esperados grandes volumes de pedestres que atravessam a via, esperam e caminham nas faixas de ônibus.

Além disso, uma vez que as faixas de ônibus têm um volume de tráfego mais baixo, os pedestres geralmente percebem as faixas de ônibus como mais seguras do que as faixas de tráfego e podem caminhar ou parar nelas ao esperar uma oportunidade para finalizar a travessia da via. Para resolver este problema, recomenda-se realizar um estudo de acessibilidade para o novo corredor de ônibus, a fim de identificar os locais com maior demanda de travessia de pedestres em meio de quadra. As observações em inspeções de segurança viária sugerem que as áreas ao redor de estabelecimentos comerciais importantes têm alto volume de pedestres e incidência particularmente alta de travessias em meio de quadra. Outros usos do solo a considerar são instalações educacionais (especialmente grandes campi), prédios religiosos e centros de eventos. É importante garantir que esses locais tenham infraestrutura

adequada para a travessia de pedestres e, onde não houver esse tipo de infraestrutura, deve haver gradis ou outras barreiras para evitar travessias imprudentes.

Nas páginas a seguir, são apresentados diversos conceitos de projeto de segmentos de vias que abordam os principais problemas de segurança discutidos. Os tipos de vias escolhidos, sua largura e os tipos de sistemas de ônibus mostrados são baseados em configurações comuns de vias encontradas nos corredores de ônibus incluídos no conjunto de dados usados para embasar este manual.



Figura 8 Pedestres atravessando o corredor BRTS de Delhi em meio de quadra

Todas as travessias de pedestres em sistemas de ônibus situados em vias arteriais urbanas devem ser semaforizadas.

Recomenda-se usar travessias de pedestres escalonadas em meio de quadra. Se for configurada como mostra a figura, os pedestres no canteiro central estarão sempre de frente para o sentido do tráfego da parte da via que irão atravessar. Uma travessia escalonada também aumenta a área disponível para os pedestres esperarem se não conseguirem atravessar a via em uma fase.

Um problema comum das travessias em meio de quadra é que podem ser usadas por veículos para fazer o retorno. A colocação de um ou vários pilaretes pode eliminar este problema para veículos maiores.

A travessia escalonada também pode desencorajar motociclistas a tentar fazer retornos.

Os veículos nem sempre param no semáforo com sinal vermelho para a travessia de pedestres em meio de quadra. Recomenda-se reduzir este risco colocando lombadas ou outros dispositivos de redução de velocidade antes da travessia como forma de, pelo menos, garantir que os veículos cheguem à travessia em baixa velocidade. Para as faixas de ônibus, isso pode ser feito através do treinamento e da fiscalização dos condutores.

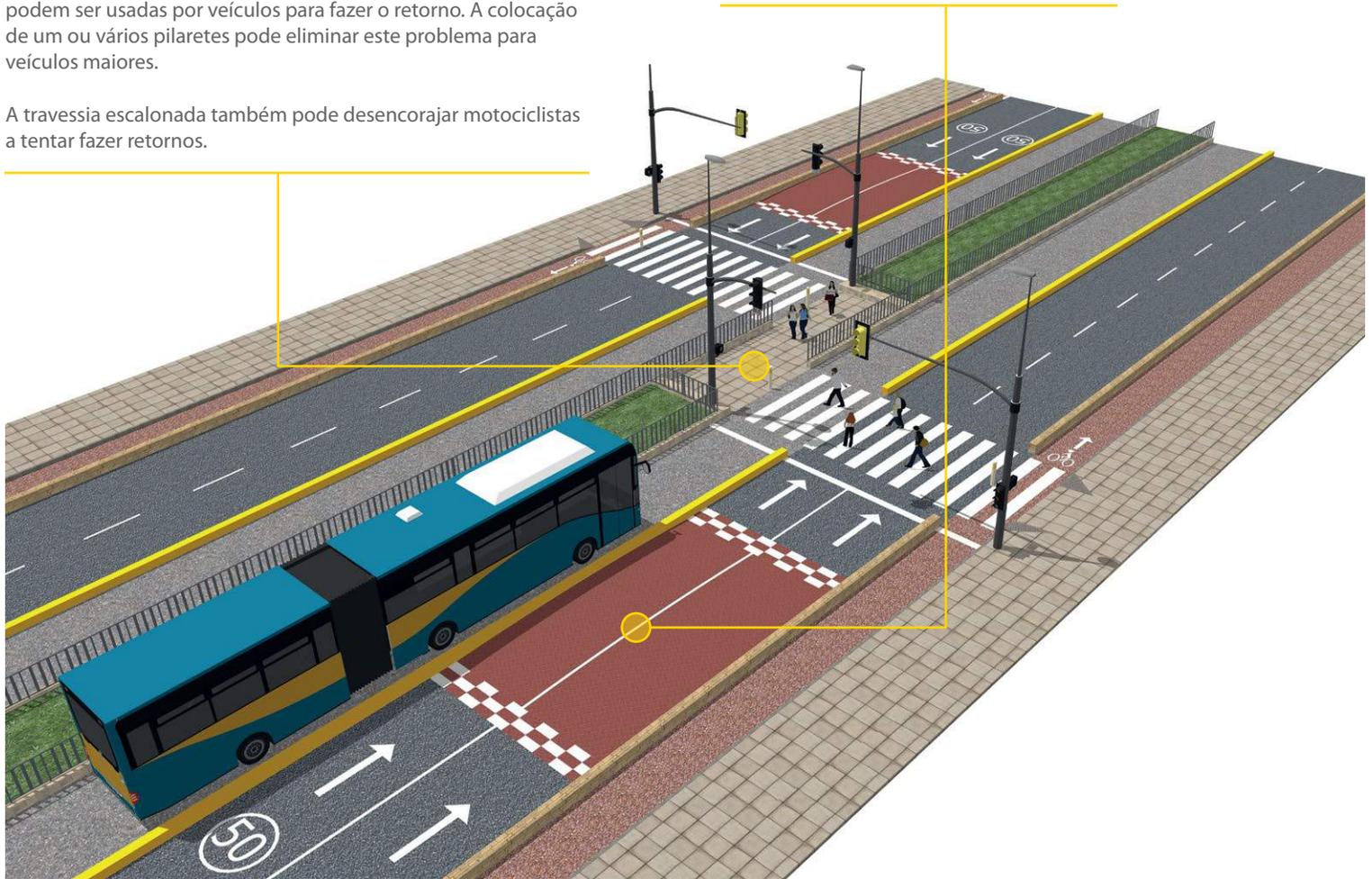


Figura 9 Travessia em meio de quadra em uma via arterial urbana

3.1 TRAVESSIA EM MEIO DE QUADRA EM UMA VIA ARTERIAL URBANA

Em Porto Alegre, 93% dos atropelamentos ocorrem em meio de quadra (Figura 10). As travessias em meio de quadra nas vias arteriais urbanas devem ser sempre semaforizadas. Esta é a característica de segurança mais importante para os pedestres, uma vez que essas travessias geralmente estão localizadas em seções do corredor com quadras mais longas, onde a velocidade do tráfego pode ser maior. A duração ideal da fase verde para pedestres deve dar tempo suficiente para que estes atravessem toda a via em uma única fase. Recomenda-se considerar uma velocidade de caminhada de 1,2 metro/segundo (m/s) na maioria dos casos e 1 m/s em áreas onde mais de 20% dos pedestres são idosos para determinar a duração da fase verde para pedestres (TRB 2010).

Também se recomenda usar um canteiro central e instalar uma ilha de refúgio para pedestres no meio da travessia. Uma ilha de refúgio pode reduzir a distância que o pedestre precisa atravessar em uma única tentativa em até 10 metros em uma via arterial urbana, o que pode reduzir os acidentes fatais e com feridos no local em até 35% (Tabela 4).

O projeto da travessia em meio de quadra deve levar em consideração o nível geral de respeito dos condutores ao semáforo. Isso varia muito entre países e até mesmo entre cidades de um mesmo país. Em muitas cidades de países em desenvolvimento, os condutores raramente param no

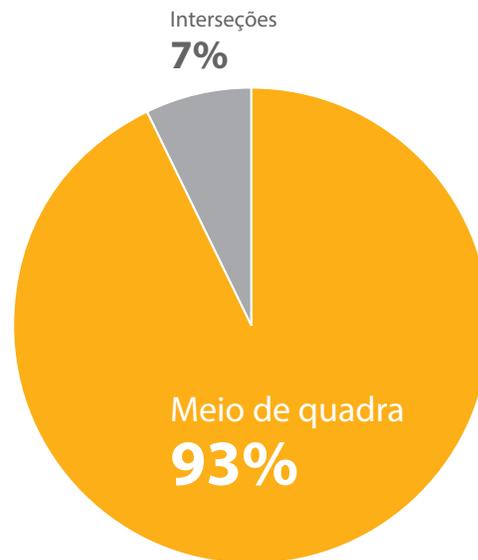


Figura 10 Acidentes por localidade em Porto Alegre: Calculado a partir de um banco de dados de acidentes de trânsito cedido pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), Porto Alegre, 2011

sinal vermelho se o único conflito for com pedestres. Nesses casos, a instalação de uma lombada na aproximação à travessia em meio de quadra pode aumentar a segurança dos pedestres. As observações feitas em inspeções de segurança viária sugerem que há maior probabilidade dos condutores darem passagem em uma faixa de pedestres quando estão dirigindo mais lentamente.



Figura 11 Pedestres fazendo travessia imprudente através das faixas de ônibus no BRT TransMilenio em Bogotá

Vias mais estreitas na área do centro da cidade usualmente têm volumes mais altos de pedestres. Neste caso, é importante reduzir a velocidade dos ônibus para que os condutores tenham tempo de reagir a conflitos com os pedestres e para garantir que os ônibus possam parar em uma distância mais curta.

Esta configuração de via tem apenas uma faixa de tráfego misto por sentido e um espaço de segurança entre essa faixa e a calçada. O espaço de segurança pode ser usado como faixa de estacionamento, paisagismo, ciclovias ou colocação de chicanas para reduzir a velocidade do tráfego próximo de travessias de pedestres em meio de quadra.

Os pilaretes evitam que os veículos estacionem de forma ilegal na calçada. Também se recomenda colocar pelo menos um pilarete no meio das ilhas de refúgio de pedestres para evitar que veículos tentem fazer o retorno na travessia em meio de quadra.

Sempre que os pilaretes forem colocados em faixas de pedestres ou ilhas de refúgio, é importante garantir que sejam espaçados corretamente para permitir que carrinhos de bebê e cadeiras de rodas possam passar.

Distância mínima recomendada entre os pilaretes: 1,2 m.

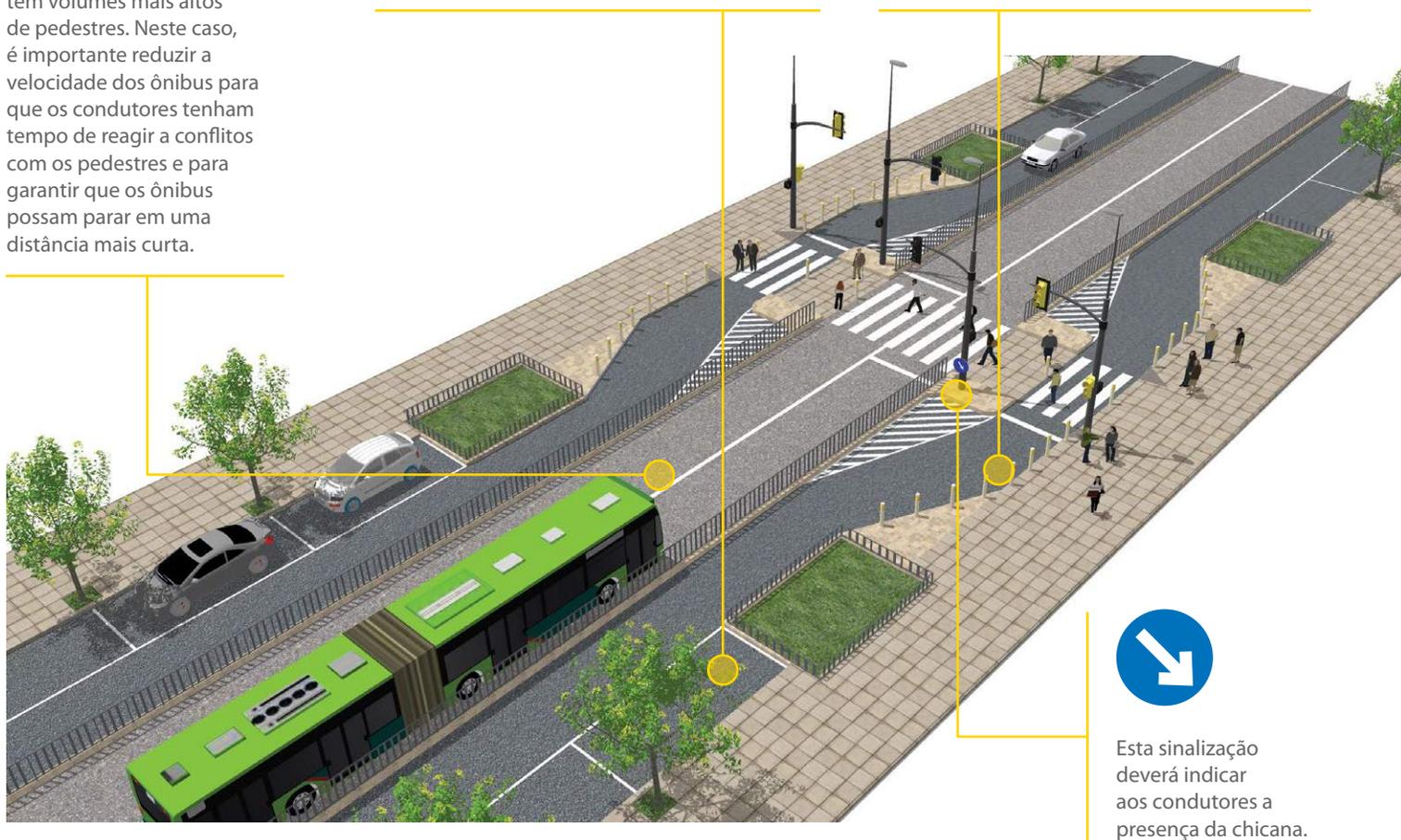


Figura 12 Travessia em meio de quadra em uma via estreita

3.2 TRAVESSIA EM MEIO DE QUADRA EM UMA VIA ESTREITA

Em vias onde há apenas uma faixa de tráfego misto em cada sentido, é possível usar outro tipo de dispositivo de moderação de tráfego: uma chicana (Figura 12). Esse tipo de configuração tem a vantagem de segmentar ainda mais a distância de travessia em comparação a um refúgio no canteiro central.

3.3 PASSARELAS PARA PEDESTRES

As passarelas para pedestres precisam ter gradis ao longo da calçada. Com frequência, os pedestres tentam saltar sobre os gradis ou dar a volta para ultrapassá-los, mesmo que isso envolva um desvio, para não usar a passarela. Os gradis devem se estender por todo o comprimento da seção do corredor onde a travessia de pedestres em nível não é permitida. As passarelas para pedestres precisam de infraestrutura adaptada para cadeirantes. Geralmente, é uma rampa com inclinação de não mais de 8,33%, de preferência mais próximo de 5%, e que apresente áreas de descanso (ABNT 2004). Como as passarelas precisam ter altura suficiente para permitir a passagem de veículos grandes, as rampas podem ficar muito longas. Também podem ser colocados elevadores para dar acesso a pessoas com necessidades especiais.

Foram utilizados modelos de frequência de acidentes para avaliar o impacto das passarelas em vias arteriais e expressas. A análise dos dados sugere que as passarelas para pedestres não são uma solução de segurança eficaz em vias arteriais urbanas, mas são muito eficazes quando usadas em vias expressas (Tabela 6).

Observações realizadas durante inspeções de segurança viária sugerem que as passarelas não funcionam em vias arteriais urbanas (e em vias mais estreitas, em geral), pois os pedestres acham mais prático atravessar por baixo das passarelas. As passarelas só devem ser usadas em vias de alta velocidade, como as expressas, quando não for possível instalar uma travessia de pedestres semaforizada. Um bom exemplo do uso de passarelas para pedestres em um BRT em uma via expressa é o corredor da Autopista Norte no TransMilenio, em Bogotá.

Se a via for mais estreita, pedestres são mais propensos a escalar os gradis e atravessarem as faixas sob a passarela para pedestres. As passarelas para pedestres devem ser sempre acompanhadas de gradis para evitar que os pedestres façam travessias imprudentes. Os gradis devem ser altos o suficiente para evitar que as pessoas pulem por cima. Também devem ser inspecionados frequentemente e substituídos quando estiverem danificados ou destruídos.



Figura 13 Passarela com rampa e área para descanso em León, México



Figura 14 Pedestres pulando sobre o gradil e fazendo travessia imprudente em um corredor de ônibus em Delhi, próximo a uma passarela

Tabela 6 Impactos de passarelas na segurança viária

Passarela sobre	Mudança em atropelamentos	95% intervalo de confiança
Via expressa	-84%	(-94%, -55%)
Via arterial	Sem impacto estatisticamente significativo	

As faixas de ônibus junto ao meio-fio geralmente são usadas em vias mais estreitas, onde não há espaço suficiente para acrescentar infraestrutura para ônibus no centro da via sem reduzir substancialmente o espaço viário disponível para tráfego misto. Independentemente da largura da via, recomenda-se colocar um canteiro central entre os dois sentidos do tráfego.

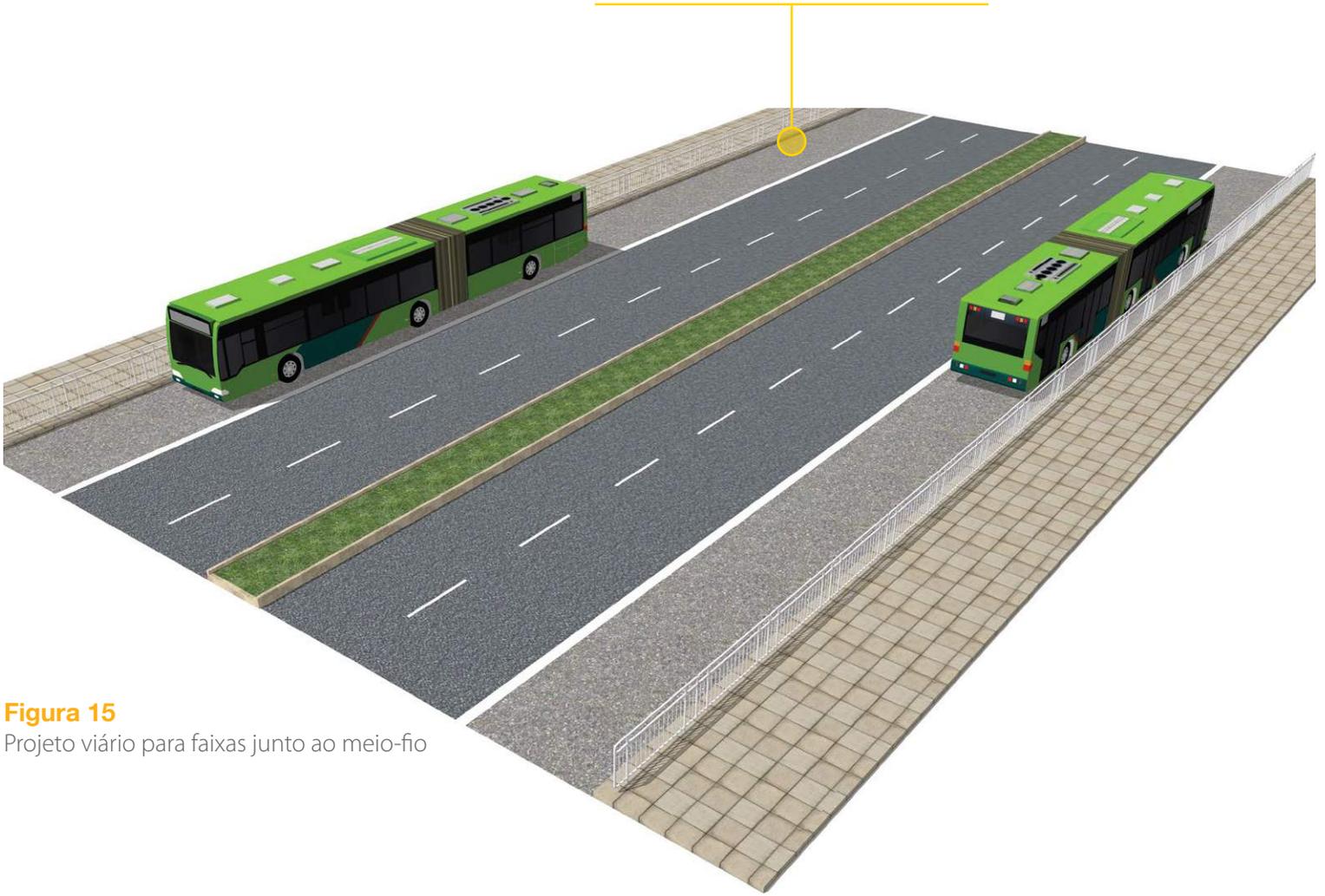


Figura 15
Projeto viário para faixas junto ao meio-fio

3.4 PROJETO VIÁRIO PARA FAIXAS JUNTO AO MEIO-FIO

Em áreas com alto volume de pedestres, é comum ver pessoas caminhando, esperando ou transportando mercadorias nas faixas de ônibus. Em alguns casos, a causa pode ser o excesso de pessoas na calçada. Até certo ponto, é um problema de acessibilidade. As pessoas que precisam empurrar carrinhos, por exemplo, geralmente preferem usar as faixas de ônibus a subir nas rampas para a calçada. Talvez exista também a percepção de que as faixas de ônibus são relativamente seguras, já que ali trafegam menos veículos do que nas faixas de tráfego misto. Para resolver o problema, recomenda-se garantir que as calçadas ao longo do corredor estejam em boas condições, sem mudanças de nível, rampas muito inclinadas ou objetos que bloqueiem o acesso às rampas e que as dimensões sejam apropriadas para o volume de pedestres das mesmas.



Figura 17 Pedestres caminhando na faixa de ônibus junto ao meio-fio no Eje 1 Oriente, Cidade do México

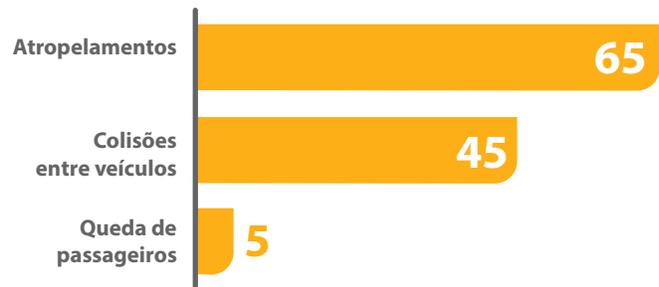


Figura 16 Acidentes envolvendo ônibus, por tipo, no corredor junto ao meio-fio no Eje Central, Cidade do México (2006-2010)



Figura 18 Pessoa empurrando um carrinho de mercadorias na faixa de ônibus junto ao meio-fio no Eje Central, na Cidade do México



Figura 19 O BRT TransOeste no Rio de Janeiro

ESTUDO DE CASO

BRT TRANSOESTE, RIO DE JANEIRO

MEDIÇÃO DOS IMPACTOS DE MELHORIAS EM SEGURANÇA SOBRE O DESEMPENHO OPERACIONAL

As recomendações de segurança discutidas até aqui incluem a redução da velocidade e a instalação de faixas de travessia de pedestres semaforizadas em meio de quadra, que podem resultar em impactos negativos sobre o desempenho operacional do sistema de ônibus. A fim de abordar possíveis compensações entre a segurança e o desempenho operacional, é importante fazer uma estimativa precisa do impacto das soluções de segurança sobre as operações. É sugerida uma metodologia para abordar as possíveis compensações e são apresentados os resultados de sua aplicação no BRT TransOeste, Rio de Janeiro.

VISÃO GERAL DO BRT TRANSOESTE

O corredor BRT TransOeste começou a operar em junho de 2012. É o primeiro de uma rede planejada de BRT de mais de 150 km, incluindo o TransCarioca, o TransOlímpica e o TransBrasil, projetados como parte dos investimentos em infraestrutura para a Copa do Mundo de 2014 e para os Jogos Olímpicos de 2016. O TransOeste conecta a Barra da Tijuca, um bairro no sul do Rio onde estará localizada a Vila Olímpica em 2016, a Santa Cruz, um

subúrbio situado cerca de 40 km a oeste da Barra. Diferentemente da maioria dos exemplos discutidos neste relatório, a fase 1 do TransOeste opera mais como um serviço de transporte pendular do que como um sistema de transporte coletivo urbano. A demanda concentra-se principalmente nas horas de pico, e a maioria dos passageiros usa o sistema para ir e voltar do trabalho na Barra da Tijuca. Embora as duas pontas do corredor sejam centros urbanos relativamente densos, a maior parte do trecho intermediário do TransOeste é hoje um vazio urbano.

O BRT opera no centro da Avenida das Américas, uma típica avenida principal do Rio de Janeiro, com limites de velocidade altos, de 70 km/h a 80 km/h, e com uma ampla caixa viária de 60 m a 90 m, dependendo do local. Há poucos semáforos ao longo da via, e a distância média entre eles é de mais de 600 m. Os altos limites de velocidade e as distâncias relativamente longas entre os semáforos permitem que a velocidade comercial no TransOeste seja acima da média dos sistemas BRT que circulam em vias arteriais. O serviço parador, que para em todas as estações, tem uma velocidade comercial de 28 km/h, enquanto o serviço expresso, que desvia da maioria das estações usando faixas de ultrapassagem, tem uma velocidade comercial de 35 km/h.

METODOLOGIA

As soluções de segurança são específicas para cada local e resultam de uma detalhada avaliação das condições de uma determinada via. Para os propósitos deste estudo de caso, o foco será dado a várias recomendações comuns que também se aplicam ao Rio de Janeiro devido às questões relacionadas à sua rede viária discutidas na seção anterior:

- Reduzir os limites de velocidade para todo o tráfego na Avenida das Américas (incluindo o BRT) para 60 km/h;
- Reduzir os limites de velocidade dos ônibus expressos ao passarem pela estação nas faixas de ultrapassagem para 30 km/h, a fim de minimizar conflitos com pedestres que atravessam ilegalmente para chegar e sair da estação e dar aos condutores mais tempo para reagir a potenciais conflitos entre os ônibus paradores e expressos;
- Instalar travessias semaforizadas adicionais em meio de quadra para reduzir a distância média entre as travessias;
- Reconfigurar os semáforos para minimizar o atraso de pedestres.

IMPACTO DAS SOLUÇÕES SOBRE A FREQUÊNCIA DE ACIDENTES

Foram testados os impactos dos conceitos de projeto mencionados anteriormente sobre o desempenho operacional do BRT através de três indicadores principais:

- **Velocidade comercial por tipo de serviço:** definido como a velocidade média de operação de um tipo específico de ônibus por tipo de serviço (isto é, parador ou expresso) durante todo o período de simulação; é considerado um indicador-chave de desempenho de sistemas BRT, e o *benchmark* de 25 km/h é geralmente usado como limiar para operações de alta qualidade (Wright e Hook 2007).
- **Tempo total de viagem no veículo:** definido como o tempo total entre o momento em que um

veículo sai da plataforma em um dos terminais até o momento em que para na plataforma do terminal no lado oposto da rota; na simulação realizada, é calculado como uma função da velocidade de operação, através da seguinte fórmula: tempo total de viagem [min] = extensão do corredor [km]/(velocidade de operação [km/h]/60).

- **Variância da velocidade de operação:** indicador da confiabilidade do serviço oferecido pelo BRT; priorizam-se as soluções que minimizem essa variância. É calculada a partir do desvio-padrão da velocidade de operação pelo tipo de serviço relatado pelo modelo. É reportada não apenas a variância, como também o coeficiente de variabilidade da velocidade, definido como a razão do desvio-padrão pela média. O coeficiente de variabilidade da velocidade é uma medida efetiva de comparar cenários (Moreno González, Romana e Alvaro 2013).

Foi desenvolvido o modelo usando o EMBARQ BRT Simulator – uma ferramenta de simulação microscópica, criada especificamente para operações de ônibus de alta capacidade. Esse software permite a modelagem detalhada das rotas do BRT, incluindo layout dos terminais, áreas de espera, interseções semaforizadas e configurações complexas de estação com múltiplas plataformas e uma combinação de serviços paradores e expressos⁴. Iniciou-se pelo desenvolvimento de um cenário de base, com o objetivo de replicar as condições reais do corredor BRT no momento do estudo, e uma série de cenários de “projeto”, representando diversas combinações de soluções de segurança. As condições de operação encontradas no corredor em 2012 provavelmente mudarão muito quando a malha BRT tiver sido concluída em 2016. Em especial, as conexões com os corredores TransOlimpica e TransCarioca provavelmente aumentarão a demanda no TransOeste. Portanto, foi necessário comparar os cenários de base e de projeto não apenas nas condições de operação em 2012, mas também em 2016, quando a demanda de passageiros e a frequência dos ônibus no corredor provavelmente aumentarão. São apresentados aqui apenas os resultados das simulações para 2016. Mais detalhes sobre esta forma de modelagem e sobre as especificações e calibração do modelo neste estudo de caso podem ser encontrados em Duduta *et al.* 2013.

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA OS CENÁRIOS DE 2016

Foram testados três cenários diferentes de projeto. No cenário “60 km/h”, a única alteração introduzida foi a redução do limite geral de velocidade para 60 km/h para todo o tráfego na Avenida das Américas. O cenário “60/30” limita também a velocidade de aproximação das estações de todos os ônibus para 30 km/h (inclusive dos ônibus que não param nessas estações). Por fim, o cenário completo também inclui as travessias semaforizadas adicionais em meio de quadra e as reduções de velocidade.

As colunas da esquerda para a direita na Tabela 7 mostram o impacto da adição de cada solução de segurança sobre os diferentes indicadores de desempenho. A redução dos limites de velocidade resulta em velocidades comerciais levemente mais baixas para os ônibus e em um maior tempo de viagem para os passageiros. Também reduz

a variabilidade da velocidade, o que significa que o serviço é mais confiável e que há melhor manutenção da frequência dos ônibus ao longo da rota. Os semáforos têm impacto negativo sobre a velocidade comercial, mas que é compensado por outra característica do cenário “completo”: um leve aumento do limite de velocidade para 70 km/h no trecho de vazio urbano do corredor (isto é, no trecho não urbanizado).

Em geral, os resultados da simulação mostram que, embora as recomendações de segurança tenham impactos negativos sobre alguns parâmetros operacionais (velocidade comercial e tempos de viagem), estes impactos são relativamente pequenos, o que indica que o TransOeste pode manter operações de alta qualidade mesmo se forem implementadas as características de segurança apresentadas. Também se observa que as velocidades de operação são iguais ou mais altas do que o *benchmark* de 25 km/h em todos os cenários.

Tabela 7 Resultados da simulação para os cenários de 2016

Indicador	Tipo de serviço	Cenário de base	60 km/h	60/30 km/h	Completo	Diferença
Velocidade comercial (km/h)	Expresso	32	31,5	29,6	29,6	2,4
	Parador	25,6	25,6	25,45	25,43	0,17
Tempo de viagem (min)	Expresso	71	72	77	77	6
	Parador	89	89	89	89	0
Variância da velocidade (km/h)	Expresso	37	31,3	22,33	15,57	21,43
	Parador	16	14,94	14,85	15,57	0,43
Coeficiente de variabilidade da velocidade	Expresso	0,19	0,18	0,16	0,16	0,03
	Parador	0,16	0,15	0,15	0,16	0



Corredor de BRT em Curitiba, Brasil

➤ CAPÍTULO 5

RECOMENDAÇÕES PARA INTERSEÇÕES

5.1 PRINCIPAIS PROBLEMAS DE SEGURANÇA

A chave para melhorar a segurança nas interseções é projetar interseções simples e estreitas. O tamanho e a complexidade das interseções estão sempre correlacionados com uma maior frequência de acidentes em todos os corredores de ônibus incluídos na base de dados considerada neste manual.

Tamanho da interseção

A área de uma interseção é influenciada pelo comprimento do raio da conversão à direita e largura de cada acesso. Os resultados do modelo de frequência de acidentes sugerem que cada faixa adicional que entra em uma interseção pode aumentar em até 17% os acidentes graves (Tabela 8).

Para manter as interseções o mais estreitas possível, recomenda-se reduzir o raio de conversão à direita, fornecendo apenas a largura mínima necessária para fazer a conversão à direita. Também se recomenda usar extensões de meio-fio sobre as faixas de estacionamento e manter o número geral de faixas no corredor de ônibus baixo.

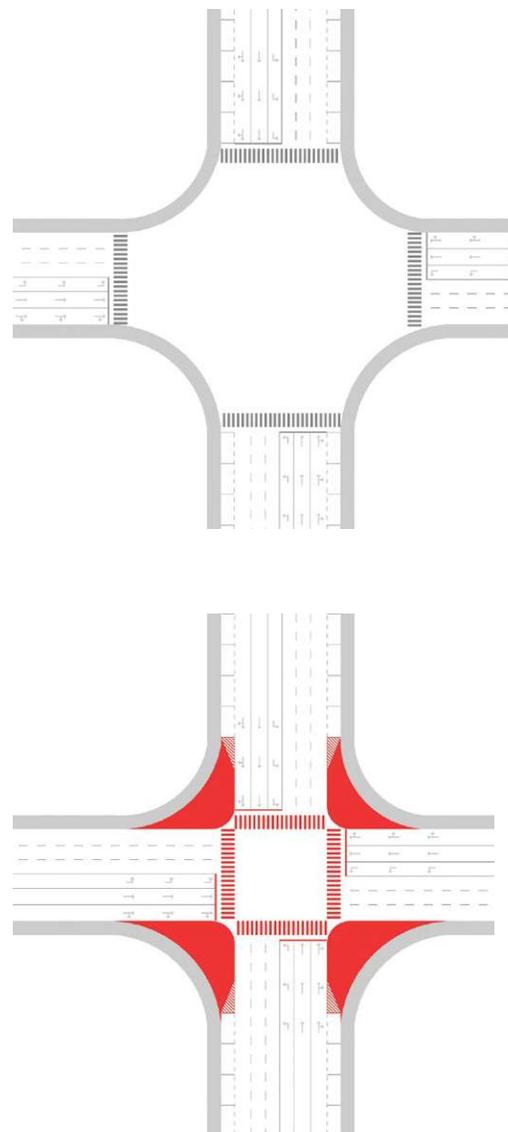


Figura 20 Diagrama que ilustra como raios de conversão mais estreitos e extensões de meio-fio (em vermelho) podem ser usados para reduzir a área de uma interseção

Tabela 8 Impactos na segurança em elementos de projeto de vias e interseções

		% mudança nos acidentes	95% intervalo de confiança
Cada aproximação adicional	Acidentes fatais ou com feridos	+78%	(+56%, +103%)
	Colisões entre veículos	+65%	(+46%, +87%)
Cada faixa adicional	Acidentes fatais ou com feridos	+17%	(+12%, +21%)
	Colisões entre veículos	+14%	(+10%, +18%)
Comprimento da travessia de pedestre (cada metro adicional)	Acidentes fatais ou com feridos	+2%	(+0,04%, +4%)
	Atropelamentos	+6%	(+2%, +9%)
Permissão de conversões à esquerda	Acidentes fatais ou com feridos	+28%	(+14%, +48%)
	Colisões entre veículos	+35%	(+11%, +75%)

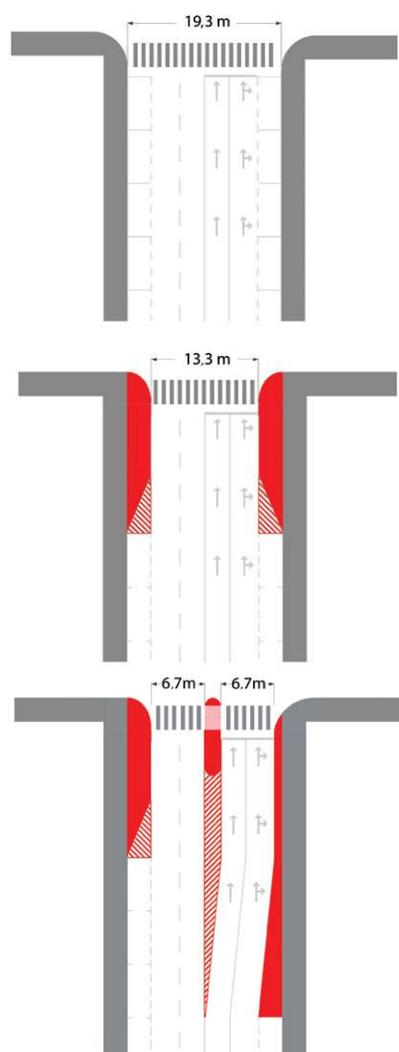
Conversão à esquerda

Descobriu-se que interseções com proibição de conversão à esquerda têm melhores registros de segurança do que aquelas que permitem esse tipo de conversão (Tabela 8). Embora a conversão à esquerda geralmente seja considerada um risco de segurança viária em qualquer tipo de configuração de via, é particularmente perigosa em corredores de ônibus em faixas centrais. O tipo mais comum de acidente envolvendo ônibus em corredores em faixas centrais ocorre quando os automóveis fazem ilegalmente conversão à esquerda a partir do corredor, atravessando as faixas de ônibus e colidindo com um ônibus que transita pela faixa dedicada.

Na maioria dos corredores de ônibus em faixas centrais, a conversão à esquerda é proibida e substituída por alças nas interseções. Isso demanda um desenho cuidadoso da alça para evitar que o risco seja simplesmente transferido para uma via próxima. Também se recomenda a sinalização vertical indicando tanto a proibição de conversão à esquerda como a alça. Alternativamente, a conversão à esquerda pode ser permitida em alguns locais, com uma fase do semáforo específica para este movimento.

Travessias de pedestres

Os resultados dos modelos indicam que cada metro adicional de travessia de pedestres está correlacionado com um aumento de 6% no número de atropelamentos (Tabela 8). São apresentados aqui dois conceitos de projeto para reduzir o comprimento da travessia de pedestres em uma interseção sem retirar as faixas de

**Figura 21** Daylighting (ou iluminação) e ilhas de refúgio

tráfego. Inicia-se com um exemplo de uma via de quatro faixas com uma faixa de estacionamento em cada sentido. A distância de travessia neste exemplo é de 19,3 m.

Usando extensões de meio-fio, pode-se estender a calçada sobre as duas faixas de estacionamento no acesso à interseção. Isso ajuda a reduzir o comprimento da travessia em 6 m, chegando a 13,3 m, e também melhora a visibilidade para condutores e pedestres. Se houver uma fila de automóveis estacionados até a travessia, os pedestres podem aparecer inesperadamente detrás dos automóveis estacionados. Este é um fator comum que contribui para atropelamentos. Ao retirar vagas de estacionamento antes da interseção (também chamado de *daylighting* ou iluminação), os condutores e pedestres podem ver uns aos outros mais facilmente, o que ajuda a evitar acidentes.

Outra solução é retirar a faixa de estacionamento no acesso à interseção, passando duas das faixas para mais perto da calçada, e usar o espaço resultante para criar uma ilha de refúgio para pedestres no centro da travessia. Isso deve melhorar ainda mais a segurança dos pedestres, pois estes vão precisar atravessar duas faixas (ou 6,7 m) de cada vez. Dependendo do desenho, a troca de faixa no acesso à interseção também pode ser usada como medida de redução da velocidade, aumentando ainda mais a segurança para os pedestres.

Espaço protegido para pedestres

Sempre que uma área de espera de pedestres – como uma ilha de refúgio – for situada no meio de uma via, é importante fornecer alguma proteção para os pedestres. Isso pode ser feito instalando pilaretes ou meio-fio elevado, o que ajuda a garantir que, se um condutor perder o controle do veículo ou não fizer uma curva, o veículo vai atingir um pilarete ou o meio-fio, em vez dos pedestres.

Sinalização horizontal das interseções

Para interseções maiores, recomenda-se usar sinalização horizontal especial no pavimento para ajudar a guiar os movimentos – especialmente as conversões – na área da interseção. Há dois tipos principais de sinalização horizontal nas interseções: extensões da sinalização horizontal da faixa (geralmente na forma de linhas tracejadas onde uma faixa atravessa uma interseção e na forma de cruz quando duas faixas se cruzam) e as ilhas pintadas no pavimento (áreas

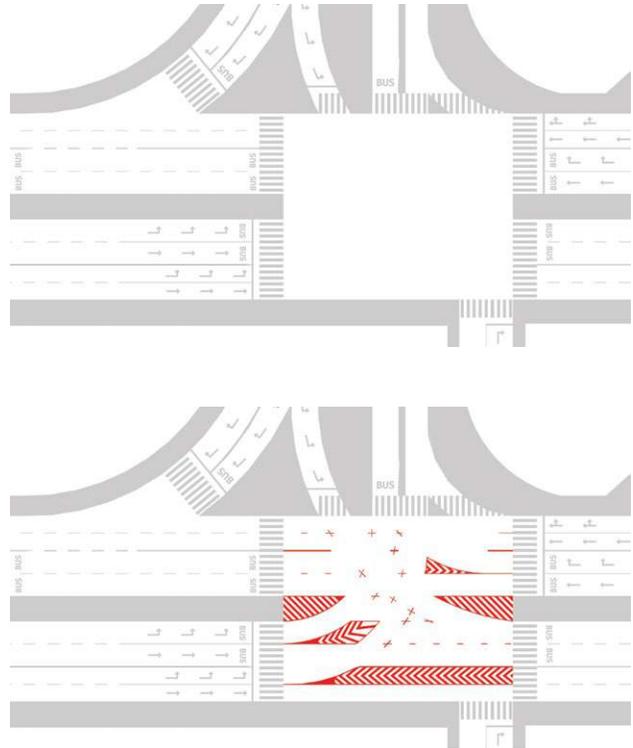


Figura 22 Exemplo de uma interseção com e sem sinalização horizontal

onde não ocorrem movimentos através da interseção e que podem ser marcadas com linhas em diagonal). A forma e a dimensão da sinalização horizontal variam em cada país. Recomenda-se verificar as normas aplicáveis para encontrar o tipo correto de sinalização horizontal para cada local. Neste manual, é ilustrado o tipo de sinalização horizontal de interseções comumente usado na Dinamarca.

Alinhamento das faixas

As faixas que continuam depois de uma interseção devem sempre estar bem alinhadas em ambos os lados da interseção. Pequenas alterações no alinhamento da faixa podem confundir os condutores, que podem acabar entrando na faixa errada ao sair da interseção ou fazer movimentos bruscos para permanecer na faixa correta – e ambos podem causar acidentes.

Um desalinhamento menor pode ser resolvido usando a sinalização horizontal da interseção para ajudar os condutores a permanecerem na faixa. Desalinhamentos mais significativos – como os que guiam os automóveis para as faixas opostas – não devem ser permitidos. Deve ser considerado o fechamento de vias transversais secundárias com faixas desalinhadas e permitir apenas a conversão à direita.

Equilíbrio das faixas

Quando o número de faixas que entram em uma interseção junto com um determinado acesso ou movimento de conversão é maior do que o número de faixas que saem da interseção junto com o mesmo movimento (isto é, continuar em frente, converter à esquerda, etc.), isso é chamado de desequilíbrio de faixas. O desequilíbrio de faixas obriga os veículos a convergir para menos faixas, e alguns condutores podem reagir mudando de faixa subitamente, o que pode causar acidentes.

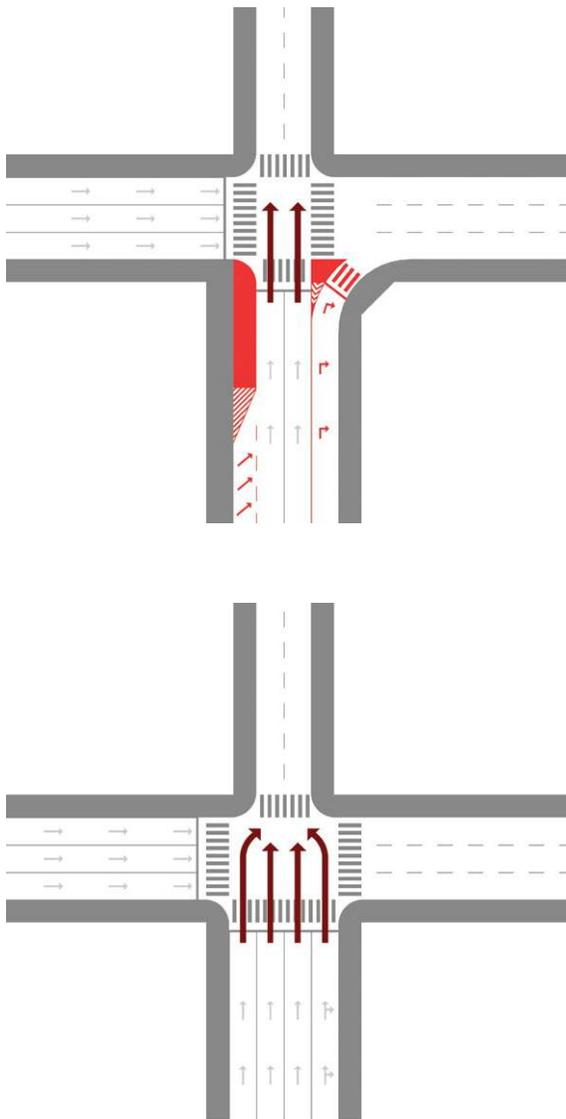


Figura 23 Exemplo de como um desequilíbrio de faixas pode ser solucionado retirando faixas em uma aproximação, ou criando faixas exclusivas para conversão

Em alguns casos, isso pode ser resolvido determinando que algumas faixas sejam usadas apenas para conversão. Por exemplo, se uma via tem quatro faixas que entram em uma interseção, mas apenas três depois da interseção, uma das faixas no acesso pode ser designada apenas para conversão à esquerda ou à direita. Isso deixaria efetivamente apenas três faixas de passagem, restaurando o equilíbrio de faixas. Outra opção seria retirar as faixas excedentes na interseção anterior ou ao longo da quadra, com aviso prévio aos condutores.

Alças

É comum proibir a conversão à esquerda em corredores de ônibus em faixas centrais. Isso ajuda a melhorar a segurança, ao eliminar um dos conflitos mais importantes entre os ônibus e o tráfego misto. Também ajuda a aumentar a capacidade do corredor de ônibus porque elimina uma fase semafórica e permite maior tempo de verde por ciclo semafórico (v/C) para os ônibus.

Opção 1: Depois da interseção

Esta é a melhor solução em termos de segurança, porque substitui a conversão à esquerda por três conversões à direita, que, geralmente, são muito menos problemáticas. No entanto, só pode ser usada quando houver as seguintes condições:

- As vias ao longo da alça têm capacidade de acomodar o volume adicional de tráfego sem criar problemas de segurança ou congestionamento.
- A alça não é excessivamente longa. Se as quadras adjacentes à interseção forem maiores do que 150 m - 200 m, o desvio causado pela alça pode ser longo demais e os condutores podem não usá-la.

Opção 2: Antes da interseção

Esta opção deve ser usada apenas quando a anterior não for viável. Esse tipo de alça substitui uma conversão à esquerda por uma conversão à direita e duas conversões à esquerda em uma via paralela, o que pode simplesmente transferir o risco do corredor de ônibus para outra via. As mesmas condições da primeira opção se aplicam aqui: as vias devem ter capacidade para acomodar o tráfego adicional, e a alça não deve ser excessivamente longa.

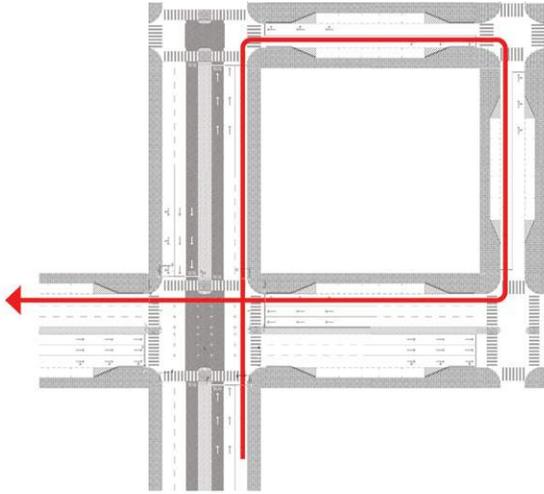


Figura 24 Opção 1 de alça: começar depois da interseção com proibição de conversão à esquerda

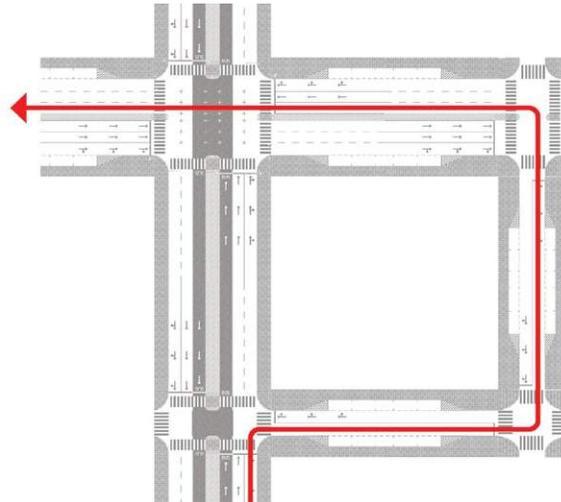


Figura 25 Opção 2 de alça: começar antes da interseção com proibição de conversão à esquerda

Sinalização das alças

Independentemente de a alça começar antes ou depois da interseção, a sinalização vertical anunciando a alça deve ser colocada no acesso à interseção. O projeto e layout exatos da sinalização devem seguir as especificações das normas municipais ou federais de projeto. Também se recomenda aplicar os seguintes princípios para a colocação e desenho da sinalização vertical das alças:

Colocação

- A sinalização vertical que anuncia a alça deve sempre ser colocada antes da interseção onde a conversão à esquerda é proibida, independentemente de a alça começar antes ou depois da interseção. No caso da opção 2, a sinalização deve ser instalada antes da interseção anterior para permitir que o condutor faça a conversão à direita para entrar na alça antes da interseção onde é proibida a conversão à esquerda.
- Em vias largas (mais de três faixas de tráfego misto por sentido), deve-se considerar colocar as placas de sinalização acima das faixas e não na calçada ou colocá-las na calçada e no canteiro central para garantir boa visibilidade.

Desenho

- A placa deve ser o mais simples possível, com o mínimo de informações necessárias para entender a configuração da alça.
- A placa deve ser grande o suficiente para ser vista e lida facilmente pelos condutores que passam no limite máximo de velocidade.
- Não devem ser mostrados os nomes das vias na placa. Deve ser apresentado apenas o nome da transversal onde a conversão é proibida para indicar para qual rua foi prevista a alça.

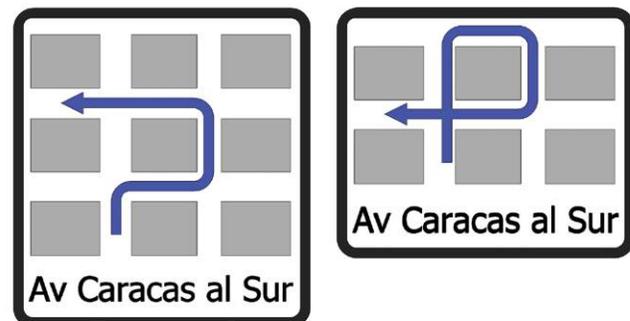


Figura 26 Desenhos recomendados para as duas opções de alça. Observe que o desenho inclui o mínimo de informações necessárias para a compreensão, e que o único nome de via é o da transversal onde a conversão à esquerda é proibida.

Prolongar a calçada sobre a faixa de estacionamento próximo à interseção pode ajudar a estreitar a área da interseção e encurtar as travessias de pedestres. Isso é relativamente fácil de implantar, não reduz a capacidade e pode ser muito eficaz para melhorar a segurança dos pedestres.

Isso também pode ajudar a eliminar conflitos entre veículos que estão manobrando para entrar ou sair da faixa de estacionamento na via transversal e os veículos que fazem a conversão à direita a partir do corredor BRT.

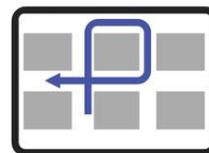
Usar semáforos para pedestres além dos semáforos para o tráfego em todas as aproximações da interseção. Usar também semáforos de repetição do lado oposto da interseção, para cada aproximação.

Manter o raio de conversão à direita o menor possível para que a área da interseção se mantenha estreita, mas que, ainda assim, permita raio de conversão suficiente para veículos maiores.



Figura 27 Interseção entre vias principais, sem conversão à esquerda

Verificar se a área central da interseção recebe luz suficiente para que veículos e pedestres, ao atravessar, tenham visibilidade suficiente à noite.



Instalar placas de sinalização indicando proibição de conversão à esquerda e a alça correspondente. Devem ser verificadas as normas municipais ou federais aplicáveis para determinar a sinalização correta. As placas de sinalização de alça devem ser o mais simples possível e de fácil compreensão para o condutor que passa pela interseção.

5.2 INTERSEÇÃO ENTRE VIAS PRINCIPAIS SEM CONVERSÃO À ESQUERDA

As interseções com outras vias arteriais urbanas principais estão entre os locais com maior número de acidentes nos corredores BRT. São locais-chave para fazer melhorias em segurança.

O projeto na Figura 27 integra vários dos elementos de segurança discutidos na seção anterior: interseção estreita e simples, restrições para a conversão à esquerda, travessias de pedestre menores com ilhas de refúgio protegidas no centro da via, gradis e placas de sinalização indicando claramente as alças que substituem a conversão à esquerda proibida. As anotações na figura fornecem mais detalhes de outras características de segurança que devem ser consideradas.

Este conceito de projeto não inclui infraestrutura para bicicletas no corredor. Neste contexto, os ciclistas devem ser acomodados em uma via paralela para evitar o risco de usarem as faixas de ônibus. Caso se espere que um alto volume de ciclistas use os corredores, recomenda-se instalar infraestrutura específica para ciclistas.

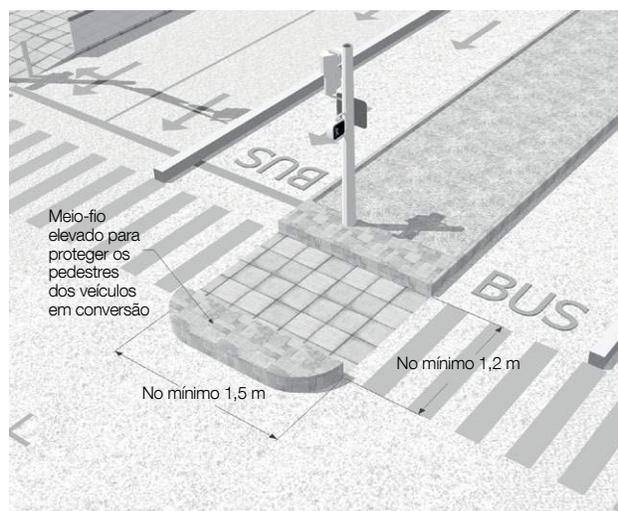


Figura 28 Detalhe da ilha de refúgio para pedestres. A ilha deve estar nivelada com o pavimento e protegida do tráfego por um meio-fio elevado. Deve ter espaço suficiente para o volume esperado de pedestres e deve acomodar pelo menos uma pessoa com um carrinho de bebê.

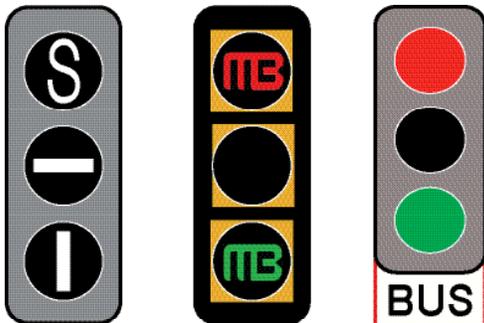
A conversão à esquerda deve ser feita a partir da faixa adjacente à faixa do ônibus. Os veículos devem ter uma fase específica para a conversão à esquerda, durante a qual todos os outros movimentos terão sinal vermelho.

Nas vias com ônibus nas faixas centrais, a conversão à esquerda inicia mais distante do eixo da via do que na maioria dos outros tipos de via. Consequentemente, pode ser difícil acomodar ambas as conversões à esquerda sem sobreposição. Uma solução comum no sistema TransMilenio de Bogotá é permitir apenas uma das duas conversões à esquerda (geralmente a com maior volume de tráfego) e substituir as outras por alças.



Figura 29 Interseção entre vias principais, com conversões à esquerda

Recomenda-se usar semáforos especiais para os ônibus em toda a extensão dos corredores BRT ou de ônibus. Devem ser claramente diferentes dos semáforos comuns. São apresentadas aqui várias opções de semáforos para ônibus:



(Esquerda, semáforo para ônibus segundo os requerimentos na Dinamarca; meio: semáforo do Metrobús da Cidade do México; direita: semáforo padrão com a placa "ÔNIBUS")

Tabela 9 Potencial impacto na segurança devido à remoção de uma conversão à esquerda de uma interseção

Impacto médio ponderado da remoção de uma conversão à esquerda	% mudança nos acidentes	95% intervalo de confiança
Acidentes com mortos ou feridos	-22%	(-12%, -32%)
Colisões entre veículos	-26%	(-10%, -43%)

5.3 INTERSEÇÃO ENTRE VIAS PRINCIPAIS COM CONVERSÃO À ESQUERDA

Recomenda-se permitir a conversão à esquerda a partir de corredores BRT ou de ônibus apenas em locais que satisfazem um dos seguintes critérios:

- Onde se espera um grande volume de tráfego com conversão à esquerda e este tráfego não pode ser acomodado nas vias adjacentes ou próximas, tornando uma alça inviável;
- Áreas onde as quadras são excessivamente longas, indicando que a alça mais curta disponível implica um desvio significativo. Isso pode ocorrer em zonas industriais, perto de campi universitários importantes ou em cidades com escassa malha viária.

Se a conversão à esquerda for permitida, este movimento deve ter fase semafórica e faixa de conversão exclusivas. Não é recomendado permitir que o tráfego ocupe a faixa de ônibus ou que haja uma faixa compartilhada para ônibus e conversão à esquerda. Dados de Bogotá, Cidade do México e Guadalajara sugerem que, quando veículos das faixas de tráfego misto entram nas faixas de ônibus, frequentemente há colisão com os ônibus.

Permitir conversão à esquerda a partir do corredor de ônibus reduz o tempo total de verde disponível para os ônibus, pois estes devem estar no sinal vermelho durante qualquer fase de conversão à esquerda. O impacto exato sobre a capacidade vai depender do tempo real de semáforo e do número de conversões à esquerda permitido.

Se a conversão à esquerda for permitida apenas a partir de uma das vias, a capacidade desta interseção continua consideravelmente maior do que

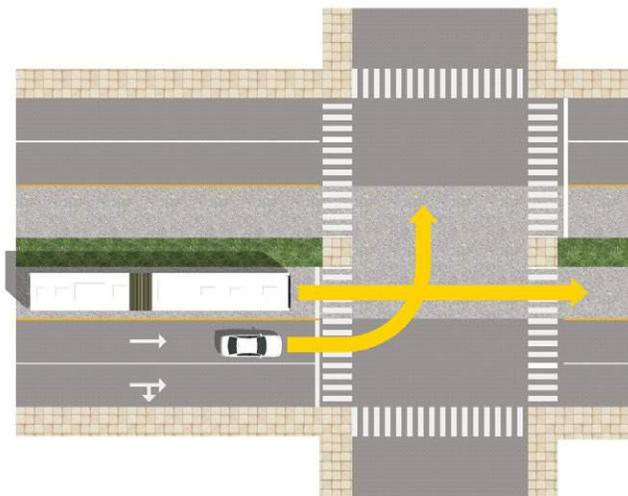
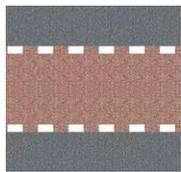


Figura 30 Diagrama de acidente: o tipo mais comum de acidente envolvendo ônibus em BRT ou corredores de ônibus em faixas centrais: automóveis que fazem conversão à esquerda ilegalmente na frente dos ônibus.

a capacidade real do sistema, que será limitada pelo layout da estação. No entanto, se a conversão à esquerda for permitida tanto a partir da via principal como da via transversal com fase semafórica protegida, há o risco de que esta interseção se torne um gargalo para todo o corredor.

A conversão à esquerda é um dos casos em que as mesmas recomendações melhoram a segurança e as operações. A proibição da conversão à esquerda elimina um movimento perigoso e, ao mesmo tempo, minimiza as fases semafóricas necessárias, maximizando a capacidade do corredor de ônibus.

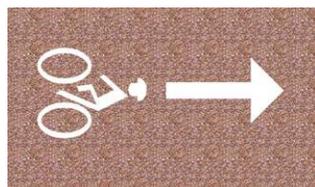


A sinalização horizontal da ciclovia deve continuar ao longo da interseção. Nesta figura, foi usada uma linha pontilhada grossa para indicar aos ciclistas os lugares onde os veículos podem cruzar a ciclovia. Deve-se verificar as normas aplicáveis para encontrar a sinalização horizontal correta.



Figura 31 Interseção com ciclovias

Sinalização horizontal recomendada para ciclovias.



Recomenda-se escalonar as linhas de retenção para o tráfego misto e para os ciclistas, colocando a linha de retenção da ciclovia levemente à frente. Isso pode ajudar a garantir que os ciclistas sejam vistos pelos condutores que convertem à direita.

Nesta figura, apresenta-se uma distância de 1 m entre as duas linhas de retenção. Essa distância pode ser de até 5 m.

5.4 INTERSEÇÃO DE VIAS PRINCIPAIS COM PRESENÇA DE CICLOVIAS

Nesta seção, apresentam-se conceitos de projetos de interseções ao longo de corredores de ônibus que possuam, em paralelo, ciclovias ou ciclofaixas.

O conflito mais importante a considerar é aquele entre ciclistas que continuam através da interseção e veículos que convertem à direita. O fundamental para aumentar a segurança é ter certeza de que a ciclovia seja claramente visível para os condutores que se aproximam da interseção. Recomenda-se eliminar barreiras físicas grandes, como gradis ao longo da ciclovia, vários metros antes da interseção para garantir melhor visibilidade. Barreiras menores, da altura do meio-fio, podem ser utilizadas no trecho que antecede a interseção.

A ciclovia também deve ser claramente sinalizada ao cruzar a interseção, e a sinalização horizontal deve deixar claro para os ciclistas que outros veículos podem cruzar pela ciclovia naquele ponto.

O único impacto das ciclovias nas operações dos ônibus seria manter os ciclistas fora das faixas dedicadas aos ônibus e, com isso, eliminar possíveis atrasos dos veículos que adotam velocidades reduzidas para evitar a colisão com ciclistas que trafegam à sua frente. A capacidade e a velocidade de operação do sistema de ônibus não são afetadas de nenhuma outra forma pela presença da ciclovia.



Figura 32 Exemplo de sinalização vertical e horizontal para ciclovias



Figura 33 Interseção entre via principal e via secundária

5.5 INTERSEÇÃO ENTRE VIA PRINCIPAL E VIA SECUNDÁRIA

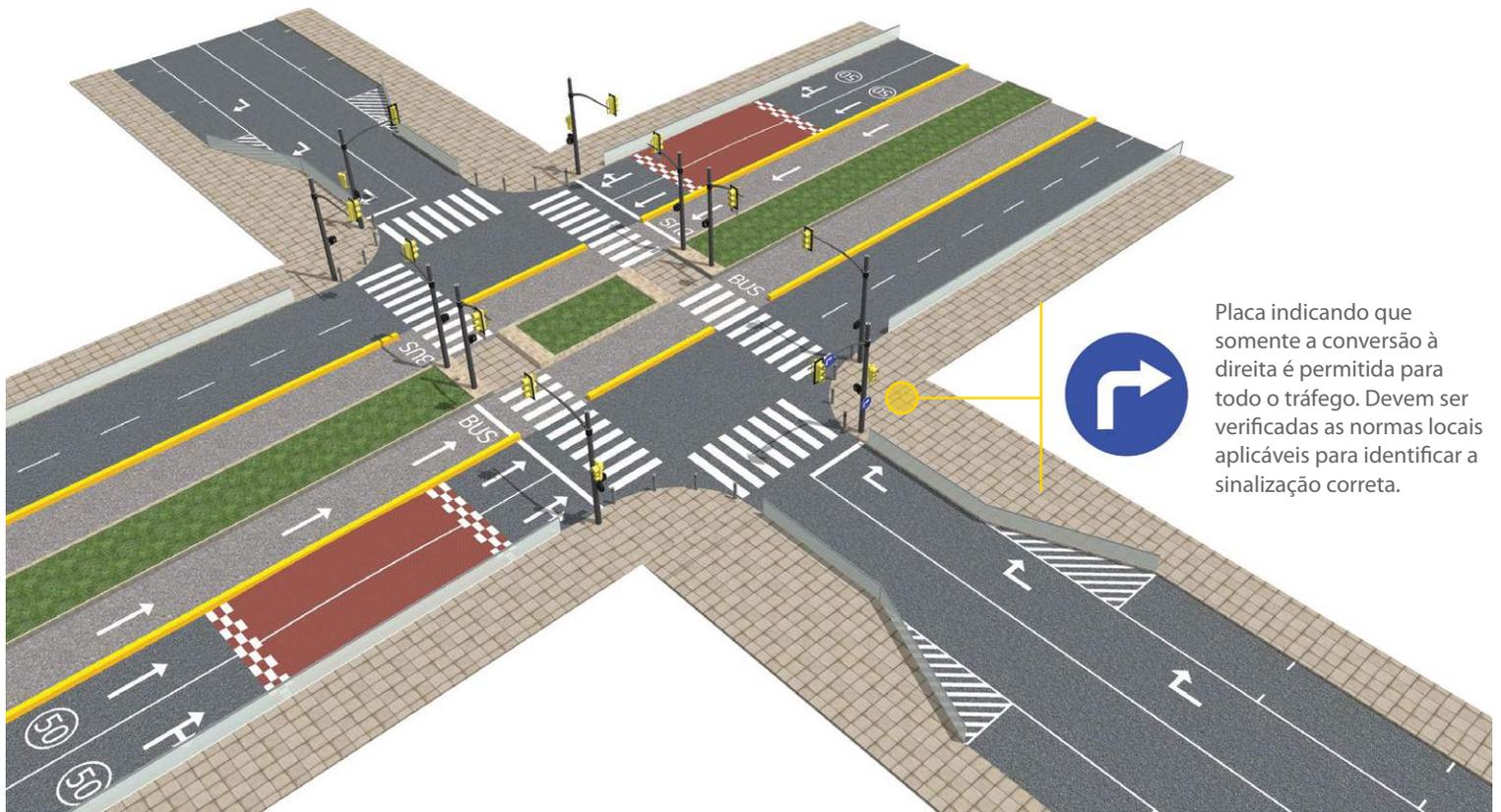
A maioria dos problemas de segurança viária relacionados com este tipo de interseção já foi abordada nas páginas anteriores. Os principais problemas do projeto são: manter a área da interseção tão estreita quanto possível, evitar longas travessias de pedestres e manter os veículos sem autorização fora das faixas dedicadas aos ônibus.

Também é importante garantir que o tempo de verde para os pedestres atravessarem a via tenha duração suficiente para que possam atravessar toda a seção viária em uma única fase.

Além disso, a Figura 33 ilustra como podem ser colocados os gradis para pedestres ao longo da calçada, em vez de posicioná-los no canteiro central. Isso ajudaria a evitar o estacionamento ilegal sobre a calçada.

Tabela 10 Impactos na segurança devido à substituição de uma interseção de 4 aproximações por 2 interseções em T

		% mudança nos acidentes	95% intervalo de confiança
Substituição de uma interseção de 4 aproximações por 2 interseções em T	Acidentes com mortos ou feridos	-66%	(-88%, -1%)
	Total de acidentes	-57%	(-70%, -37%)



Placa indicando que somente a conversão à direita é permitida para todo o tráfego. Devem ser verificadas as normas locais aplicáveis para identificar a sinalização correta.

Figura 34 Via transversal bloqueada

5.6 INTERSEÇÃO ENTRE VIA PRINCIPAL E VIA SECUNDÁRIA BLOQUEADA/INTERSEÇÃO EM T

O fechamento do cruzamento com a via transversal pode reduzir em até 57% (Tabela 10) os acidentes nesta interseção. Contudo, isso pode não trazer benefícios para os pedestres. Quando o canteiro central é estendido, eliminando o cruzamento de veículos, é comum nos sistemas BRT existentes também eliminar os semáforos e a faixa de pedestres. Mas, conforme observado durante as inspeções de segurança viária, os pedestres continuam a atravessar nesses locais, expondo-se ao risco de atropelamento. Conseqüentemente, recomenda-se manter as faixas de pedestres e os semáforos. Além disso, alguns veículos podem não parar no sinal vermelho se o único conflito for com tráfego de pedestres. Recomenda-se diminuir este risco potencial colocando lombadas suaves antes da interseção.

A capacidade das faixas de ônibus nesta interseção é limitada pela duração do tempo de verde disponibilizado para os pedestres cruzarem a via principal, por isso, sendo todo o resto igual, o bloqueio da via transversal não deverá ter um impacto na capacidade. No entanto, a presença do semáforo para pedestres reduz a velocidade média de operação, em comparação com a prática-padrão dos corredores BRT de eliminar travessias e semáforos em pontos onde a interseção é fechada. Isso significa um decréscimo na velocidade de operação em benefício da segurança de pedestres. Recomenda-se haver, no mínimo, uma travessia de pedestres controlada por semáforo a cada 300 m.

5.7 INTERSEÇÃO ENTRE VIA PRINCIPAL E VIA SECUNDÁRIA COM CONVERSÕES DE CICLISTAS

Os semáforos de repetição são especialmente importantes nestes locais. Os ciclistas que esperam nas áreas sinalizadas (*queue boxes*) para completar a conversão à esquerda não enxergam o semáforo localizado antes da interseção e dependem exclusivamente do semáforo de repetição.

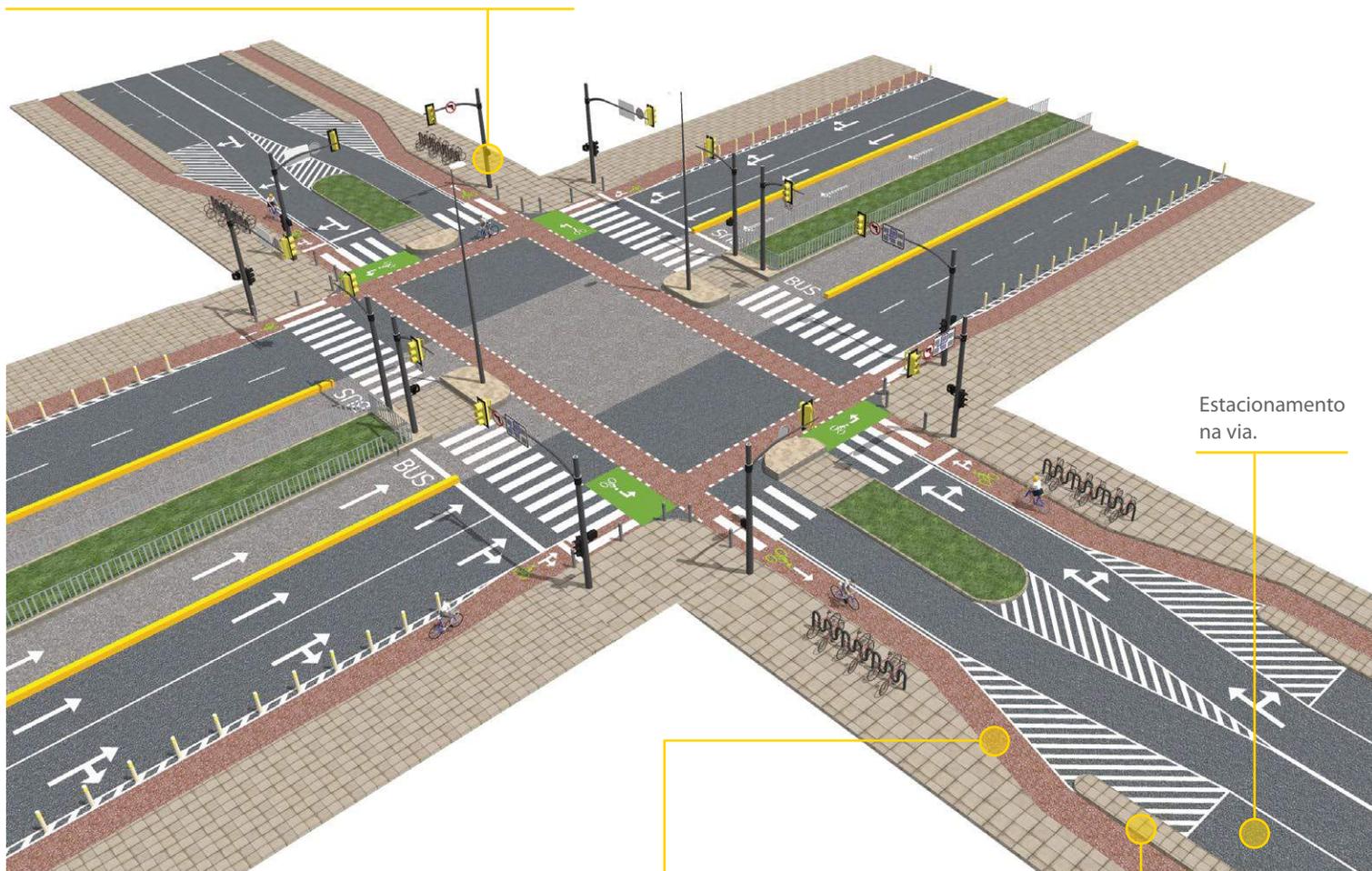


Figura 35 Interseção entre via principal e via secundária com conversões de ciclistas

A localização mais segura para a ciclovia é entre a calçada e a faixa de estacionamento. Esta localização ajuda a eliminar conflitos entre bicicletas e veículos que estão estacionados ou manobrando para entrar e sair das vagas de estacionamento.

Zona de segurança entre faixa de estacionamento e ciclovia pode ajudar a proteger os ciclistas da abertura inesperada de portas de veículos estacionados – um problema de segurança comum para ciclistas.

Estacionamento na via.

5.8 INTERSEÇÕES COM INFRAESTRUTURA CICLOVIÁRIA

A maior preocupação de segurança em uma interseção onde ambas as vias possuem infraestrutura para bicicletas é como acomodar as conversões dos ciclistas à esquerda. Há diversas opções para os projetistas, incluindo áreas para as bicicletas à frente dos demais veículos (*bike boxes*) e também áreas para fila de conversão em dois estágios (*queue boxes*) (NACTO 2011). Recomenda-se o uso de áreas para a conversão em dois estágios, conceito ilustrado nas figuras 36 e 37. Observa-se que a conversão em dois estágios funciona de maneira diferente das áreas sinalizadas para conversão à esquerda. Os ciclistas que desejarem converter à esquerda deverão, primeiro, atravessar a interseção, depois esperar o tempo de verde para a via transversal na devida área sinalizada (*queue box*). Quando o semáforo da via transversal estiver verde, os ciclistas podem atravessar o corredor de BRT juntamente com o restante do tráfego.

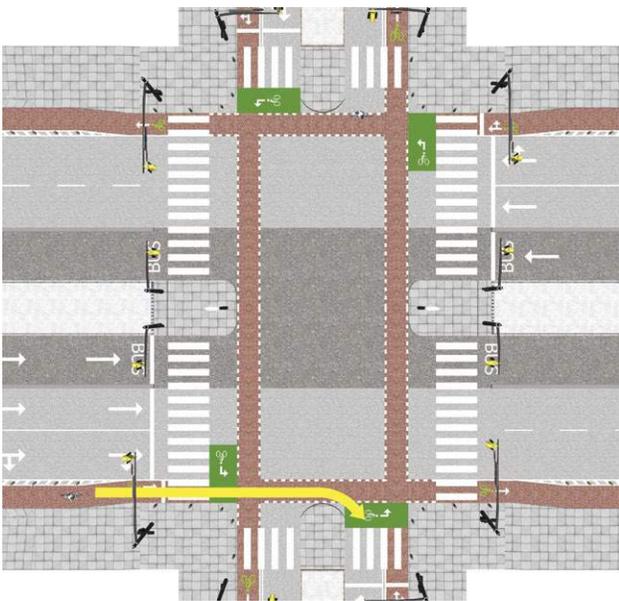


Figura 36 Primeiro estágio da conversão à esquerda: os ciclistas devem seguir em frente ao longo do corredor BRT durante a fase verde, parar na área sinalizada (*queue box*) à sua direita e aguardar nesta área até que o semáforo mude para vermelho.

Esta solução frequente de projeto (NACTO 2011) é também a opção que mais reduz conflitos entre ciclistas e outros usuários da via. Dependendo do contexto do local e da experiência prévia com esse tipo de solução, esta pode ser uma configuração nova e relativamente incomum. As vantagens da utilização dessa configuração devem ser consideradas cuidadosamente com relação à necessidade de treinamento e fiscalização para garantir que os ciclistas utilizem a estrutura corretamente.

Se os ciclistas não forem bem informados sobre como utilizar a infraestrutura, a melhora na segurança devido à implantação da mesma não ocorrerá. Para outras opções de conversão à esquerda de ciclistas, consultar NACTO 2011.

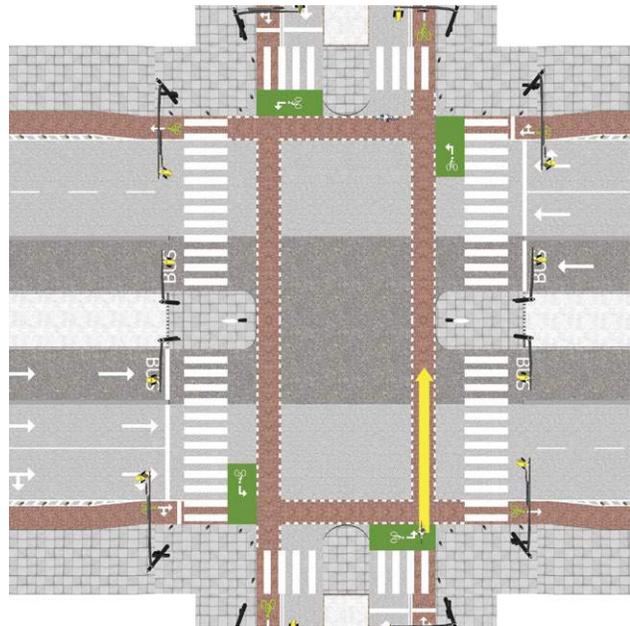


Figura 37 Segundo estágio da conversão à esquerda: quando o semáforo muda para verde para os veículos da via transversal, os ciclistas podem cruzar o corredor BRT junto com o restante do tráfego. Nestes casos, é de extrema importância a presença do semáforo de repetição após a interseção. Os ciclistas que aguardam para fazer a conversão não conseguem ver o semáforo localizado antes da interseção, dependendo exclusivamente do semáforo de repetição.

A sinalização horizontal na faixa junto ao meio-fio deve indicar claramente que os veículos trafegando nesta faixa devem fazer conversão à direita, mas que os ônibus estão isentos desta regra, ou seja, podem seguir em frente. Devem ser verificadas as normas aplicáveis para identificar a sinalização horizontal e vertical correta para esta situação.

O raio de conversão neste exemplo é pequeno, justamente para evitar que os veículos façam conversão à direita e, acidentalmente, ingressem na faixa de ônibus. Entretanto, há espaço suficiente para converter à direita com segurança para uma das faixas de tráfego misto. Contudo, um raio de conversão pequeno não deve ser usado quando alguns veículos precisarem fazer a conversão diretamente para a faixa de ônibus (por exemplo, veículos de manutenção, serviços de ônibus paradores que dividem a mesma faixa de ônibus, ambulâncias, etc.)

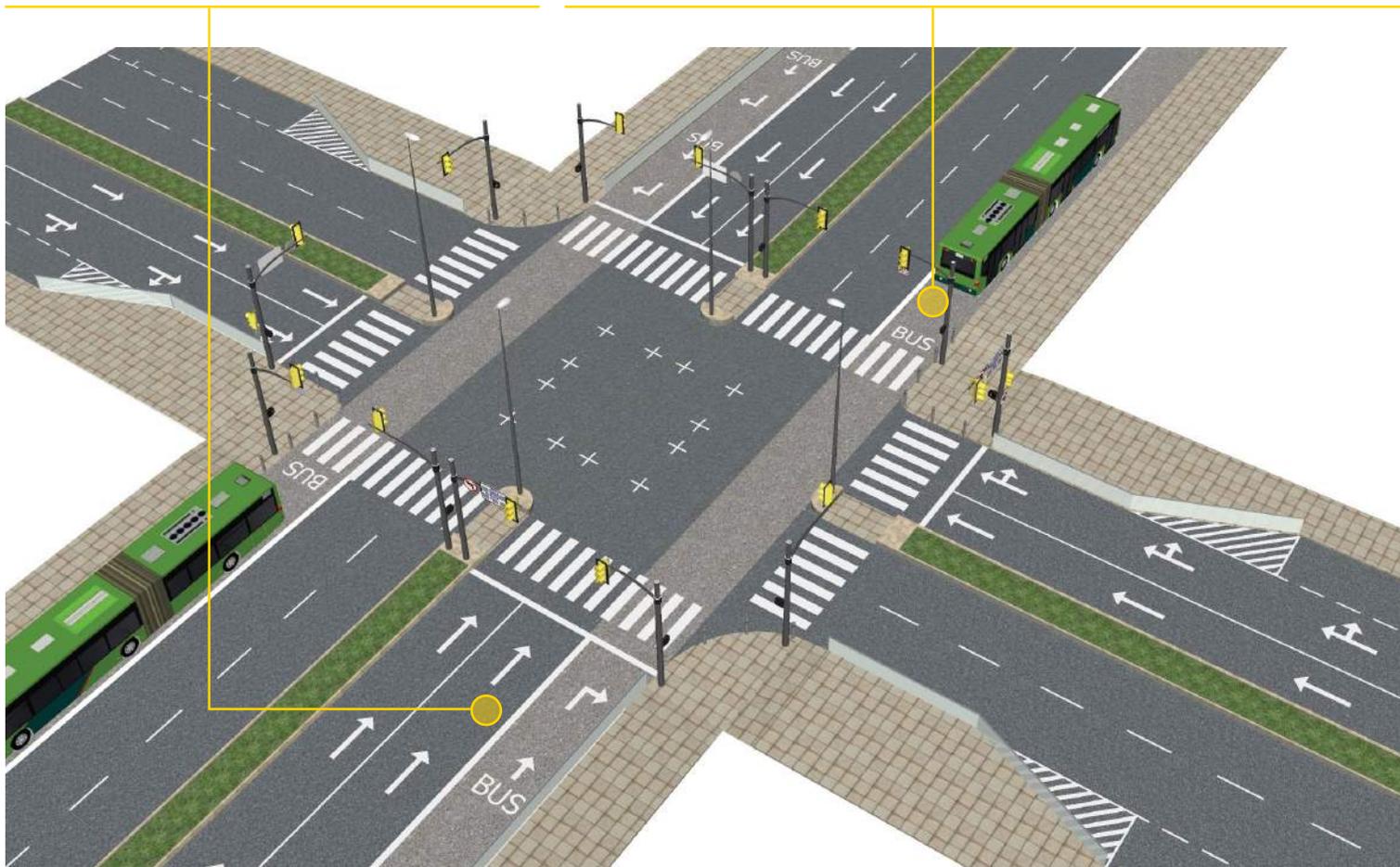


Figura 38

Interseção com BRT junto ao meio-fio

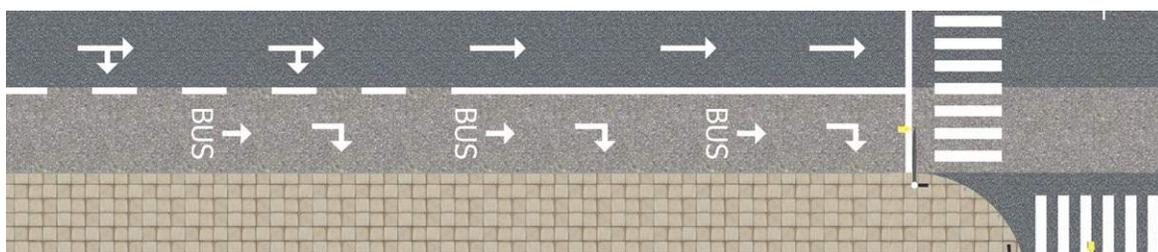


Figura 39 Planta de uma aproximação de interseção ao longo do corredor de ônibus. Os veículos que convertem à direita podem entrar na faixa de ônibus junto à calçada antes da interseção e, depois, fazer a conversão à direita a partir da faixa de ônibus. O espaço para ingresso de veículos na faixa de ônibus deve ser de, no mínimo, 50 m de extensão.

5.9 INTERSEÇÃO ENTRE VIAS PRINCIPAIS, BRT/FAIXAS DE ÔNIBUS JUNTO AO MEIO-FIO

Uma das principais questões de segurança viária que devem ser consideradas nas interseções com faixas de ônibus junto ao meio-fio é como tratar as conversões à direita. Proibir a conversão à direita sobre uma faixa de ônibus junto ao meio-fio restringiria muito a mobilidade e o acesso a

propriedades adjacentes. Portanto, o tráfego misto deve juntar-se às faixas de ônibus para fazer a conversão, ou a conversão deve ser feita a partir de uma faixa adjacente que atravessasse a faixa de ônibus, mas com uma fase semafórica protegida para a conversão.



Figura 40
Interseções com faixas prioritárias para ônibus ou tráfego misto

5.10 INTERSEÇÃO ENTRE VIAS PRINCIPAIS, QUADRAS INFERIORES A 200 METROS: BRT/ CORREDOR DE ÔNIBUS JUNTO AO MEIO-FIO

Em quadras com menos de 200 m de extensão (o que é comum em áreas centrais densas), o corredor de ônibus junto ao meio-fio opera como um sistema convencional de ônibus em tráfego misto.

A análise de dados de acidentes sugere que a segurança dos sistemas prioritários para ônibus junto ao meio-fio não é tão boa como a dos sistemas de faixa central, embora seja melhor que a do serviço convencional de ônibus. Conforme

mencionado na seção Visão Geral da Pesquisa, isso não se deve necessariamente à configuração do sistema de ônibus em si, mas ao fato de que a implementação da prioridade para ônibus junto ao meio-fio não inclui características como a instalação de um canteiro central, redução das distâncias de travessia de pedestre e proibição de conversão à esquerda, as quais são típicas de sistemas de faixa central e que, comprovadamente, melhoram a segurança

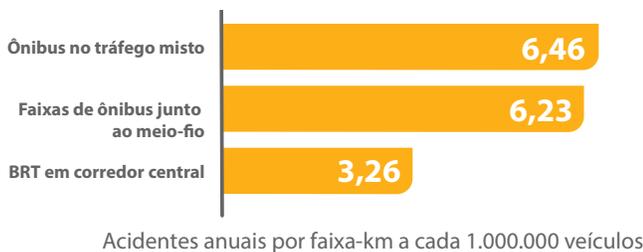


Figura 41 Comparação dos dados de acidentes de trânsito para três tipos de corredores de ônibus em Guadalajara, México

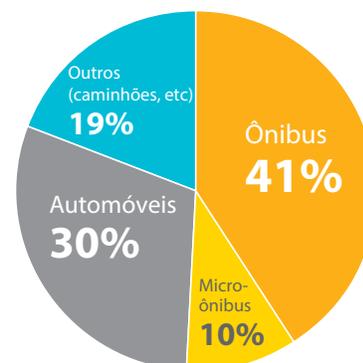


Figura 42
Veículos envolvidos em acidentes em um corredor de ônibus junto ao meio-fio em Guadalajara (Av. Alcalde)

5.11 RESPEITO DOS PEDESTRES AO SEMÁFORO

Nos capítulos 3 (Trechos em Meio de Quadra) e 5 (Interseções), recomendou-se que todas as faixas de travessia de pedestres em nível nas vias arteriais urbanas sejam semaforizadas para que o ambiente da travessia seja seguro. Também é importante planejar cuidadosamente a configuração semafórica e conhecer os fatores que contribuem para que os pedestres a respeitem. Uma travessia semaforizada onde a maioria dos pedestres não respeita o semáforo pode não trazer benefícios significativos à segurança. Na maioria das cidades estudadas neste relatório, o projeto dos semáforos, em geral, baseia-se quase exclusivamente em preocupações com a capacidade do tráfego. O comportamento dos pedestres muitas vezes não é considerado, resultando em configurações semafóricas complexas e longos tempos de espera, o que contribui para baixos níveis de respeito ao semáforo. A incidência de pedestres que atravessam no sinal vermelho geralmente é alta na maioria das cidades estudadas (Figura 43), e isso é um claro problema de segurança.

Embora certamente haja aspectos de fiscalização e de educação relacionados ao problema da travessia de pedestres no sinal vermelho, as pesquisas também demonstram que o projeto físico da interseção e, especialmente, a configuração semafórica têm um grande impacto sobre os níveis de respeito aos semáforos (p. ex., Zhou *et al.* 2011; Cooper *et al.* 2012).

Como parte da pesquisa para este relatório, foi realizado um estudo sobre o comportamento de pedestres em interseções semaforizadas e avaliado como os desenhos de interseção e configurações semafóricas afetam a decisão dos pedestres de atravessar no sinal vermelho. Uma descrição detalhada da coleta de dados e metodologia de análise deste estudo foi publicada por Duduta, Zhang e Kroneberger 2014. São apresentadas aqui as principais evidências encontradas e as implicações para o projeto de interseções e semáforos.



Figura 43 Pedestres atravessando no sinal vermelho no ponto de integração de transporte coletivo Eminönü, em Istambul (à esquerda), e na estação de ônibus expresso Salvador Allende, no Rio de Janeiro (à direita)

Tabela 11 Modelo binário logit com previsão da decisão dos pedestres sobre atravessar no sinal vermelho em uma travessia semaforizada (sinal positivo indica uma maior probabilidade de atravessar no vermelho)

	Coefficiente	P
Pessoa com mobilidade restrita (=1 se sim, =0 se não)	-3,813	0,000
Gap do tráfego (intervalo entre passagem de veículos, em segundos)	0,037	0,000
Volumes de tráfego (veículos/segundo/faixa)	-12,525	0,000
Atraso médio do pedestre (fórmula do HCM, em segundos)	0,012	0,023
Conflito com conversões à esquerda (=1 se verdadeiro, =0 se falso)	0,873	0,000
Fase de vermelho total (=1 se sim, =0 se não)	1,02	0,001
Comprimento da travessia de pedestres (metros)	-0,298	0,000
Constante	1,576	0,000
<hr/>		
Número de observações	1.570	
Log de verossimilhança	-494,342	
LR chi2 (prob > chi2)	294,16 (0,000)	

Fonte: Duduta, Zhang e Kroneberger 2014

Uma das principais evidências encontradas a partir dos resultados na Tabela 11 é que o tempo de espera médio dos pedestres é um preditor significativo do respeito ao semáforo. O atraso semaforico é essencialmente uma função da duração da fase verde para pedestres e a duração do ciclo semaforico:

$$d_p = \frac{(C - g_{Cam, vs})^2}{2C}$$

(Eq. 18-71, Highway Capacity Manual)

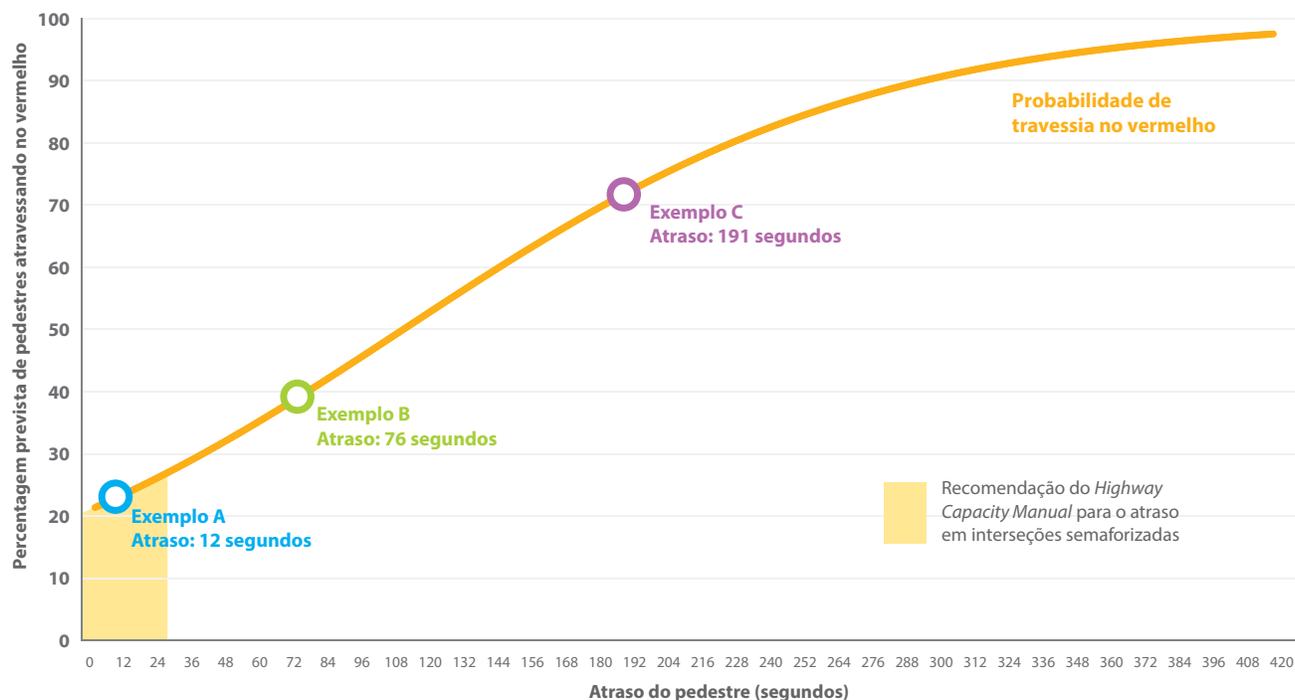
Onde d_p é o atraso de pedestres, C é a duração do sinal semaforico, $g_{Cam, vs}$ é o tempo efetivo de caminhada para a fase semaforica que serve a via secundária (calculada como a fase verde mais 4 segundos). Todas as medidas são em segundos. O atraso de pedestres é maior quando o ciclo semaforico é mais longo e também quando a fase verde para pedestres é mais curta. O *Highway Capacity Manual* (HCM) fornece apenas uma forma aproximada de interpretar o valor do atraso avaliando o respeito dos pedestres ao semáforo. O HCM

observa que é muito provável que os pedestres atravessem no sinal vermelho quando o atraso é maior que 30 segundos e muito provável que esperem pelo sinal verde quando o atraso é de menos de 10 segundos. A Tabela 12 mostra os possíveis valores para a fase de pedestres e duração do ciclo semaforico que resultam em valores de atraso inferiores a 10 e 30 segundos, respectivamente.

O exemplo A é uma configuração comum de faixa de travessia de pedestres ao longo de uma via arterial importante, permitindo que os pedestres aproveitem a prioridade dada ao tráfego. Neste caso, é possível prever um alto nível de respeito dos pedestres ao semáforo. O exemplo B mostra um caso em que a fase de pedestres corresponde à fase verde para uma aproximação secundária a uma grande interseção. Este caso representa um desafio maior, já que o ciclo é longo, a fim de acomodar múltiplas fases, fazendo com que seja menos provável que os pedestres respeitem o semáforo. O exemplo C é um caso extremo de longo atraso de pedestre, com uma duração de ciclo típica das interseções principais de grandes cidades da Índia.

Tabela 12 Exemplos de configurações semafóricas e atrasos de pedestres correspondentes

Exemplos	Atraso do pedestre (d_p)	Duração da fase verde do pedestre	Duração do ciclo semafórico
A	12	40	85
B	76	15	180
C	191	30	440

**Figura 44** Percentagem de pedestres atravessando no sinal vermelho em uma interseção semaforizada, baseada no atraso semafórico do pedestre (baseado em Duduta, Zhang, Kroneberger 2014)

Além da duração das diferentes fases semafóricas, o tipo de fase na interseção também afeta a probabilidade de os pedestres atravessarem no vermelho. É mais provável que os pedestres esperem pelo verde se o principal conflito durante a fase vermelha for com o tráfego no cruzamento. Quando o tráfego no cruzamento para e são permitidos alguns movimentos de conversão, é mais provável que os pedestres decidam cruzar no sinal vermelho. Foram testados os impactos de diferentes tipos de fases semafóricas sobre a probabilidade de travessia no sinal vermelho e verificou-se que a maior probabilidade estava associada a conversões à esquerda protegidas para veículos (Tabela 11). É importante destacar que são avaliadas aqui conversões à esquerda que causam conflitos com os movimentos dos pedestres.

O desenho físico da interseção também afeta os níveis de respeito ao semáforo. É mais provável que os pedestres atravessem no sinal vermelho quando o comprimento da faixa de pedestres é menor. Aqui, é importante diferenciar os desenhos que levam a um maior respeito por parte dos pedestres daqueles que são mais seguros. Embora menos pedestres atravessem no sinal vermelho nas grandes interseções, mais pedestres são feridos ou mortos nestes locais. De fato, verifica-se que travessias de pedestre mais longas estão associadas a uma maior incidência de atropelamentos (Tabela 8). Isso indica que, na medida em que uma interseção se torna mais segura por encurtar a distância da travessia, aumenta a probabilidade de que os pedestres apresentem comportamentos de risco em decorrência dessas condições mais seguras.

5.12 RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PARA MELHORAR O RESPEITO DOS PEDESTRES PELO SEMÁFORO

Talvez a mensagem mais importante dos resultados do modelo seja que, para minimizar as travessias no sinal vermelho, o ciclo semafórico deve ser o mais curto e simples possível. Acrescentar fases para acomodar movimentos de conversão adicionais ou estender as fases para aumentar a capacidade para veículos resulta em maiores atrasos para os pedestres ou configurações semafóricas mais complexas. Ambas as situações aumentam a probabilidade que uma percentagem maior de pedestres atravesse no sinal vermelho, segundo as evidências obtidas no estudo.

Apesar de sua associação com um nível menor de respeito pelo semáforo, travessias de pedestre mais curtas são sempre preferíveis, pois têm melhor

histórico de segurança, o que é, certamente, um indicador de desempenho mais importante na infraestrutura para pedestres do que travessias no sinal vermelho. É importante que urbanistas e engenheiros de transporte estejam cientes de que estreitar uma via provavelmente também aumentará a probabilidade de que os pedestres não obedeçam ao semáforo, o que pode anular alguns dos benefícios da segurança. A partir desta perspectiva, uma boa prática seria combinar o estreitamento da via com dispositivos adicionais para redução da velocidade, como lombadas, ou reduzir ainda mais o atraso semafórico em travessias de pedestre mais estreitas para aumentar o respeito dos pedestres pelo semáforo.



Figura 45 Pedestres no Rio de Janeiro atravessando no vermelho na ausência de tráfego



Figura 46 Típico projeto de interseção e serviço de transporte público no centro histórico da Cidade do México após a implementação da Linha 4 do Metrobús

ESTUDO DE CASO

LINHA 4 DO METROBÚS, CIDADE DO MÉXICO

PRIORIDADE AO ÔNIBUS NO CENTRO HISTÓRICO DE UMA CIDADE

A Linha 4 é parte da crescente rede de BRT do Metrobús da Cidade do México, que, em 2013, cobria 95 km e realizava mais de 700 mil viagens de passageiros diariamente. Enquanto as três linhas anteriores do sistema são sistemas BRT em corredor central que operam nas principais vias arteriais urbanas, a Linha 4 opera nas vias estreitas do centro histórico da cidade, ligando dois importantes pontos de integração de transporte coletivo regional (Buenavista e San Lázaro) ao aeroporto internacional da Cidade do México. A largura reduzida das vias do centro histórico representou um desafio importante para o projeto. Não era possível criar faixas de ônibus exclusivas, como nas outras linhas do Metrobús, porque o acesso às propriedades locais e aos estacionamentos precisava ser mantido. Portanto, a Linha 4 opera em faixas prioritárias para ônibus, as quais são compartilhadas com o tráfego local nas seções mais estreitas, e em faixas exclusivas, quando há espaço suficiente na via para acomodá-las. De certa forma, essa é uma configuração complexa, que permite que outros usuários da via compartilhem ou não as faixas de ônibus, dependendo da situação. Demandou um projeto detalhado, o uso de sinalização vertical e horizontal e a fiscalização para ajudar os usuários da via a entender a nova configuração viária (Figura 47).

Outra preocupação importante foi a necessidade de incluir recursos de prioridade ao transporte coletivo e dar espaço suficiente para o grande número de pedestres que circulam no centro histórico. O projeto da Linha 4 do Metrobús inclui diversos equipamentos de segurança para pedestres que, anteriormente, não eram comuns nas vias da Cidade do México, como semáforos para pedestres, ilhas de refúgio protegidas, pilaretes ao longo do meio-fio para evitar o estacionamento de automóveis nas calçadas e melhorias do pavimento e sinalização. Alguns exemplos são mostrados na Figura 46. As novas faixas de pedestre e linhas de retenção foram melhorias notáveis de projeto na Linha 4, pois tornam as travessias de pedestre nas interseções mais visíveis para os condutores à distância.



Figura 47 Novos semáforos e sinalização horizontal indicando o final de uma faixa compartilhada e o início de uma faixa de ônibus exclusiva, onde o tráfego misto deve fazer conversão à direita



Estação do corredor de BRT TransOeste no Rio de Janeiro, Brasil

➤ CAPÍTULO 7

RECOMENDAÇÕES PARA ESTAÇÕES

7.1 PRINCIPAIS PROBLEMAS DE SEGURANÇA VIÁRIA

Acesso de pedestres à estação

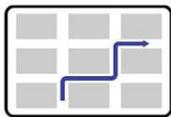
As estações têm maiores volumes de pedestres que a maioria dos outros pontos de um corredor de ônibus, já que, além do tráfego normal de pedestres, há o tráfego de entrada e saída da estação. O risco mais alto de atropelamentos nesses pontos resulta não apenas da maior exposição, mas também da questão do comportamento arriscado, particularmente tentativas de fazer travessias imprudentes para chegar e sair da estação. O projeto e o layout das estações podem influenciar na frequência com que pedestres fazem movimentos arriscados. A utilização de estações fechadas com pontos de acesso controlados, que direcionam o tráfego de pedestres para travessias semaforizadas, é a configuração mais segura. Estações abertas com plataformas baixas são geralmente mais propensas às imprudências, enquanto estações fechadas, com plataformas altas, podem reduzir a incidência de movimentos perigosos.

Conflitos entre ônibus

Esse é um problema que precisa ser considerado nos corredores de alto fluxo de veículos, especialmente naqueles com faixas de ultrapassagem e com a combinação de serviços expressos e paradores, onde os conflitos entre diferentes ônibus são mais prováveis. Os tipos mais comuns de conflitos nas estações são aqueles entre ônibus que entram e saem das faixas de ultrapassagem.

Nas páginas que seguem, apresentam-se diversos conceitos de projeto para estações de ônibus que abordam os principais problemas de segurança viária discutidos nas seções anteriores. O principal problema é o mesmo, independentemente do tipo de estação: controlar os movimentos dos pedestres e desencorajar as travessias irregulares. Porém, as soluções de projeto para atingir esse resultado diferem dependendo do tipo de estação e do método de cobrança de tarifas usado pelo sistema de ônibus.

Inicia-se com um conceito de projeto para uma estação em um corredor BRT de faixa central. Este é separado em duas partes: a primeira refere-se ao acesso do pedestre à estação e a segunda, ao projeto detalhado da estação e da plataforma. Para obter conceitos de projeto para o acesso de bicicletas a uma estação BRT, consulte o capítulo seguinte (Transbordos e Terminais). Em seguida, mostra-se um caso especial de estações no canteiro central – aquelas que são comuns em sistemas de alta capacidade como o TransMilenio e que apresentam múltiplas baias e faixas de ultrapassagem. Nesse caso, além de abordar o acesso de pedestres, os projetistas também devem ter atenção aos conflitos potenciais entre os diferentes ônibus. No decorrer deste capítulo, ilustram-se também conceitos de estações de ônibus em corredores que não usam sistema de tarifa pré-paga – como os corredores de ônibus sem segregação, faixas de ônibus junto ao meio-fio ou serviços convencionais de ônibus em tráfego misto.



No contexto da América Latina, pode ser melhor proibir as conversões tanto à esquerda como à direita nas interseções onde há estações BRT. Isso garantiria o acesso seguro de pedestres, especialmente em estações com alto volume de pedestres. As conversões à direita podem ser substituídas por alças, que devem começar uma quadra antes da interseção.



Figura 48 Acesso à estação em via arterial urbana

É comum nos BRT latino-americanos que os pedestres atravessem ao longo do canteiro central para chegar e sair da estação, especialmente se a fase verde do BRT for relativamente longa. Alguns BRT, como o Macrobús de Guadalajara, implementaram faixas de pedestre semaforizadas ao longo do canteiro central. Embora não existam evidências do impacto deste recurso específico sobre a segurança, o BRT Macrobús tem um bom histórico de segurança geral. Esse tipo de solução pode ser considerado para os BRT, especialmente quando há baixo nível de respeito dos pedestres pelo semáforo e se espera que haja travessia ao longo do canteiro central, com ou sem uma faixa de travessia de pedestres.

A desvantagem de proibir a conversão à direita é que o tráfego é redirecionado para a vizinhança e pode simplesmente transferir o risco para outras vias. Uma forma de lidar com conflitos de conversão à direita é usar uma faixa exclusiva para conversão à direita e uma fase semaforizada exclusiva para a conversão. Esta solução tem sido aplicada com sucesso em Nova York e em Washington e deve ser considerada em contextos em que o respeito dos condutores pelo semáforo seja relativamente alto.



Figura 49 Área de espera dos pedestres lotada na saída da estação da Calle 72 no TransMilenio

7.2 ACESSO À ESTAÇÃO EM VIA ARTERIAL URBANA

Visando a aumentar a segurança nas estações, recomenda-se adequar seu projeto ao comportamento observado dos pedestres. Particularmente, os projetistas devem limitar as oportunidades para travessias imprudentes, projetando estações fechadas e usando gradis para direcionar os pedestres até as travessias semaforizadas.

A principal recomendação em relação à segurança é o uso de estações fechadas, independentemente do sistema usado para cobrança de tarifa, seja pré-pago ou a bordo. A estação deve ter pontos de acesso situados somente nas travessias de pedestres com semáforo ou nas passarelas.

Outro aspecto importante de segurança é a inclusão de gradis ao longo da divisão entre as faixas de ônibus e as faixas de tráfego misto. Os gradis ajudam a impedir a tentativa dos pedestres de atravessar as faixas de ônibus para chegar e sair da estação.

Um importante problema a considerar no que se refere ao acesso às estações é a superlotação no canteiro central e em quaisquer refúgios que possam existir.

Uma estação típica em um sistema BRT com uma faixa por sentido, como o Metrobús na Cidade do México, terá, usualmente, entre 2.000 e 12.000 passageiros diários saindo de uma estação. Dados de uma auditoria de segurança viária em um corredor BRT proposto para o Rio de Janeiro indicam que, em uma das estações mais movimentadas, é possível ter

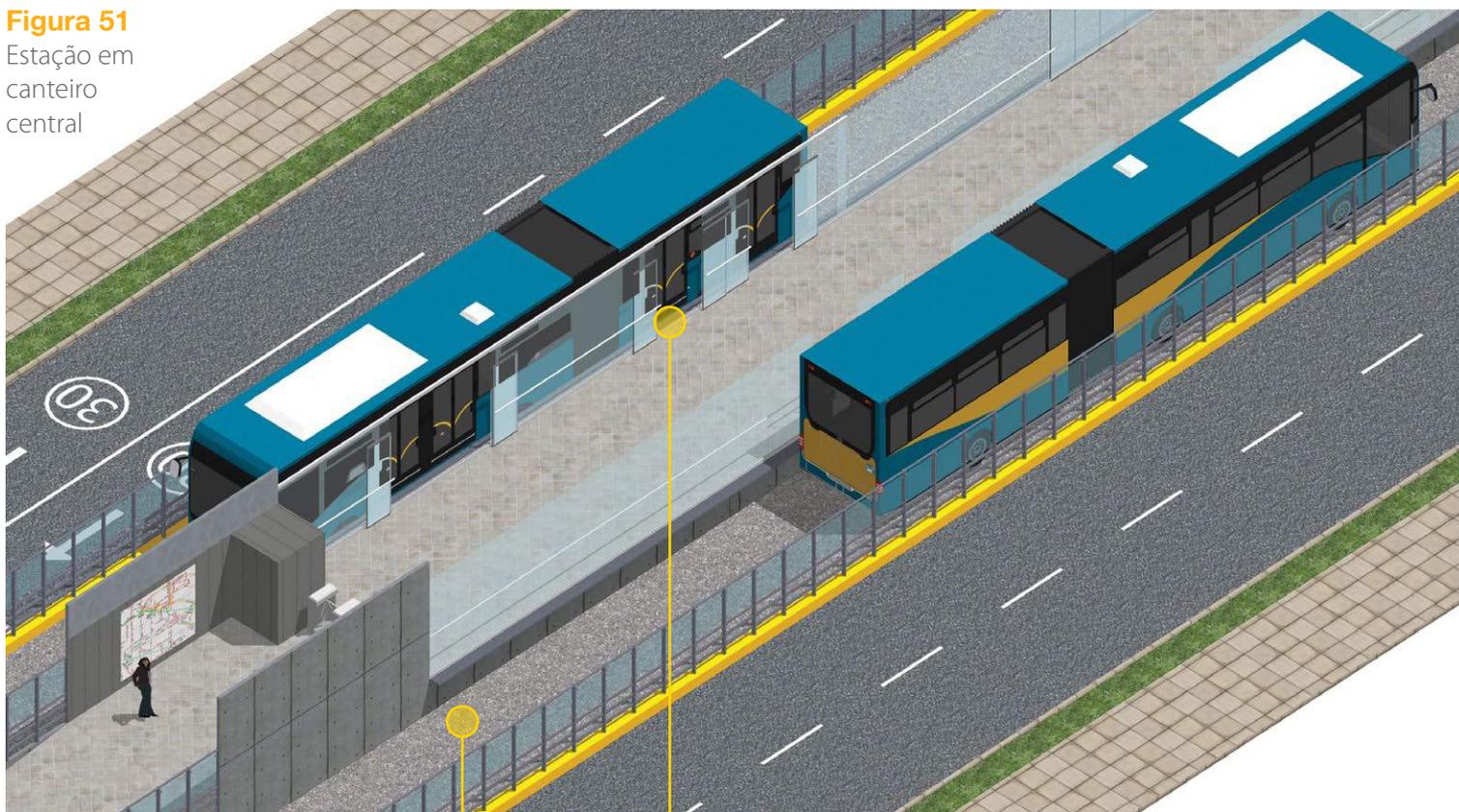


Figura 50 Pedestres correndo nas faixas de ônibus tentando entrar na estação sem pagar a tarifa, no TransMilenio

até 100 passageiros deixando a estação no horário de pico durante um único ciclo semafórico. Nesses casos, os acessos às estações precisam ser estudados juntamente com a programação semafórica para impedir que grandes números de pedestres fiquem presos em canteiros centrais estreitos, sem área suficiente para acomodá-los. Uma solução simples é garantir que os pedestres possam sempre fazer a travessia da plataforma da estação até a calçada em uma única fase. Muitos dos problemas identificados através das auditorias resultam da presença de múltiplas fases para pedestres, o que, geralmente, implica grandes volumes de pedestres aglomerados em estreitos canteiros centrais.

Figura 51

Estação em canteiro central



Um componente-chave para a segurança do projeto das estações é colocar uma barreira ou um gradil entre a faixa de ônibus e as faixas de tráfego misto. Isso deve ajudar a impedir as tentativas dos pedestres de fazer travessias imprudentes nas faixas de ônibus para entrar ou sair da estação.

Portas automáticas na plataforma na interface entre os ônibus e a estação são uma boa solução de segurança para as estações BRT. As portas devem estar alinhadas com as portas dos ônibus, e projetadas para abrir somente quando há um ônibus parado na estação. Entretanto, o mecanismo para abertura das portas precisa ser projetado cuidadosamente para garantir que não seja ativado acidentalmente com a passagem de um ônibus expresso ou por um ônibus que esteja parando em outro ponto da estação.



Figura 52 Pedestre atravessando a via em frente à estação, sem barreiras entre a faixa de ônibus e as faixas de tráfego misto



Figura 53 Porta automática em uma estação BRT em Curitiba. As portas estão abertas, embora não haja nenhum ônibus na estação. Isso é um risco em uma estação lotada, já que os passageiros podem cair acidentalmente nas faixas de ônibus.

7.3 PROJETO DE ESTAÇÃO EM BRT/CORREDOR DE ÔNIBUS EM FAIXAS CENTRAIS

As estações localizadas no canteiro central precisam ser projetadas como espaços fechados – cercadas por paredes de vidro ou por gradis altos que direcionem os pedestres para pontos de acesso específicos localizados em travessias de pedestres semaforizadas. As estações devem seguir esses princípios de projeto, independentemente do sistema de cobrança de tarifas usado (pré-pago ou a bordo) ou dos tipos de veículos.



Figura 54 TransMilenio 2006: uma ligação entre dois módulos em uma mesma estação. Observa-se que os gradis baixos, de aproximadamente 1 m de altura, permitem que as pessoas pulem por cima facilmente, um importante risco à segurança dos pedestres.



Figura 55 TransMilenio 2011: os gradis ao longo da ligação foram elevados para que seja mais difícil escalá-los. Recomenda-se o uso de gradis mais altos em trechos que conectam diferentes módulos de uma mesma estação.

Uso de gradis altos entre as faixas de ônibus e as faixas de tráfego misto

Esse é o elemento de segurança mais importante no projeto de uma estação, já que ajuda a eliminar os movimentos mais perigosos dos pedestres: a travessia das faixas de ônibus para entrar ou sair ilegalmente da estação.

O gradil deve ter, no mínimo, 1,70 m e, se possível, ser ainda mais alto, sem pontos de apoio, para garantir que os pedestres não o escalem facilmente. Os gradis devem ser resistentes, já que são frequentemente danificados por pessoas que tentam atravessar ilegalmente, e devem cobrir toda a extensão da estação, sem nenhuma abertura.

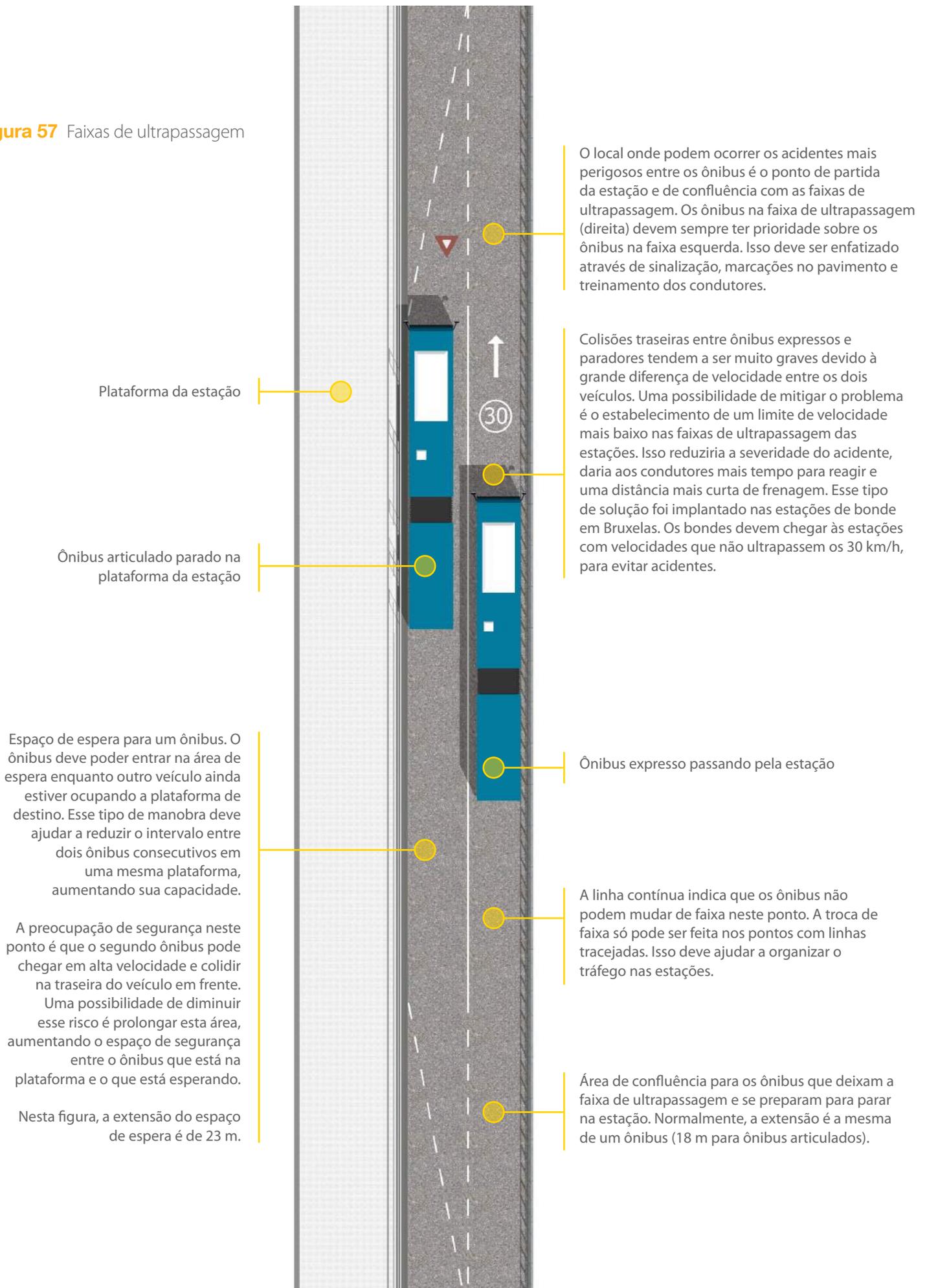
Uso das portas automáticas

As portas automáticas podem ser úteis para evitar as travessias imprudentes e para garantir que os passageiros que esperam na plataforma fiquem afastados dos ônibus que manobram nas faixas. No entanto, estas portas podem apresentar diversos problemas. Além dos problemas com aberturas acidentais, também existe a possibilidade de as pessoas forçarem a sua abertura. Às vezes, essa é uma tentativa de entrar ou de sair da estação ilegalmente e atravessar correndo as faixas de ônibus. Em outros casos, foram observados passageiros simplesmente evitando o fechamento das portas enquanto esperam o ônibus.



Figura 56 Passageiro forçando a abertura de uma porta automática em uma estação do TransMilenio

Figura 57 Faixas de ultrapassagem



7.4 PROJETO DE ESTAÇÕES: FAIXAS DE ULTRAPASSAGEM

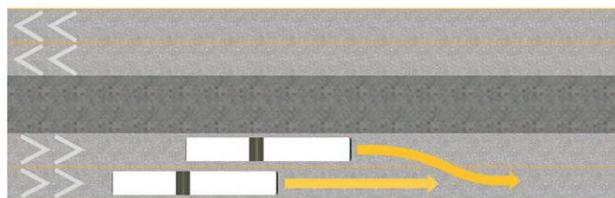
Para estações de alta capacidade com faixas de ultrapassagem e múltiplas baias, devem ser considerados riscos adicionais à segurança. O mais grave é o risco de colisões entre os ônibus paradores e os expressos, que podem ser graves e até fatais.

Quando os sistemas de ônibus precisam atingir picos de capacidade de 30.000 ou até 40.000 passageiros por hora por sentido, isso geralmente ocorre através de uma combinação de diversas faixas, múltiplas baias nas estações e uma mescla de serviços paradores e expressos. Isso também resulta em um alto fluxo de ônibus. A seção mais movimentada do TransMilenio, por exemplo, tem até 350 ônibus por hora por sentido. Isso significa que os conflitos entre ônibus são muito mais frequentes e o risco de colisões entre diferentes ônibus é maior.

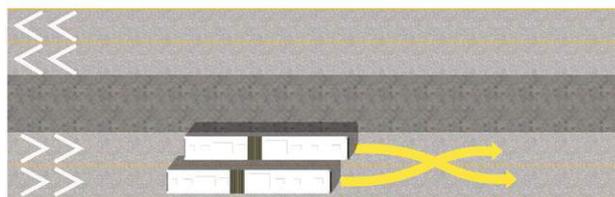
As colisões traseiras são o tipo mais frequente de acidentes registrado entre ônibus no TransMilenio e também no BRT Metropolitano em Lima, cuja configuração é similar. A maioria dos acidentes de colisão traseira acontece fora das estações, mas aqueles que ocorrem nas estações tendem a ser mais graves porque geralmente envolvem ônibus expressos em alta velocidade colidindo com um ônibus parador que está saindo da estação. As três colisões traseiras mais graves nas estações do TransMilenio entre 2005 e 2011 somadas foram responsáveis por mais de 170 feridos.

Outros tipos comuns de acidentes nas estações são os abaloamentos ou leves colisões laterais entre ônibus que estão manobrando dentro ou fora da estação. Raramente resultam em ferimentos, e o mais comum é que ocasionem danos nos espelhos laterais dos veículos.

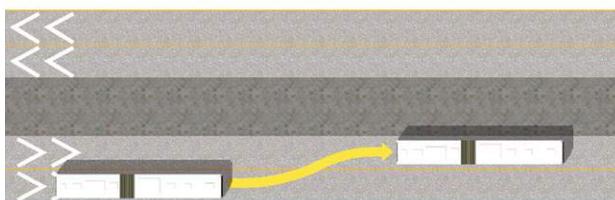
Figura 58 Acidentes entre ônibus nas estações



Exemplo de um acidente grave em uma estação típica do TransMilenio: um ônibus parador está saindo da plataforma da estação e convergindo para a faixa de ultrapassagem quando sofre uma colisão traseira de um ônibus expresso que está passando pela estação. Esse tipo de acidente já causou graves ferimentos e, pelo menos, uma morte.



Exemplo de um acidente de baixa severidade em uma estação típica do TransMilenio: um ônibus parador que está saindo da plataforma da estação colide com um ônibus que tenta parar em outra plataforma. Esses acidentes geralmente acontecem em baixa velocidade, por isso raramente causam ferimentos.



Exemplo de acidente nas estações do TransMilenio, assim como do BRT Metropolitano (Lima): um ônibus parado na estação sofre colisão traseira causada por outro ônibus que se aproxima da estação. Geralmente, são colisões em baixa velocidade e, portanto, não causam acidentes graves como as colisões traseiras nas faixas de ultrapassagem.



Figura 59 Pedestres deixando uma estação alimentadora do TransMilenio por um ponto de saída proibido

A instalação de um gradil neste local pode ajudar a prevenir travessias imprudentes nas faixas de tráfego misto até a calçada. Em Porto Alegre, algumas estações de ônibus apresentam esse tipo de gradil, por uma distância de até 10 m a partir do final da plataforma, e, mesmo assim, pedestres ainda atravessam a via em meio de quadra. Os gradis devem ser longos o suficiente – além dos 10 m, neste caso – para serem eficazes.



Figura 60 Acesso à estação

Recomenda-se construir uma barreira contínua, preferencialmente transparente, ao longo da estação. Isso orienta os pedestres que saem e entram na estação em direção à travessia de pedestres semaforizada, e também permite que visualizem qualquer veículo nas faixas de tráfego misto.

A imagem mostra um arranjo escalonado das plataformas da estação nos dois lados da interseção. Uma estação próxima à interseção promove segurança para um maior número de pedestres no entorno, que acessarão a estação utilizando a faixa de travessia de pedestres. O uso de gradis e barreiras pode direcionar os passageiros às travessias e desencorajar as travessias imprudentes. Instalar a plataforma antes da interseção nos dois sentidos também permite que os ônibus façam fila na estação ou na fase vermelha do semáforo sem bloquear a interseção.

O gradil entre as duas faixas de ônibus evita que os pedestres tentem fazer atalhos através das faixas de ônibus de uma plataforma da estação para a calçada, e os direciona até a travessia semaforizada.

7.5 DESENHO E ACESSO À ESTAÇÃO

Os corredores de ônibus geralmente têm estações abertas, com plataformas baixas e pagamento de tarifa a bordo. Isso significa que, muitas vezes, o acesso de pedestres à estação não é bem regulado e há uma alta incidência de travessias imprudentes. Um estudo realizado em Porto Alegre revelou que trechos onde há a presença de estações em corredores de ônibus têm maior incidência de atropelamentos do que outros locais, considerando-se as diferenças de projeto da via, do tráfego e volume de pedestres (Diogenes e Lindau 2010). A solução é projetar as estações de forma a possibilitar um maior controle do acesso de pedestres.

O controle do acesso de pedestres pode ser feito utilizando barreiras transparentes e/ou gradis. É essencial considerar todos os possíveis movimentos de pedestres que entram e saem da estação e permitir somente a movimentação através das travessias semaforizadas ou das passarelas.

Um aspecto importante a considerar é a interferência de uma estação na interseção. Se um ônibus acabou de embarcar e desembarcar passageiros e precisa esperar o tempo de vermelho do semáforo, poderá impedir o acesso de outros veículos à plataforma. Isso pode ser resolvido prevendo espaço suficiente após a estação para um ônibus esperar no tempo de vermelho do semáforo, enquanto os outros ônibus acessam a estação. Além disso, pode-se estabelecer a coordenação entre a duração da fase vermelha do semáforo e o tempo médio de parada em uma estação. Um ciclo semaforico mais curto pode ajudar a resolver esse problema.



Figura 61 Pedestres em travessia imprudente numa estação no corredor do BRTS em Delhi



Figura 62 Pedestre em travessia imprudente através das faixas de ônibus para chegar à plataforma da estação no corredor do BRTS em Delhi

Localizar a estação do corredor de ônibus junto ao meio-fio após a interseção e não antes pode ajudar a eliminar alguns conflitos entre ônibus e veículos que convertem à direita. Pode também eliminar o problema de que um veículo que espera o tempo de vermelho do semáforo bloqueie a estação para o ônibus.

Deve haver distância suficiente entre a estação e a interseção para acomodar os ônibus que poderão fazer fila na estação sem que estes bloqueiem a interseção.



Figura 63 Estações junto ao meio-fio

7.6 BRT/CORREDOR DE ÔNIBUS JUNTO AO MEIO-FIO

Os pedestres podem tentar atravessar no meio da quadra para chegar à estação – especialmente se eles conseguem ver os ônibus se aproximando. Esse risco pode ser mitigado com a colocação de uma barreira ou gradil ao longo da estação, que deve ser prolongado por pelo menos 10 a 12 m além do final da plataforma da estação. Isso pode ajudar a reduzir travessias imprudentes e direcionar os pedestres até a travessia de pedestres semaforizada na interseção.



Figura 64 Um ônibus ultrapassando um veículo parado na estação junto ao meio-fio no Transantiago, Santiago do Chile

O risco de atropelamentos nas faixas prioritárias para ônibus ou em rotas de ônibus convencionais é alto nos pontos onde não existem elementos para o aumento da segurança. Recomenda-se o uso de gradis para impedir as travessias imprudentes. Aconselha-se também a construção de refúgios para os pedestres ao longo do canteiro central.



Figura 65 Faixas prioritárias e convencionais para ônibus

7.7 ESTAÇÕES: FAIXA PRIORITÁRIA PARA ÔNIBUS OU TRÁFEGO MISTO

No caso de faixas prioritárias ou serviço convencional de ônibus, o aumento da segurança está mais relacionado com o desenho geral da via e da estação do que com a estação propriamente dita. O objetivo é o mesmo das outras estações: evitar as travessias imprudentes para acesso às estações e direcionar os pedestres para as travessias semaforizadas. Isso pode ser feito com a colocação de gradis no

canteiro central e estendendo-os por toda extensão da quadra em que se localiza a estação. Além disso, recomenda-se considerar todos os itens de segurança identificados nas seções anteriores (segmentos de via e interseções), focando especialmente nas travessias imprudentes. Como o risco é alto para os pedestres nos corredores de ônibus convencionais, é importante dar especial atenção à sua segurança.



Figura 66 Estação Mecidiyeköy, no BRT Metrobüs em Istambul

ESTUDO DE CASO

BRT OPERANTE EM VIA EXPRESSA: O METROBÜS DE ISTAMBUL

VISÃO GERAL DO METROBÜS DE ISTAMBUL

O Metrobüs de Istambul começou a operar em 2007. Em 2014, o sistema fazia cerca de 800 mil viagens por dia ao longo de um corredor de 52 km que conecta os lados europeu e asiático de Istambul e é uma das principais conexões leste-oeste de transporte coletivo da cidade. A linha BRT opera em uma via expressa separada por desníveis em toda a sua extensão, permitindo maior velocidade, sem interseções em nível ou faixas de travessia de pedestres.

Por usar plataformas longas (geralmente entre 120 m e 170 m) e operar ônibus em comboio (Figura 66), o Metrobüs consegue atingir um pico de intervalo entre veículos

de aproximadamente 20 segundos e uma capacidade de mais de 20.000 passageiros por hora por sentido (pphps) nas estações, resultados consideravelmente maiores do que os obtidos em qualquer outro BRT com uma faixa por sentido, sem possibilidade de ultrapassagem. Como opera em uma via expressa, o Metrobüs é beneficiado pela faixa exclusiva e não tem semáforos ou interseções ao longo do caminho. Com isso, a velocidade comercial no Metrobüs é mais alta do que em todos os outros BRT incluídos neste estudo e é comparável a um sistema típico de transporte ferroviário (Tabela 13). Outra característica do Metrobüs que pode ser observada na Figura 66 é que os ônibus

Tabela 13 Velocidades comerciais típicas por modo e tipo de segregação

Tipo de transporte coletivo	Velocidade comercial (km/h)	Fonte
Ônibus padrão	Varia com as condições do tráfego	
BRT em via arterial urbana sem serviço expresso (ex: Metrobús, Cidade do México)	20 – 28	Metrobús 2010
BRT em via arterial suburbana com serviço expresso predominante (ex: TransOeste, Rio de Janeiro)	28 – 35	Rio Ônibus 2012
BRT em via expressa (ex: Metrobús, Istambul)	40 +	IETT, Istambul
Veículo Leve sobre Trilhos (VLT)	18 – 40	Vuchic 2007
Metrô	20 – 60	Vuchic 2007
Trem urbano (ex: Tren Suburbano, Cidade do México)	30 – 75	Vuchic 2007

operam no contrafluxo (isto é, enquanto o tráfego misto trafega no lado direito da via na Turquia, no corredor Metrobús, os veículos do Metrobús trafegam no lado esquerdo).

Nesse caso, o contrafluxo, em combinação com as plataformas baixas nas estações, permite flexibilidade operacional ao IETT, já que os ônibus de plataforma baixa e entrada à direita podem ser usados tanto no corredor BRT como nas rotas convencionais através da cidade. Embora possa ser perigoso em uma via arterial urbana, o contrafluxo é consideravelmente menos perigoso em uma via expressa. Quando a faixa exclusiva de um BRT é totalmente segregada (isto é, os ônibus nunca cruzam com fluxos de pedestre ou tráfego misto em nível), como no caso do Metrobús, os problemas associados ao contrafluxo são reduzidos. É importante destacar, entretanto, que mesmo que todos os fluxos (BRT, tráfego misto, pedestres) sejam teoricamente separados no projeto viário, ainda assim pode haver casos em que veículos não autorizados e pedestres entrem nas faixas de ônibus – e, nesses casos, a configuração de contrafluxo pode aumentar a probabilidade e a severidade de um acidente. Esse tema será discutido em mais detalhes na seção seguinte.

TIPOS COMUNS DE ACIDENTE

Apesar de operar em velocidades consideravelmente maiores do que um exemplo mais típico de BRT em via arterial urbana, a ausência de conflitos significa que os BRT que operam em vias expressas tendem a apresentar um histórico de segurança muito melhor do que os BRT em vias arteriais urbanas.

Como mostra a Figura 67, os atropelamentos de pedestres por ônibus são o tipo mais comum de acidentes com vítimas envolvendo veículos de BRT que operam em uma via expressa. Essa estatística inclui dois cenários de acidente. O mais frequente é o

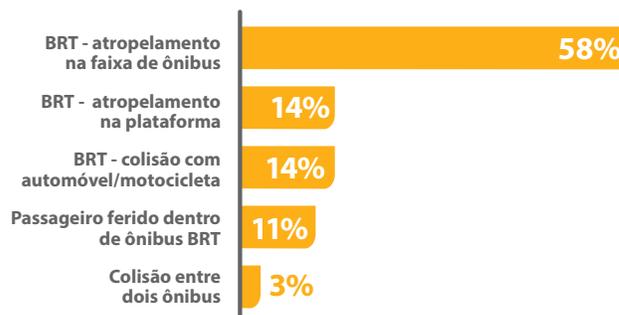


Figura 67 Tipos de acidentes com vítimas mais comuns envolvendo veículos de BRT operando em uma via expressa

Fonte: Análise da EMBARQ, baseada nos dados fornecidos pelo IETT

de pedestres que atravessam a via expressa correndo (tentando atravessar a via ou tomar um atalho para a plataforma da estação) e são atropelados por ônibus na faixa de ônibus. O outro cenário é o de pedestres que caminham nas faixas de ônibus (geralmente para evitar o congestionamento na plataforma) e são atingidos pelos ônibus.

Os atropelamentos de pedestres por ônibus nas plataformas das estações podem incluir os dois cenários anteriormente citados, assim como passageiros atingidos pelo espelho lateral ou pelas portas dos ônibus ao abrirem.

Por fim, as colisões entre veículos BRT e automóveis e motocicletas geralmente ocorrem quando os veículos ultrapassam as defensas e entram na faixa de ônibus. É importante destacar que, devido à configuração em contrafluxo em um sistema como o Metrobús, qualquer colisão entre um ônibus e um veículo que saiu das faixas de tráfego misto e entrou acidentalmente na faixa de ônibus será uma colisão frontal em velocidade de via expressa e, portanto, um acidente potencialmente grave ou fatal.

RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PARA SISTEMAS BRT QUE OPERAM EM VIAS EXPRESSAS

Gradis e defensas

A maioria dos tipos de acidentes descritos anteriormente pode ser evitada usando uma combinação de gradis e defensas. No caso das vias expressas, é importante usar uma defesa dupla (Figura 68), já que há tráfego em ambos os lados da defesa e esta deve ser capaz de absorver impactos dos dois lados. A defesa é ainda mais importante se o BRT operar no contrafluxo, como discutido nas seções anteriores. Os gradis podem ajudar a dissuadir os pedestres de tentar atravessar a via expressa em nível. As defensas e os gradis também precisam ser projetados de acordo com os padrões e as diretrizes municipais ou federais, dando espaço suficiente para absorver impactos nas velocidades permitidas no corredor.



Figura 68 Conceito de projeto ilustrando uma combinação de defesa dupla com gradil alto, recomendado para sistemas BRT que operam em vias expressas



Figura 69 À esquerda: entrada de estação congestionada durante a hora do pico da tarde em Cevizlibağ em um trecho mais antigo do corredor Metrobüs; à direita: ponto de acesso à estação melhorado, com catracas em uma praça para pedestres acima do corredor.

Pontos de acesso à estação

Os pontos de acesso à estação são outro elemento crítico do projeto de um BRT em uma via expressa. O problema mais comum é a superlotação, o que pode levar alguns passageiros a evitar o congestionamento andando nas faixas de ônibus, um fator que pode contribuir para atropelamentos (p. ex., a imagem à esquerda na Figura 69).

Quando um sistema de transporte coletivo é instalado no centro de uma via expressa, há limitações de espaço importantes que devem ser consideradas. No caso do Metrobüs de Istambul, o uso preferencial do transporte coletivo se restringe às duas faixas de ônibus e à largura do canteiro central, que inclui a plataforma da estação. O acesso à estação geralmente é feito por uma passarela. O limite de capacidade de projetos de estação onde a entrada

e as catracas ficam na base da escadaria que conecta com a passarela é imposto pela largura do canteiro central. Esse tipo de layout permite a instalação de apenas quatro catracas na entrada da estação, limitando a capacidade para pouco menos de 5.300 passageiros por hora⁵.

A demanda de passageiros do Metrobüs aumentou em mais de 450% entre 2008 e meados de 2011, e dados mais recentes sugerem que essa tendência se manteve em 2013. Alguns dos primeiros layouts de estação não tiveram capacidade suficiente para atender a essa nova e crescente demanda de passageiros. Em 2012, na estação de Cevizlibağ, por exemplo (Figura 69, à esquerda), uma média de 6.300 passageiros tentou acessar a estação durante o horário de pico à tarde, quase 20% a mais do que a capacidade da estação.

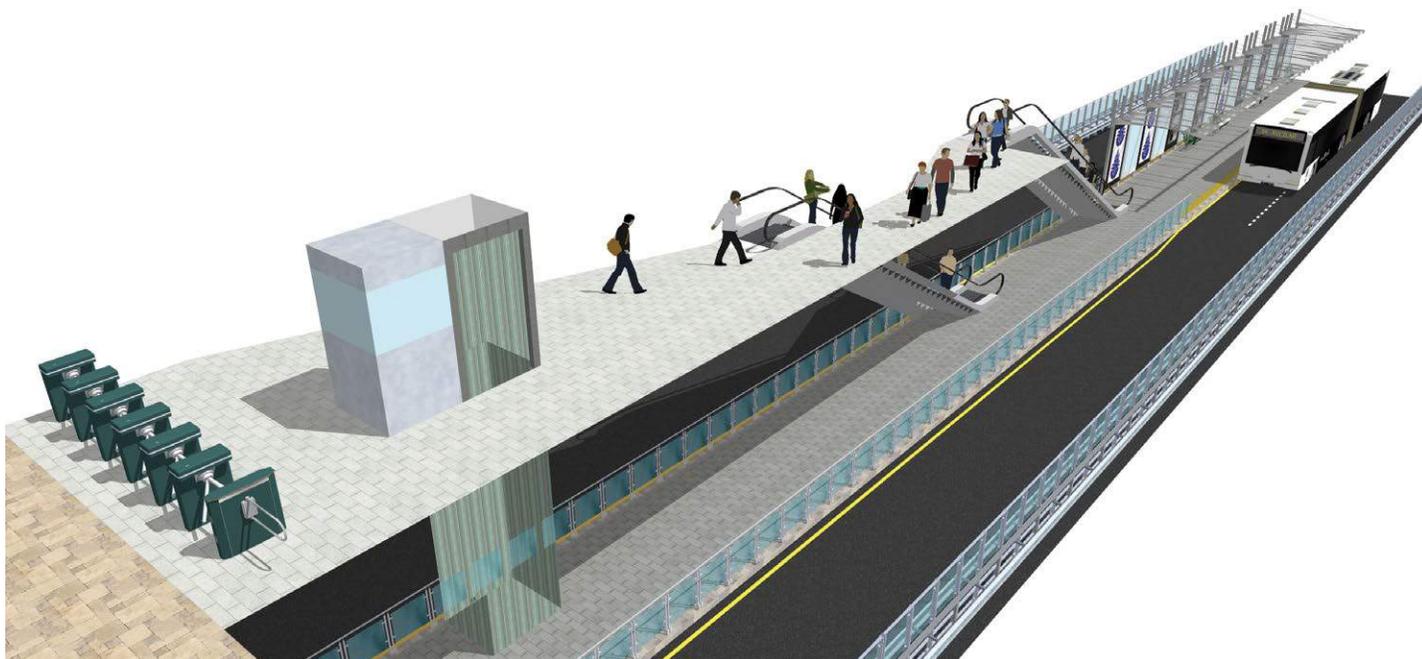


Figura 70 Conceito de projeto com o objetivo de aumentar a capacidade de passageiros e reduzir a superlotação em uma estação BRT no canteiro central de uma via expressa (observação: este é um desenho conceitual do acesso de passageiros e não mostra todos os gradis recomendados)

Para resolver a questão, a IETT remodelou as entradas das estações, deslocando as catracas para as passarelas que conectam à estação, onde há mais espaço para incluir catracas adicionais (Figura 69, à direita). Foram discutidas aqui algumas opções de projeto para solucionar o problema de superlotação em pontos de acesso à estação, que estão ilustradas na Figura 70.

Algumas das principais características do conceito do projeto na Figura 70 são:

- Expandir a estação para ambos os lados da passarela e usar um lado da estação para cada sentido de viagem (p. ex., os ônibus que vão para o oeste param em um lado da passarela e os que vão para o leste, do lado oposto);
- Deslocar as catracas para a passarela, permitindo a instalação de mais catracas, uma vez que a largura do ponto de acesso à estação não é mais limitada pela largura do canteiro central;
- Instalar escadas rolantes para separar os dois sentidos do fluxo de passageiros dentro da estação para evitar atrito entre os fluxos opostos.



Vista aérea da estação de transbordo Indios Verdes, Cidade do México

➤ CAPÍTULO 9

RECOMENDAÇÕES PARA PRINCIPAIS ESTAÇÕES DE TRANSBORDO

9.1 PRINCIPAIS PROBLEMAS DE SEGURANÇA VIÁRIA

Na maioria dos sistemas de transporte coletivo incluídos neste estudo, as principais estações de transbordo são os locais com maior número de acidentes. Dos dez pontos com o maior número de acidentes na Av. Caracas, do TransMilenio, três – inclusive o primeiro – são terminais ou estações de transbordo (Av. Jimenez, Portal de Usme e Santa Lucia). No Eixo Sul, em Curitiba, os três pontos com o maior número de acidentes são terminais (Pinheirinho, Capão Raso e Portão).

Isso não significa, necessariamente, que as estações de transbordo e os terminais sejam mais perigosos, mas indica que eles têm muito mais veículos e maior tráfego de pedestres que os demais pontos. Consequentemente, qualquer problema de segurança em uma estação de transbordo importante poderá resultar em um número maior de acidentes e feridos do que em qualquer outro local.

Para qualquer tipo de transbordo, o principal item de segurança a considerar é a segurança do pedestre. Os dados aqui utilizados mostraram que as pessoas ficam consideravelmente mais seguras quando estão dentro do ônibus ou na plataforma da estação do que quando estão caminhando para a estação ou saindo dela. Os tipos de transbordo mais seguros entre diferentes linhas são aqueles onde os passageiros nunca precisam sair da plataforma da estação.

Isso nem sempre é viável e depende dos tipos de veículos e das estações usadas pelas diferentes rotas de transporte coletivo, assim como do contexto urbano. Grandes terminais de transbordo integrados, onde todas as transferências são feitas através da plataforma, são a solução ideal, mas isso exige muito espaço. Normalmente, essas estruturas podem ser construídas ao final de uma linha, em pontos extremos

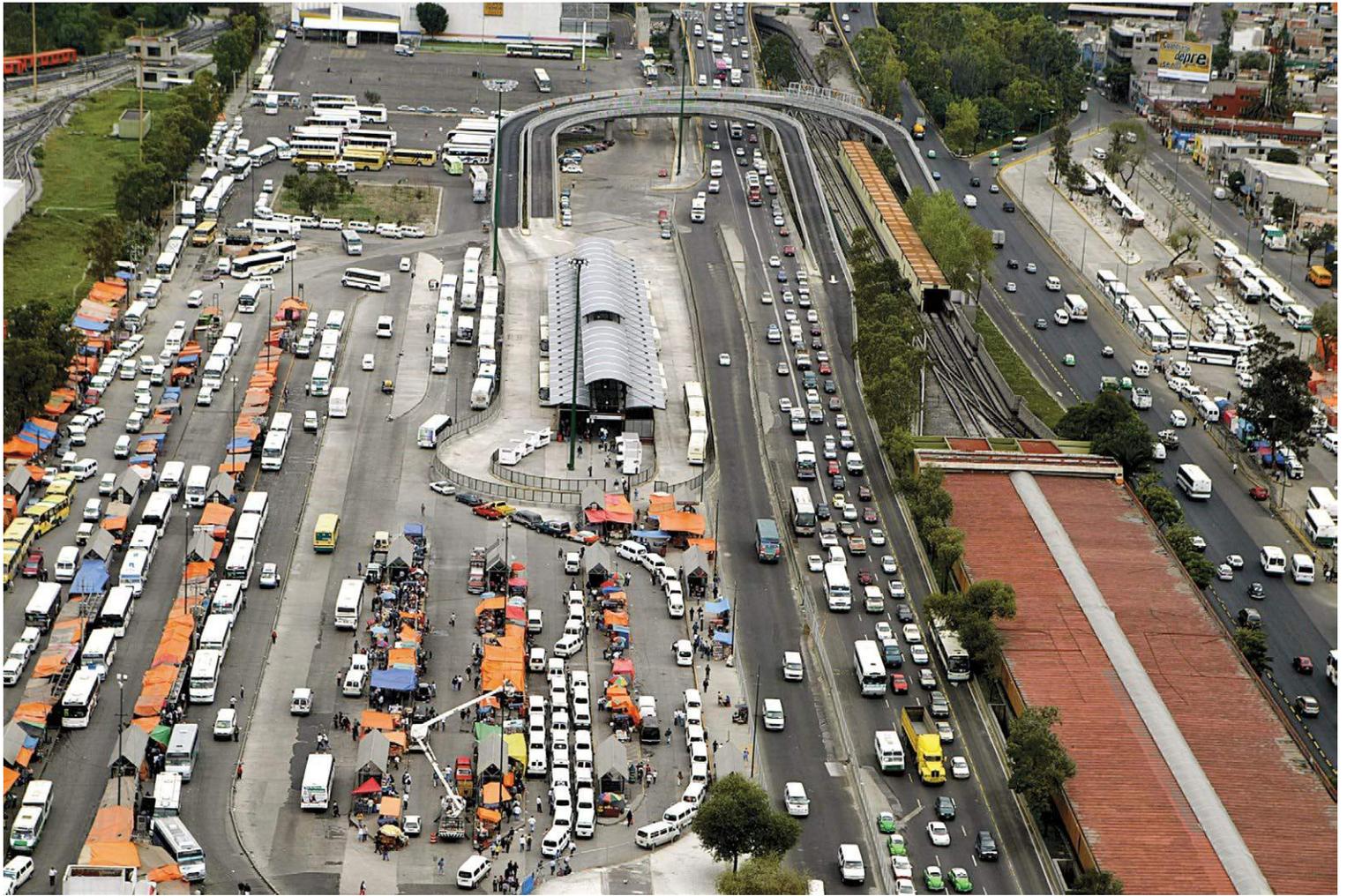


Figura 71 Vista aérea de Indios Verdes, Cidade do México, um ponto de transbordo entre o BRT Metrobús, o metrô e os micro-ônibus que conectam o norte da cidade ao Estado do México.

da cidade. Um exemplo é o TransMilenio, que possui terminais integrados ao final de cada corredor. As linhas troncais e alimentadoras se encontram nesses terminais. Em outros casos, especialmente em áreas centrais densas, pode não haver espaço para um grande terminal, por isso, os transbordos normalmente acontecem em uma interseção. Nesse caso, aplicam-se todos os conceitos de segurança para interseções, com algumas considerações adicionais para aumentar a segurança dos pedestres e acomodar conversões dos ônibus.



Os tipos de transbordo mais seguros entre duas rotas principais são aqueles em que os passageiros não necessitam sair da estação

LISTA DE CONCEITOS DE PROJETO

Nas páginas seguintes, são apresentados diversos conceitos de projetos para estações de transbordo e terminais que abordam os principais problemas de segurança discutidos nas páginas anteriores, de acordo com o tipo de transbordo. Inicia-se com recomendações acerca de transbordos entre linhas troncais de BRT ou corredor de ônibus. Em seguida, apresentam-se os transbordos entre linhas troncais e alimentadoras, assim como transbordos entre BRT e outros serviços de ônibus. Em termos de segurança, há duas formas de avaliar os méritos relativos às diferentes configurações de transbordo. A primeira é a segurança dos passageiros que fazem o transbordo. A partir desse ponto de vista, a melhor opção são transbordos entre plataformas ou linhas de ônibus diretas que fazem todas as conexões possíveis.

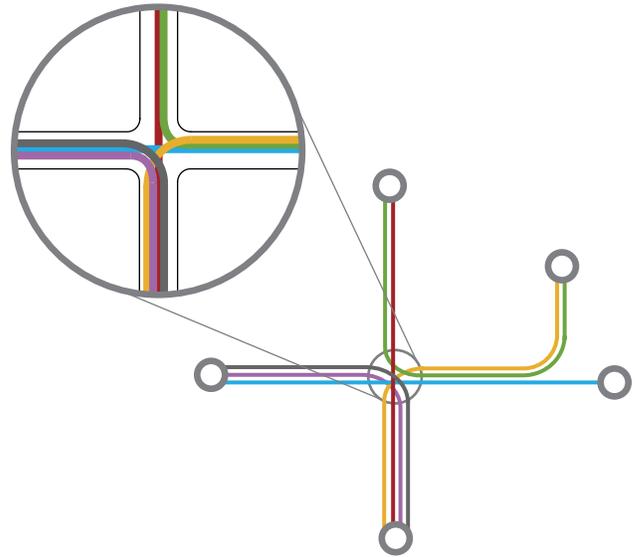
O segundo aspecto a considerar é a segurança geral do local onde ocorre o transbordo – não somente para os passageiros em transbordo, mas para todos os usuários da via. As recomendações são as mesmas que para as interseções e estações em geral: áreas estreitas de interseção, restrições à conversão, faixas de pedestre curtas e um bom desenho de acesso à estação para limitar as oportunidades de travessias imprudentes.

9.2 TRANSBORDOS ENTRE LINHAS TRONCAIS: LINHAS DIRETAS PARA TODOS OS DESTINOS

EXEMPLO: TRANSMILENIO

Neste cenário, existem diferentes linhas de ônibus em cada corredor e há uma linha para cada destino possível. Os passageiros têm apenas que esperar o ônibus que os levará na direção certa; portanto, não há necessidade de nenhum transbordo.

Essa é a opção mais segura, mas é também a mais complexa do ponto de vista operacional. O projeto da interseção precisa prever faixas de conversão separadas e fases semafóricas específicas para os diferentes movimentos dos ônibus, visando a evitar atrasos, ou então usar passarelas ou passagens subterrâneas.



Permitir que os ônibus façam todas as conversões possíveis em uma interseção é consideravelmente difícil na prática, pois resultaria em até seis fases semafóricas. Isso pode reduzir a capacidade de ambas as vias. Na prática, é comum permitir apenas algumas conversões de ônibus, dependendo dos padrões de tráfego e da demanda. Na figura abaixo, três das aproximações da interseção permitem conversões na aproximação restante ou seguir em frente. Nesse tipo de configuração, é necessário colocar múltiplos semáforos para ônibus para que cada movimento de conversão tenha uma fase dedicada.

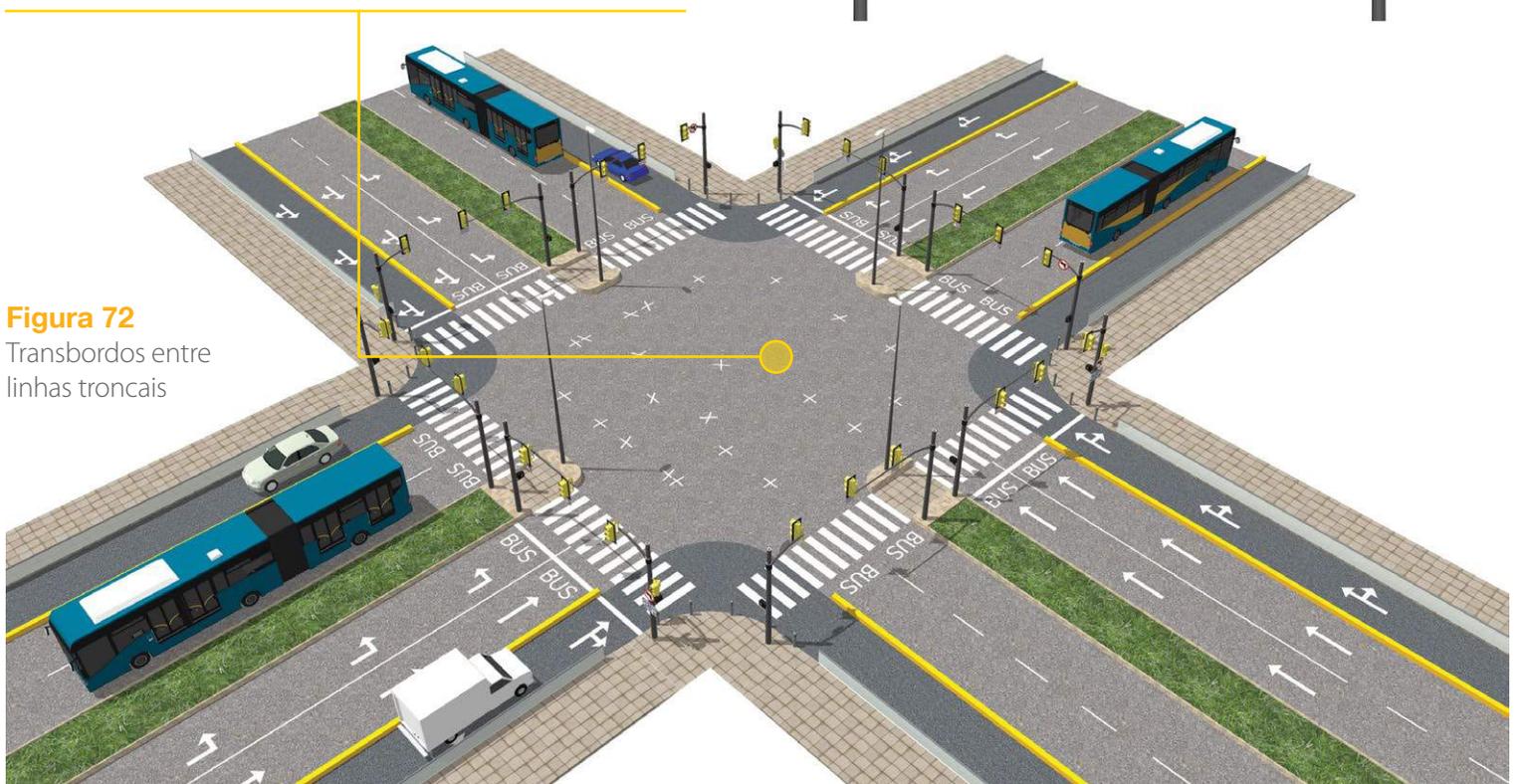
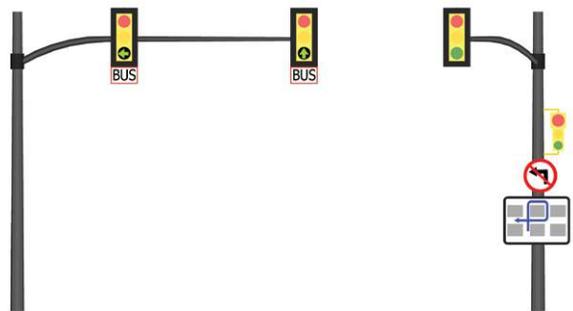


Figura 72
Transbordos entre
linhas troncais

Essa é a opção mais segura para os passageiros, já que não há transbordo real envolvido, e os passageiros simplesmente escolherão o ônibus que os levará ao seu destino. Devido à necessidade de acomodar diversas conversões de ônibus, esse layout pode demandar uma grande área de interseção, o que pode causar problemas para os pedestres. Esse risco pode ser minimizado usando o menor raio de conversão possível para as conversões dos ônibus e acrescentando refúgios intermediários para os pedestres em diferentes pontos da via.

Esse tipo de transbordo permite grande flexibilidade na organização das linhas de ônibus. Oferecer aos passageiros do sistema de transporte coletivo uma conexão direta com o seu destino – em vez de forçá-los a caminhar até outra estação para fazer o transbordo – pode atrair mais usuários para o sistema BRT. A desvantagem é que o ponto de interseção entre dois corredores BRT pode se tornar um gargalo para a operação do sistema. O BRT em operação com maior capacidade registrada transporta 43.000 pass/h/sentido na hora de pico (Hidalgo e Carrigan 2010). Nesse caso, quando dois corredores se encontram em uma interseção, é difícil atingir essa capacidade em ambos os corredores. Como os diferentes movimentos dos ônibus precisarão ter sua própria fase semafórica, a relação v/C (tempo de verde/duração do ciclo) de cada movimento será baixa.

A situação poderia ser resolvida dando prioridade a um dos dois corredores ou a um dos movimentos dos ônibus, aumentando o tempo de verde disponível para esse movimento e diminuindo os outros. Se ambos os corredores têm alta demanda de passageiros, uma passarela ou uma passagem subterrânea poderia ser construída para conectar os corredores, como acontece na interseção entre a NQS, a Avenida Suba e a Calle 80 no TransMilenio.



Figura 73 Diagrama de acidentes ilustrando o potencial conflito entre ônibus que fazem conversão à direita e veículos que continuam em frente. Esse tipo de acidente tem sido reportado no TransMilenio.

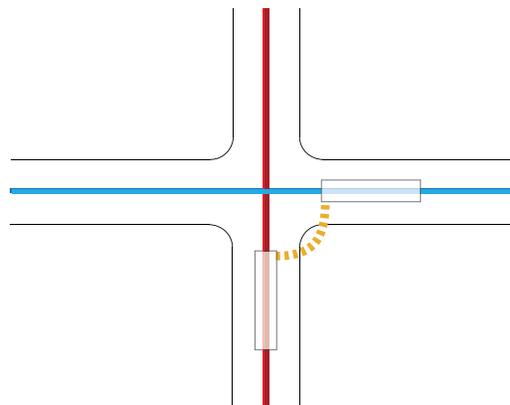


Figura 74 Interseção entre três corredores TransMilenio: NQS, Calle 80 e Avenida Suba. As conexões de ônibus entre os três corredores são feitas via passarelas e passagens subterrâneas que maximizam a capacidade de todos os movimentos e minimizam os conflitos potenciais entre os ônibus.

9.3 TRANSBORDOS ENTRE LINHAS TRONCAIS: TRANSBORDO ATRAVÉS DE UMA INTERSEÇÃO

EXEMPLO: METROBÚS, CIDADE DO MÉXICO

Neste caso, há somente uma linha em cada corredor. Os passageiros em transbordo precisam sair de uma das estações, atravessar a via e embarcar na outra linha em outra estação. Essa é a opção menos segura, uma vez que os passageiros precisam atravessar várias faixas de tráfego para chegar à outra estação. Isso também poderá fazer com que os passageiros deixem de usar o sistema, já que os obriga a fazer um transbordo bastante difícil e pode exigir o pagamento de nova tarifa para entrar na segunda estação. Todos esses problemas poderiam ser evitados ligando as duas estações com uma passarela ou passagem subterrânea.

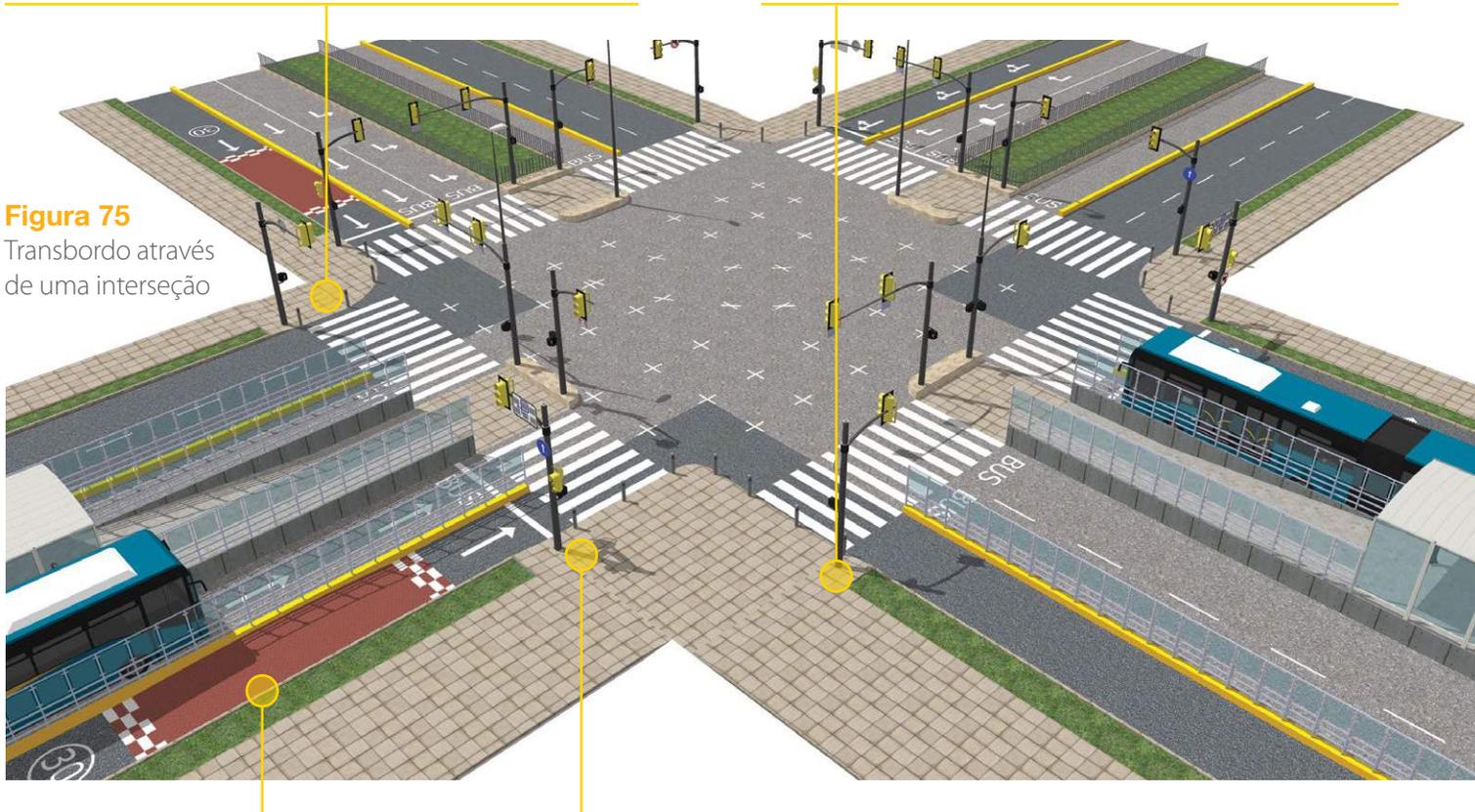


Também é possível usar uma combinação de transbordos através da interseção e conversões de ônibus. Isso é usado no caso da estação da Avenida Jimenez no TransMilenio, onde alguns transbordos são feitos por ônibus que conectam os dois corredores, enquanto outros são feitos a pé através de uma passagem subterrânea entre as estações. Esse tipo de solução pode ajudar a reduzir o número de fases semafóricas necessárias na interseção.

Pode haver alto volume de pedestres em uma interseção que apresente essas condições de integração entre estações de linhas troncais. Além do tráfego de pedestres existente, os passageiros que acessam qualquer das duas estações, assim como os passageiros que se transferem entre as duas estações, também transitam pela área da interseção. Recomenda-se retirar a faixa junto ao meio-fio em ambos os lados e aumentar a calçada para dar mais espaço para os pedestres. Uma pequena praça ou área de espera nesta esquina também funcionam bem como refúgio para pedestres.

Figura 75

Transbordo através de uma interseção



Recomenda-se usar lombadas pelo menos nas duas aproximações que cruzam o caminho de transbordo para pedestres.

Todos os movimentos de conversão que tiverem conflitos com o acesso de pedestres às estações devem ser proibidos. A sinalização de "proibida a conversão" deve ser acompanhada da informação indicativa sobre a alça que substitui a conversão à esquerda. A alça que substitui a conversão à direita deve começar antes desta interseção e não deve ser sinalizada aqui.

Essa é a forma mais simples de organizar o transbordo entre linhas, mas também é a que coloca os passageiros em transbordo em maior risco. Há várias formas de mitigar esse risco.

Melhorias na segurança de pedestres na interseção

Essa é a solução ilustrada na figura anterior. Uma faixa é retirada de cada um dos dois acessos que cruzam o caminho de transbordo dos passageiros, e são usadas lombadas suaves para reduzir a velocidade do tráfego. Também se recomenda não permitir nenhum movimento de conversão que possa criar conflito com o transbordo dos pedestres entre as duas estações. Se houver alto volume de passageiros em transbordo, uma fase semafórica exclusiva para pedestres poderia ser incluída para permitir que os passageiros atravessem entre as estações em uma única fase.

Passarela ou passagem subterrânea para pedestres conectando as duas estações

Também é possível conectar as duas estações através de uma passarela ou passagem subterrânea para pedestres. Isso tornaria o transbordo menos arriscado para os pedestres, trazendo também alguns benefícios operacionais. Se as estações estiverem conectadas, poderão operar como uma única estação, e não haverá problemas de transbordo com passageiros que saem e entram na estação.

Esse tipo de solução foi implantado na estação de transbordo da Avenida Jimenez no TransMilenio. Uma passagem subterrânea tem a vantagem de demandar rampas mais curtas. Ao construir uma passarela

sobre as estações, é importante que esta tenha altura suficiente para permitir a passagem de ônibus e grandes caminhões. A altura de uma passarela deve ser de 4,8 m ou mais.

Uma passagem subterrânea precisa de altura suficiente apenas para uma pessoa e, geralmente, não precisa ser superior a 3 m. A diferença de 1,8 m significa que as rampas são 36 m mais curtas, considerando uma inclinação de 5%. A opção entre uma passarela e uma passagem subterrânea depende da quantidade de espaço disponível dentro da estação para acomodar a rampa e do custo de construção de uma estrutura subterrânea, em comparação a uma passarela para pedestres. Outras questões a considerar no projeto de uma passagem subterrânea são os níveis de iluminação e segurança.

Sem uma passagem subterrânea ou uma passarela, esse tipo de transbordo demanda que os passageiros saiam de uma estação e entrem na próxima. É preciso decidir como isso afetará a tarifa que os passageiros em transbordo pagam. Embora crie alguns problemas para a cobrança de tarifa dos passageiros em transbordo e aumente o risco de que possam escolher outros modais pela dificuldade de transbordo, essa opção tem uma grande vantagem em termos de capacidade. Diferentemente do exemplo anterior, não haveria um gargalo, porque a capacidade da interseção seria maior do que a das duas estações. Os dois corredores com essa configuração podem lidar com um maior volume de passageiros por faixa, em comparação com a situação em que os transbordos são feitos por linhas diretas que se cruzam em nível.

9.4 TRANSBORDOS ENTRE LINHAS TRONCAIS: OPÇÃO HÍBRIDA – DESVIO EM UMA LINHA PARA PERMITIR TRANSBORDO ENTRE PLATAFORMAS

É possível fazer o transbordo entre plataformas mesmo com apenas uma linha de ônibus por corredor. Isso envolveria um desvio de uma quadra em uma das linhas para que os ônibus de ambas as linhas pudessem parar na mesma estação.

Para passageiros em transbordo, essa seria a opção mais segura e também economizaria tempo. A desvantagem é que aumentaria o tempo de percurso daqueles passageiros que continuam na linha vermelha. O desenho da interseção também seria complicado devido às diferentes conversões dos ônibus e à necessidade de manter o equilíbrio de faixas em todos os lados da interseção por motivos de segurança.

Essa opção pode ser viável em casos em que a configuração da rede viária ou a estrutura das

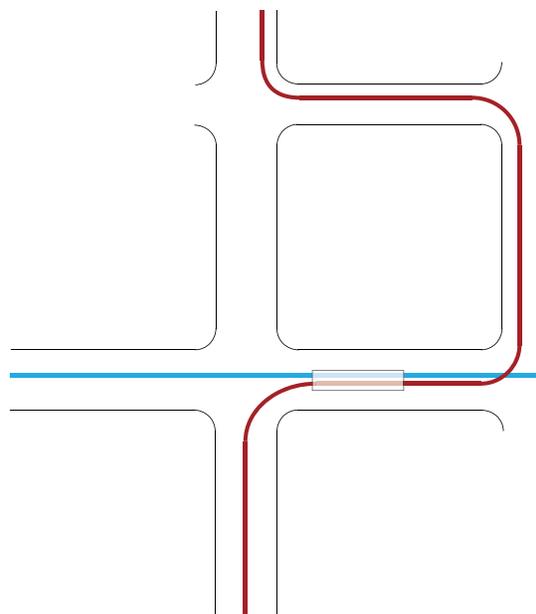


Figura 76a Transbordos entre linhas troncais

duas linhas de ônibus possam minimizar o desvio necessário para conduzir todos os ônibus até a mesma estação.

Essa opção permite transbordos através de plataformas entre dois corredores, embora haja apenas uma linha operando em cada corredor, tendo os benefícios de segurança da opção das linhas diretas e a simplicidade operacional de um sistema de linha única por corredor. Há mais combinações possíveis. Esse transbordo pode ser redesenhado de forma que alguns ônibus continuem em frente em uma linha, enquanto outros façam um desvio através da outra linha. Isso traz economia de tempo para os passageiros que continuam na mesma linha e os que fazem transbordo.

O principal problema de segurança a considerar é o desenho das interseções onde um dos corredores BRT faz o desvio. Em uma seção onde ambas as linhas compartilham a mesma via, é importante que haja faixas separadas para cada movimento de conversão na interseção para evitar atrasos. Essa é uma questão operacional, mas as implicações para a segurança são que o equilíbrio e o alinhamento de

faixas devem ser mantidos para todos os movimentos na interseção. Isso é um pouco complexo e requer o uso de canteiros centrais de diferentes larguras, ilhas, sinalização horizontal hachurada, etc. O risco é que, se as interseções forem mal desenhadas, os benefícios de segurança não compensariam os dos transbordos entre plataformas.

Nesse tipo de transbordo, é provável que a capacidade seja limitada pela interseção e não pela estação. Para melhorar a operação, faixas específicas devem ser providas para ônibus que fazem a conversão e para os que continuam em frente em um dos dois corredores BRT. Esses movimentos não compartilharão as mesmas fases semaforicas e, se não tiverem faixas separadas, podem acabar bloqueando uns aos outros na interseção. A interseção precisa de três fases: uma para as conversões de ônibus de um corredor para o outro e duas para o tráfego que segue em frente em cada corredor. Recomenda-se não permitir conversões à esquerda para o tráfego misto, pois aumentaria o número de fases semaforicas necessárias e reduziria a capacidade de ambos os corredores BRT.

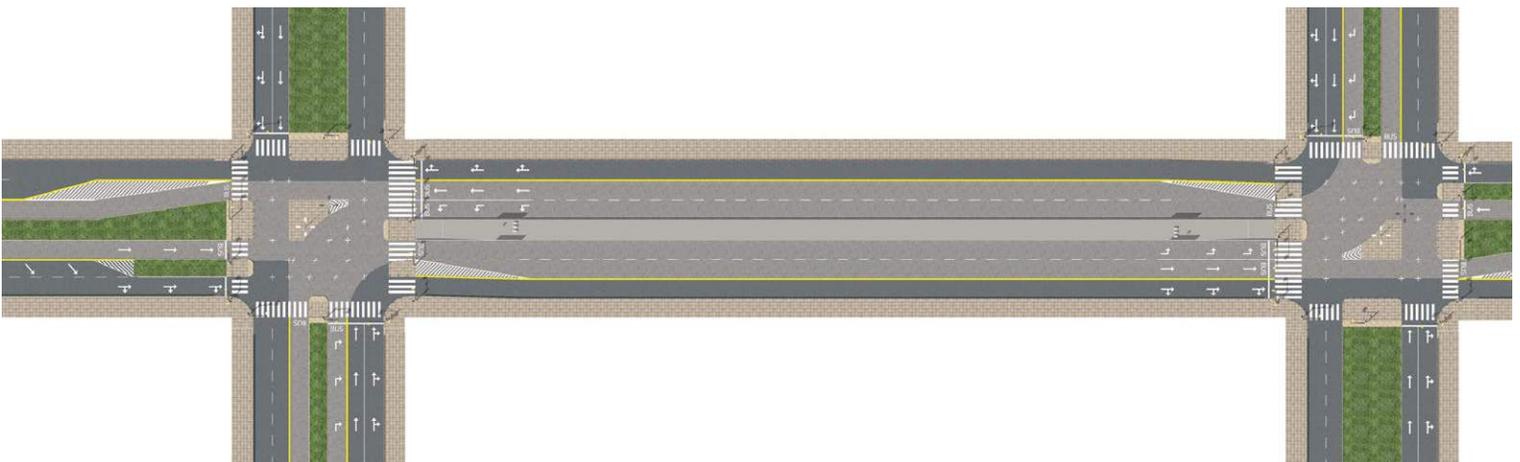


Figura 76b Transbordos entre linhas troncais

9.5 TRANSBORDOS PARA OUTROS SERVIÇOS: TERMINAIS INTEGRADOS

EXEMPLOS: TERMINAIS TRANSMILENIO, TERMINAL SAN JERÓNIMO NO BRT OPTIBÚS, LEÓN

Este é um típico terminal de transbordo para um sistema troncoalimentado integrado, como o TransMilenio. O terminal tem uma plataforma central, e ônibus com porta à direita e à esquerda podem estacionar em ambos os lados para que os passageiros só atravessem a plataforma para fazer o transbordo. Geralmente, demanda boa integração entre os diferentes serviços, mas na teoria também pode funcionar com serviços completamente independentes. O lado BRT da estação pode ser fechado e ter tarifa pré-paga, enquanto o outro lado pode ser aberto. O transbordo em si é muito seguro, mas há risco de colisões entre ônibus nos pontos de acesso ao terminal.

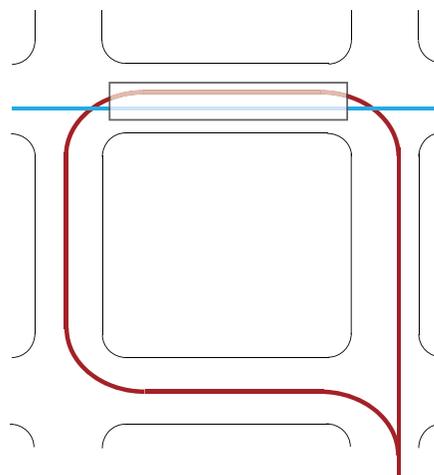
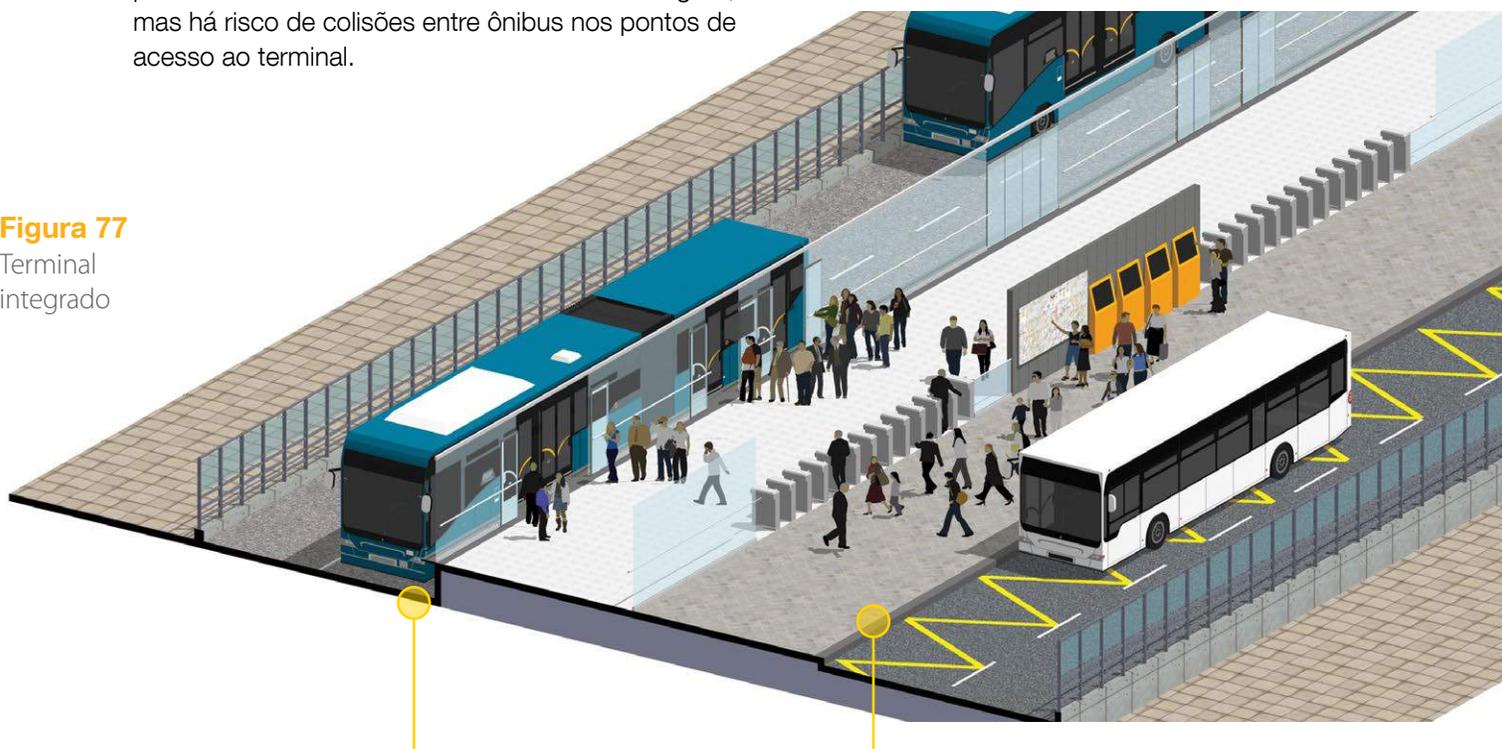


Figura 77

Terminal integrado



Altura da plataforma: Igual à altura do piso do ônibus

Deste lado do terminal, a plataforma está a 1 m do nível da via, o que permite a parada de ônibus de piso alto e porta à esquerda.

Este lado do terminal deve ser usado por veículos BRT de piso alto. Em geral, é fechado e utiliza pré-pagamento da tarifa.

Altura da plataforma: 30 cm

As faixas de ônibus neste lado do terminal foram elevadas 70 cm acima do nível da via para que a plataforma central possa ser usada para ônibus de piso baixo neste lado.

Este lado do terminal deve ser usado por ônibus convencionais com porta à direita. Pode ser aberto e ter pagamento de tarifa a bordo, mas deve haver gradis do lado de fora do terminal, para evitar que os pedestres atravessem as faixas de ônibus.

É importante que as plataformas sejam dimensionadas corretamente de modo que não fiquem superlotadas. Do contrário, existe sério risco de que alguns passageiros caminhem nas faixas de ônibus.

Essa é uma opção de transbordo muito segura para passageiros. O principal risco de segurança a considerar é o ponto de acesso para o terminal de ônibus. É importante evitar gargalos e separar claramente os diferentes sentidos do tráfego.

O TransMilenio registrou um acidente fatal no terminal Portal de Usme quando um ônibus de linha troncal e um de uma linha alimentadora colidiram frontalmente

na entrada do terminal, ferindo vários passageiros e matando um deles.

Para plataformas do terminal, a principal necessidade de segurança é ter largura suficiente para acomodar o volume esperado de passageiros. Se as plataformas estiverem lotadas, os passageiros poderão caminhar nas faixas de ônibus – especialmente no lado do terminal com plataformas baixas.



Figura 78 Imagens mostrando o layout típico dos terminais do TransMilenio.

Esquerda: a parada de ônibus alimentadores (ônibus convencionais) no lado esquerdo da plataforma.

Direita: os ônibus da linha troncal (ônibus articulados) param no lado direito da mesma plataforma.

Pontos de acesso para terminais integrados

O desenho dos pontos de acesso ao terminal deve ter como objetivo minimizar conflitos entre os diferentes ônibus e assegurar um acesso seguro para os pedestres. A Figura 79 mostra uma possível solução de projeto para um dos contextos mais difíceis de terminal: um terminal em área central, com acesso em nível para ônibus e para pedestres. Os conflitos entre ônibus são solucionados permitindo que os ônibus das linhas troncais e alimentadoras entrem no terminal em diferentes fases semaforizadas. Há amplo espaço de espera para pedestres e travessias largas. O acesso dos pedestres ao terminal através de passagem subterrânea ou de passarela é essencial para eliminar conflitos entre pedestres e ônibus.

A capacidade desta interseção seria um pouco mais alta que a capacidade prática do sistema, o que significa que não seria um gargalo. No entanto, é provável que essa configuração leve a longos tempos de espera de pedestres e à probabilidade de que os pedestres atravessem no vermelho. Isso pode ser solucionado dando aos pedestres acesso por passagem subterrânea ou passarela.

Nas áreas centrais, muitos dos passageiros podem começar ou terminar suas viagens no terminal e não fazer transbordo para outras linhas. Os pontos de acesso de pedestres devem ser capazes de acomodar o volume esperado de passageiros por ciclo semaforizado. Ainda, deve-se considerar a implantação de passarelas ou passagens subterrâneas para grandes volumes de pedestres.



Figura 79 Pontos de acesso para terminais integrados

Figura 80 Exemplos de configurações de terminais



PORTAL DEL NORTE, TRANSMILENIO

Situado no canteiro central da Autopista Norte. Os ônibus têm pontos de acesso em nível diretamente da via expressa, e os pedestres têm acesso ao terminal através de uma passarela. Linhas troncais e alimentadoras param em ambos os lados de duas plataformas paralelas. Os pontos de acesso dos ônibus para o terminal não são semaforizados e dependem da passagem dada pelos condutores.



PORTAL TUNAL, TRANSMILENIO

Situado ao lado de uma via urbana arterial, com acesso em nível dos ônibus e passarela para pedestres. Possui uma única plataforma, com ônibus parando em ambos os lados.



PORTAL DEL SUR, TRANSMILENIO

Este é o melhor layout tanto em termos de segurança como de operações, embora seja consideravelmente mais caro. Localizado imediatamente ao lado de uma via expressa, o portal é acessado por ônibus de ambos os sentidos através de viadutos. Isso elimina muitos dos conflitos das duas configurações mostradas anteriormente.

9.6 TRANSBORDOS PARA OUTROS SERVIÇOS: TRANSBORDO PARA SERVIÇOS DE ÔNIBUS CONVENCIONAIS ATRAVÉS DE UMA INTERSEÇÃO

EXEMPLO: MACROBÚS, GUADALAJARA

Neste caso, um BRT ou corredor de ônibus atravessa uma via que tem serviço de ônibus convencional. Os diferentes serviços de ônibus não são integrados (como no caso de um sistema troncoalimentador), mas alguns passageiros fazem transbordo entre as linhas. Os objetivos aqui são aproximar ao máximo as estações, tornar a interseção o mais segura possível para os pedestres e minimizar a distância de travessia para o transbordo. Essa não é a opção mais segura, já que envolve transbordos entre faixas de tráfego, mas é a mais fácil de implementar e não demanda a integração entre os diferentes serviços.

Esse tipo de transbordo geralmente ocorre entre serviços de ônibus que não são operados pelo mesmo órgão. É sempre difícil coordenar transbordos nesses casos, mas a principal questão é minimizar a distância a pé para o transbordo de passageiros e tornar o caminho do transbordo o mais seguro possível. A estação BRT deve estar localizada o mais próximo possível da interseção com os outros serviços de ônibus. Recomenda-se proibir, nessa interseção, conversões de qualquer tipo que possam provocar conflito com o caminho de passageiros em transbordo.



Figura 81 Transbordo para serviços de ônibus convencionais

9.7 TRANSBORDOS PARA OUTROS SERVIÇOS: INTEGRAÇÃO DE BRT COM INFRAESTRUTURA PARA CICLISTAS

Este conceito de projeto ilustra uma possível forma de integrar um corredor BRT com uma rede de ciclovias sem fornecer infraestrutura para ciclistas no próprio corredor. Nesse caso, a via transversal tem ciclovias e estacionamento para bicicletas em todas as quatro aproximações da interseção. Os ciclistas que acessam a estação BRT podem deixar sua bicicleta em um dos pontos de estacionamento e, depois, atravessar a pé para a estação.

A conversão à direita a partir da via transversal, que entra em conflito com o acesso de pedestres à estação, é proibida. Observa-se que as ciclovias estão colocadas em uma transversal secundária de apenas uma faixa por sentido e não em uma via arterial. Se houver estacionamento na via transversal, recomenda-se colocar a ciclovia entre a fila de estacionamento e a calçada, com uma pequena zona de segurança (um separador físico ou canteiro) para proteger os ciclistas quando os condutores abrirem as portas dos veículos estacionados.



Figura 82 Integração com infraestrutura cicloviária



Estação de BRT em corredor central em Curitiba

PESQUISA E ANÁLISE



Nesta seção, são explicados os dados e a metodologia usados para avaliar os impactos sobre a segurança de diferentes tipos de sistemas de ônibus e características de prioridade do transporte coletivo, assim como o valor econômico desses impactos.



Infraestrutura e serviço de ônibus convencional em Brasília

10.1 DESEMPENHO DE SEGURANÇA DE DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS DE ÔNIBUS

É muito importante conhecer o impacto geral sobre a segurança de diferentes itens de transporte coletivo prioritário nas fases iniciais do planejamento desses sistemas. Os projetos de transporte coletivo geralmente recebem recursos do governo federal, e as decisões são frequentemente baseadas em análises de custo-benefício. Diversos programas federais de financiamento de transporte coletivo mencionam a segurança como um dos potenciais benefícios a serem incluídos na análise. Entretanto, há poucas estimativas publicadas na literatura sobre os impactos esperados sobre a segurança com a implementação de prioridade para o transporte coletivo, e a maioria das pesquisas disponíveis refere-se a faixas de ônibus prioritárias nos Estados Unidos e na Noruega (Elvik e Vaa 2008).

A capacidade de quantificar os impactos esperados sobre a segurança de um determinado tipo de projeto de prioridade para o transporte coletivo em uma cidade em países em desenvolvimento pode ajudar a estimar benefícios do projeto específicos para esse contexto. Isso é relevante nas primeiras fases do planejamento e pode contribuir para determinar a magnitude

dos impactos esperados em segurança com a implementação de características de prioridade ao transporte coletivo. Utilizar estimativas baseadas em dados locais também seria mais útil do que aplicar estimativas baseadas em estudos norte-americanos ou europeus. Portanto, esta análise inicia com uma visão geral do impacto sobre a segurança da implementação de diferentes tipos de projetos de prioridade ao transporte coletivo. São discutidas diferentes metodologias para avaliar o valor econômico dos impactos sobre a segurança e como isso pode ser considerado em análises de custo-benefício e decisões para o financiamento do transporte coletivo.

São apresentadas evidências do impacto sobre a segurança e os benefícios econômicos associados de vários sistemas de ônibus em todo o mundo, utilizando a literatura existente e a análise de dados aqui conduzida. Em todos os casos, é mostrado o impacto da implementação de alguma forma de prioridade de transporte coletivo em comparação com as condições existentes no corredor. Na maioria dos casos, os projetos de transporte coletivo prioritário foram implementados em vias contendo serviço convencional de ônibus ou

Evidências indicam que a implementação de características mais avançadas de prioridade ao transporte coletivo em vias urbanas tende a melhorar a segurança

serviço informal de transporte coletivo. As exceções foram o BRT TransMilenio de Bogotá, que substituiu um corredor de ônibus existente na Avenida Caracas, e o BRT Macrobús, de Guadalajara, que substituiu uma faixa de ônibus prioritária.

O principal desafio de avaliar os impactos sobre a segurança de um projeto de transporte coletivo prioritário é determinar a parcela de mudança nos acidentes que pode ser atribuída à intervenção. É importante diferenciar o impacto da intervenção da aleatoriedade geral dos dados de acidentes (especialmente a regressão à média, ou efeito RTM) e o impacto de várias outras políticas ou tendências em nível local e nacional. A RTM refere-se a situações em que um local que apresenta um volume de acidentes especialmente alto ou baixo em um ano tende a apresentar um volume de acidentes mais próximo da média no ano seguinte (Barnett, van der Pols e Dobson 2004). Comparações simples de contagem de acidentes não levam em consideração a RTM e podem levar a resultados imprecisos. Por esse motivo, a melhor técnica para avaliar os impactos sobre a segurança de intervenções como o BRT é o método bayesiano empírico (EB).

As estimativas apresentadas dos impactos sobre a segurança do transporte coletivo prioritário não são baseadas em uma análise antes-e-depois, mas na comparação entre um cenário de base (pressupondo não haver a implementação de prioridade ao transporte coletivo) e as condições reais após a sua implementação. Esse é um passo importante para isolar a alteração em acidentes que poderia ser atribuída ao BRT das tendências existentes em toda a cidade.

Outro desafio para estimar impactos sobre a segurança é a tendência de subnotificação do número de mortos e feridos no trânsito em países em desenvolvimento. Em parte, isso é resultado das diferentes definições do que constitui uma morte ou ferido devido a acidentes de trânsito, mas também devido a erros de registro (Hijar *et al.* 2011). A Organização Mundial da Saúde (OMS) desenvolveu fatores de ajuste para padronizar os dados de diferentes países (WHO 2013), e esses fatores são aplicados nesta análise.

A Tabela 14 mostra as evidências dos impactos sobre a segurança de diferentes sistemas de ônibus ao redor do mundo. Os resultados da Tabela 14 representam os impactos reais medidos usando dados locais e ajustados para considerar a subnotificação segundo os fatores de ajuste recomendados pela OMS. Em geral, os resultados mostram que a implementação de características mais avançadas de prioridade ao transporte coletivo (isto é, substituindo um corredor de ônibus por um BRT completo ou um serviço convencional por faixas prioritárias e prioridade semafórica) tende a melhorar a segurança.

O Capítulo 10.2 explora mais detalhadamente as razões dos impactos positivos sobre a segurança apresentados na Tabela 14. Em geral, a redução do número de feridos e mortos não depende do tipo de sistema de transporte coletivo prioritário implementado. Em vez disso, essas reduções podem ser atribuídas a dois fatores principais.

Em primeiro lugar, as características do transporte coletivo prioritário tendem a melhorar a geometria viária de forma a tornar a infraestrutura mais segura (p. ex., segregação dos ônibus do tráfego misto, proibição de certos movimentos de conversão ou reduzindo as distâncias de travessia de pedestres). Em segundo lugar, a prioridade ao transporte coletivo torna-o uma opção mais atrativa. Especialmente no contexto latino-americano, a implementação do BRT também aumenta a produtividade operacional do transporte coletivo (medida em embarques por ônibus-quilômetro). Esses impactos são discutidos detalhadamente e quantificados no Capítulo 10.2.

A partir dos dados da Tabela 14, foram calculadas estimativas do efeito esperado sobre a segurança de características do transporte coletivo prioritário usando o método *log-odds* de análise de dados. A metodologia

Tabela 14 Impactos na segurança de diferentes tipos de sistemas de ônibus

Cidade	Antes	Depois	Corredor e extensão (km)	Impactos na segurança, por ano, por quilômetro (percentual da mudança entre parênteses)		
				Acidentes	Feridos	Mortos
TRANSPORTE COLETIVO INFORMAL PARA BRT						
Ahmedabad ^a	Transporte coletivo informal	BRT com uma faixa por sentido	Sistema Janmarg (49 km)	-2,8 (-32%)	-1,5 (-28%)	-1,3 (-55%)
Cidade do México ^b	Transporte coletivo informal	BRT com uma faixa por sentido	Linha 3 do Metrobús (17 km)	+7,5 (+11%)	-6,7 (-38%)	-0,3 (-38%)
SISTEMA PRIORITÁRIO PARA ÔNIBUS EXISTENTE PARA BRT						
Guadalajara ^c	Sistema prioritário para ônibus	BRT com faixa de ultrapassagem	Macrobus (16 km)	-83,19 (-56%)	-4,1 (-69%)	-0,2 (-68%)
Bogotá ^d	Corredor de ônibus	BRT com múltiplas faixas	Av. Caracas (28 km)	n/a	-12,1 (-39%)	-0,9 (-48%)
MELHORIAS EM SERVIÇOS DE ÔNIBUS CONVENCIONAIS						
Melbourne ^e	Ônibus convencional	Faixa reservada para ônibus nas interseções, prioridade semafórica	SmartBus Routes 900, 903 (88,5 km)	-0,09 (-11%)	-0,1 (-25%)	-0,03 (-100%)

Notas: ^a Análise EMBARQ, baseada em dados fornecidos pelo *Center for Environmental Planning and Technology* (CEPT), Ahmedabad; ^b Análise EMBARQ, baseada nos dados fornecidos pelo Governo Federal do Distrito do México; ^c Análise EMBARQ, baseada nos dados fornecidos pela *Secretaría de Vialidad y Transporte de Jalisco* e pelo Departamento de Saúde Pública da Universidade de Guadalajara; ^d Análise EMBARQ, baseada nos dados fornecidos pela TRANSMILENIO S.A. e baseada nos dados de Bocarejo *et al.* 2012; ^e Fonte: Goh *et al.* 2013.

para calcular as estimativas é apresentada em detalhes no Capítulo 10.2. A Tabela 1 mostra a média ponderada e o intervalo de confiança de 95% do efeito sobre a segurança de diversos tipos de características de transporte coletivo prioritário no mundo. Uma das razões pelas quais os projetos BRT nos países em desenvolvimento têm um impacto maior sobre a segurança em comparação à implementação de faixas para veículos com alta taxa de ocupação (HOV) nos países desenvolvidos é a melhoria da geometria viária e da acessibilidade incluídas nesses projetos.

Os valores da melhor estimativa e o intervalo de confiança de 95% na Tabela 1 devem ser interpretados como a redução percentual de acidentes por severidade, que pode ser atribuída a um determinado tipo de característica de transporte coletivo prioritário.

As estimativas são baseadas em dados do BRT Metrobús da Cidade do México, do BRT Macrobus de Guadalajara, do BRT TransMilenio de Bogotá e do BRT Janmarg de Ahmedabad. A aplicação dessas estimativas em novos projetos depende da semelhança destes novos projetos com os exemplos citados anteriormente.

10.1.1 Avaliação do impacto econômico dos efeitos sobre a segurança

Não há uma metodologia única na literatura para determinar o custo de um acidente de trânsito. Existem vários métodos disponíveis, que podem produzir estimativas muito diferentes. Além disso, a maior parte dos estudos sobre o custo dos acidentes foi realizada em países desenvolvidos (p. ex., Blincoe *et al.* 2002;

Tabela 15 Valores e intervalos de VVE de países desenvolvidos

Estimativa de VVE (dólares em 2012)	País ou região em que o VVE é válido	Fonte do VVE
(1.200.000 – 4.130.000)	União Europeia	<i>Harmonized European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO)</i>
2.620.000	Austrália	<i>Australian Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics (BITRE)</i>
2.740.000	Reino Unido	<i>UK Department for Transport (DfT), Transport Analysis Guidance (TAG)</i>
7.060.000	Estados Unidos	<i>US Department of Transportation (DOT)</i>
8.430.000	Estados Unidos	<i>US Environmental Protection Agency (EPA)</i>

BITRE 2009), e há uma lacuna no conhecimento relativo ao custo dos acidentes em países de baixa e média renda. Na ausência de estimativas locais, o custo dos acidentes em economias emergentes geralmente é estimado através da transferência de benefícios (isto é, usando um valor de referência de um estudo feito em um país desenvolvido e encontrando uma forma adequada de adaptar esse valor ao contexto de um país em desenvolvimento). Nesta seção, são discutidas metodologias para a transferência de benefícios e apresentadas possíveis fontes de valores de referência, com enfoque em acidentes fatais e com feridos.

O custo de um acidente de trânsito inclui vários componentes. Em um estudo para a *US National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)*, Blincoe *et al.* (2002) identificaram os seguintes componentes do custo de acidentes: perda de renda pelas vítimas, perda de renda para outros membros do domicílio da vítima, despesas médicas, danos materiais, custos com seguro, custos de local de trabalho e honorários legais. Além disso, Cropper e Sahin (2009) destacam a importância de estabelecer valores também para a perda da vida e para a perda da qualidade de vida, o que, geralmente, é feito usando conceitos como o valor de uma vida estatística (VVE) ou anos de vida ajustados pela qualidade (AVAQ).

O valor da vida estatística (VVE) é definido, em geral, como a soma dos valores que os indivíduos de uma população estariam dispostos a pagar para a redução

de risco que resultaria na prevenção de uma morte para toda a população (Cropper e Sahin 2009). O VVE deve ser interpretado não como um valor designado à vida de um indivíduo, mas como o valor da redução de riscos que pode resultar em uma morte a menos em uma determinada população. Há inúmeras maneiras de estimar o VVE, que vão desde a disposição a pagar por ganhos perdidos ou estimativas baseadas no Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*. A ampla gama de metodologias disponíveis também se reflete na diversidade de valores de VVE disponíveis na literatura. A Tabela 15 apresenta diferentes estimativas do VVE de algumas das principais agências que fornecem diretrizes de análise ambiental e de transporte em países desenvolvidos.

As estimativas de VVE variam muito entre países ou entre agências dentro de um mesmo país. Além disso, as agências revisam constantemente suas estimativas de VVE, o que contribui para a dificuldade de selecionar um valor adequado, especialmente quando se pensa em transferir esse valor para países em desenvolvimento. São oferecidas duas recomendações para abordar a questão do valor “correto” do VVE a ser usado. Primeiro, é importante usar o mesmo VVE em todos os componentes de uma análise de custo-benefício para o mesmo projeto (isto é, impactos sobre a segurança, qualidade do ar, atividade física). No entanto, também é recomendável fazer uma análise de sensibilidade para determinar o quanto as variações do VVE utilizado afetam o valor presente líquido da relação custo-benefício do projeto.

Ao transferir a estimativa do VVE para outro país, a metodologia mais comum é pressupor que, uma vez que o conceito típico do VVE é a disposição de pagar por reduções de risco, as diferenças de VVE entre países devem ser proporcionais ao produto nacional bruto (PNB). A equação a seguir é uma típica fórmula para transferir o VVE de um país de referência para um país i , adaptada de Esperato, Bishai e Hyder 2012 e de Cropper e Sahin 2009.

$$VVE_i = VVE_{referência} \times \frac{PNB_i}{PNB_{referência}} \times \varepsilon$$

Onde

VVE_i = o valor da vida estatística no país i

$VVE_{referência}$ = o valor da vida estatística no país de referência

PNB_i e $PNB_{referência}$ = o produto nacional bruto no país i e no país de referência, respectivamente

ε = coeficiente que varia entre 1 e 1,5, de modo a oferecer um intervalo de possíveis estimativas de VVE que melhor representam a incerteza envolvida na transferência de benefícios

A lacuna no conhecimento do custo das mortes no trânsito em países em desenvolvimento também se estende a feridos no trânsito. Essa questão complica-se ainda mais devido à má qualidade dos dados disponíveis sobre feridos. Os custos com feridos

variam significativamente com a severidade da lesão e, por isso, é necessário usar uma escala clara e padronizada de severidade das lesões a fim de estimar os custos.

Um desses sistemas é a Escala Abreviada de Lesões (AIS, na sigla em inglês), um sistema de classificação anatômica que classifica as lesões em uma escala de 1 a 6, onde 1 representa uma lesão leve e 6, a morte. Pesquisas nos Estados Unidos designam custos médios aos diferentes escores de AIS, tanto em valores absolutos como em frações do custo de uma morte (p. ex., Blincoe *et al.* 2002).

No entanto, grande parte dos dados de acidentes disponíveis, geralmente obtidos em relatórios de agências de trânsito, não usa o sistema AIS para classificar a severidade das lesões. Na maioria dos casos, os acidentes são classificados como fatais, com feridos ou apenas com danos materiais, sem menção à severidade das lesões. Essa é uma limitação significativa para o desenvolvimento de estimativas robustas dos custos de lesões nos países em desenvolvimento; ilustra claramente a necessidade de serem realizadas mais pesquisas na área e de melhorar os sistemas de coleta de dados de acidentes. Uma possível fonte para determinar o custo médio de uma lesão no trânsito é o Guia de Análise de Transporte do Departamento de Transportes do Reino Unido (DfT), mostrado na Tabela 16.

Tabela 16 Custo de lesões no trânsito, com base no Guia de Análise de Transporte (*Transport Analysis Guidance - TAG*), do DfT

Tipo de lesão	Custo da lesão	
	Custo total (dólares em 2012)	Custo como fração do custo de uma morte
Média entre todos os tipos de lesão	84.835	0,03
Lesão leve	24.402	0,008
Lesão grave	316.681	0,112

10.1.2 Impactos sobre a segurança comparados a outros benefícios de sistemas prioritários para transporte coletivo

Com base na experiência obtida em análises de custo-benefício para projetos de prioridade ao transporte coletivo na América Latina, é possível estimar que, em média, as melhorias na segurança são responsáveis por entre 8% e 16% dos benefícios econômicos de um sistema BRT (Figura 83).

A variação entre os dois cenários se deve à grande diferença entre os inúmeros valores que podem ser usados para o VVE. Entretanto, o uso de diferentes VVE não altera o fato de que as melhorias na segurança são, em geral, o terceiro maior benefício,

logo após redução do tempo total de viagem para os usuários do transporte coletivo e redução dos custos operacionais do transporte coletivo. Isso destaca a importância de incluir os impactos sobre a segurança nas análises de custo-benefício de projetos BRT, uma vez que a segurança é um dos principais impactos em termos de magnitude, e a omissão deste componente pode reduzir significativamente a relação custo-benefício de um determinado projeto. Atualmente, não há estimativas semelhantes para outros tipos de sistema de transporte coletivo prioritário, e esse é um tema que necessita mais pesquisas, especialmente para o desenvolvimento de estimativas locais para cidades de países em desenvolvimento.

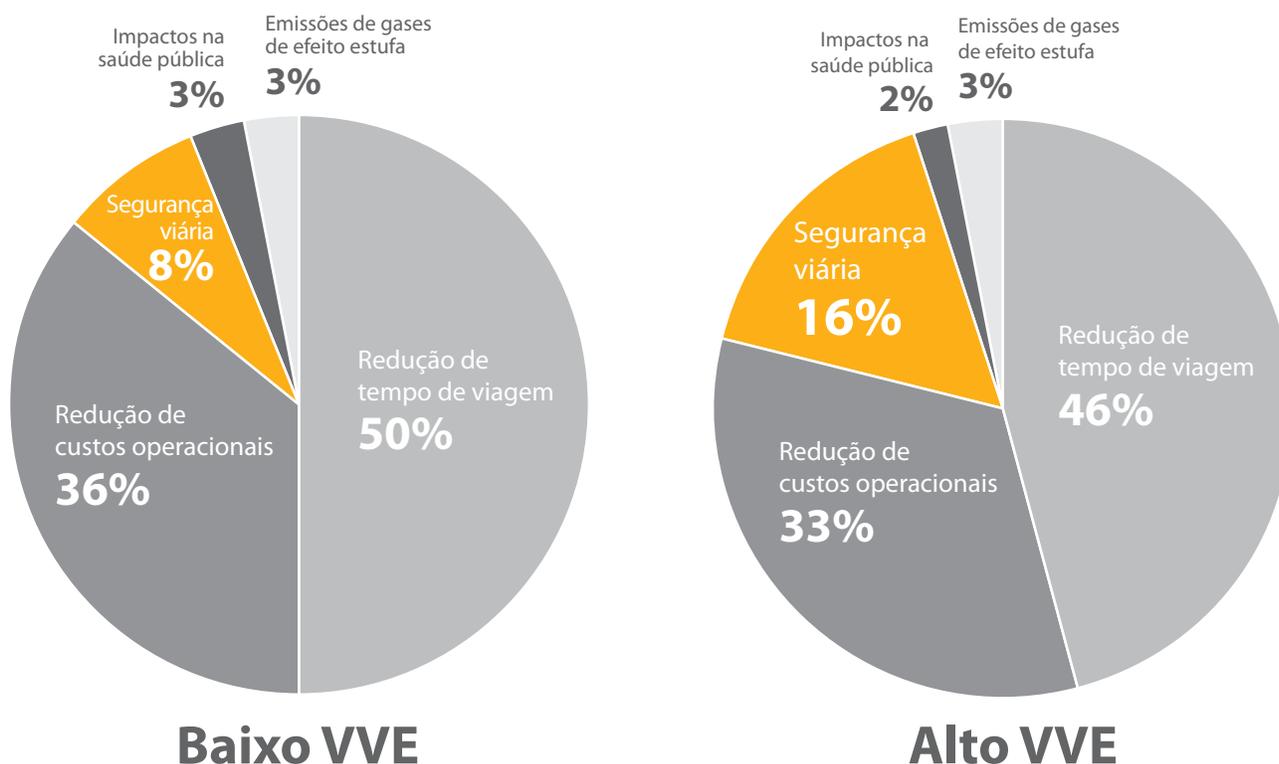


Figura 83 Benefícios da segurança como percentual do benefício econômico total de um sistema BRT

Fonte: análise EMBARQ, baseada em estimativas de benefícios de sistemas BRT incluindo Metrobús (Cidade do México) e TransMilenio (Bogotá) (Carrigan et al. 2013). O cenário de VVE “baixo” estima os benefícios da segurança usando uma referência para o valor do VVE de 3,81 milhões de dólares, baseado em Esperato, Bishai e Hyder 2012, enquanto o cenário de VVE “alto” usa uma referência de 8,4 milhões de dólares, baseado no valor usado pelo US EPA.

10.2 FATORES QUE CONTRIBUEM PARA OS IMPACTOS SOBRE A SEGURANÇA

Em geral, sistemas mais avançados de transporte coletivo prioritário, como o BRT e a combinação de faixas reservadas para ônibus nas interseções e prioridade semafórica, parecem ter maior impacto sobre a segurança do que os exemplos dos Estados Unidos, que, geralmente, incluem faixas compartilhadas entre ônibus e outros veículos. Os resultados na Tabela 1 mostram uma ampla gama de possíveis impactos sobre a segurança de diferentes sistemas de transporte coletivo prioritário. As pesquisas conduzidas neste relatório mostram que 90% dos acidentes em corredores de ônibus não envolveram ônibus e ocorreram fora das faixas de ônibus. Isso demonstra que outros fatores relacionados ao desenho das faixas de tráfego misto podem contribuir para os acidentes. Buscou-se entender melhor os fatores que contribuem para os diferentes históricos de segurança de diversos sistemas de transporte coletivo prioritário, com enfoque nas cidades de países em desenvolvimento. Para isso, foram coletados e analisados dados de acidentes em cidades com sistemas de transporte coletivo prioritário na América Latina e na Ásia. Neste capítulo, são apresentados os resultados detalhados dessas análises.

10.2.1 Fontes de dados

Foram compilados conjuntos de dados de acidentes de trânsito para cada cidade usando as diferentes fontes de dados locais disponíveis. Para as cidades brasileiras, os dados de acidentes foram fornecidos pelos órgãos públicos municipais de transporte. No México, as informações foram fornecidas pela *Secretaría de Vialidad y Transporte de Jalisco* e pela Prefeitura da Cidade do México. Obtiveram-se dados das cidades colombianas, através do Ministério de Transportes, e das cidades da Índia, por meio dos órgãos policiais locais. Para Bogotá, também foi utilizada uma base de dados fornecida pela TRANSMILENIO S.A., uma das poucas agências operadoras de BRT que possui seu próprio banco de dados para acidentes de trânsito. Este banco de dados inclui acidentes envolvendo veículos da TRANSMILENIO e todos os incidentes envolvendo ônibus, que geralmente não são reportados à polícia. Esses eventos de menor magnitude contribuem para um melhor entendimento de questões de segurança relacionadas a operações de BRT (p. ex., freada brusca



Em vias com faixas centrais exclusivas para ônibus, a grande maioria dos acidentes ocorre fora das faixas de ônibus e não envolve ônibus

feita pelo condutor do ônibus, resultando em queda de passageiros dentro do ônibus, ou ônibus parando incorretamente na estação, resultando em danos leves ao veículo). Todos os conjuntos de dados contêm informações detalhadas sobre todos os eventos que ocorreram em cada corredor por um período que varia de três a sete anos, dependendo da cidade.

10.2.2 Metodologia do estudo

O principal componente de avaliação foi a análise de dados de acidentes. Devido às consideráveis diferenças nos padrões de relato de acidentes, inclusive nas definições do que é um acidente ou uma vítima, não foi possível fazer comparações relevantes entre cidades. Por isso, a análise foi estruturada em estudos de caso, cada um representando uma cidade. Para cada cidade, analisaram-se os dados de acidentes de diferentes sistemas de ônibus com o objetivo de determinar quais fatores influenciam o número de acidentes (p. ex., comprimento das travessias de pedestres ou a presença de canteiro central). O passo seguinte foi confirmar ou rejeitar os resultados de um estudo de caso aplicando a mesma metodologia para outras cidades. Para algumas características de projeto, como o número de aproximações por interseção, conseguiu-se obter resultados altamente significativos e consistentes em diversos estudos de casos. Para outras características, como o número de conversões à esquerda permitidas em cada interseção, os resultados não foram tão consistentes.

Foi selecionada a modelagem de frequência de acidentes como a técnica estatística adequada. Isso permitiu explicar as diferenças entre taxas de acidentes em diferentes locais usando fatores como geometria da via e da interseção, projeto do sistema de ônibus e uso do solo, depois de controlar a exposição, isto é, número de veículos ou de pedestres.

Os dados de acidentes são dados de contagem, que geralmente são melhor representados pela distribuição de Poisson (Ladrón de Guevara, Washington e Oh 2004). No entanto, estudos anteriores observaram que os dados de acidentes também são excessivamente dispersos (isto é, a variância é muito maior que a média) e, portanto, são mais bem representados pela distribuição binomial negativa (também conhecida como Poisson-Gamma), que, diferentemente da de Poisson, permite que a variância seja diferente da média (Dumbaugh e Rae 2009). Por essa razão, a distribuição binomial negativa (BN) é a distribuição de probabilidade preferível para modelar a frequência de acidentes na maioria dos casos. Na maior parte dos modelos, foram utilizadas regressões BN, exceto para o modelo de atropelamentos de Guadalajara, onde a variável dependente não teve dispersão suficiente. Nesse caso, foi usada regressão de Poisson.

A escala na qual desenvolver os modelos foi uma importante decisão. Estudos anteriores desenvolveram modelos de frequência de acidentes em escalas muito diferentes: desde modelos de interseções, passando por modelos de bairros, até modelos de acidentes por código postal. Como o objetivo era conhecer o impacto detalhado das opções de projeto sobre os acidentes, foi utilizada a menor escala possível: interseções ou segmentos de via. Essa escolha também foi influenciada pela estrutura do conjunto de dados, especialmente pela forma como os locais eram relatados. Na maioria das cidades da amostra, exceto por algumas cidades brasileiras, os locais dos acidentes eram relatados listando a via principal onde o acidente ocorreu e, depois, a via transversal mais próxima. Portanto, os acidentes foram agrupados pela interseção mais próxima ao local onde ocorreram e não foi possível separar acidentes na interseção daqueles em meio de quadra.

Consequentemente, cada observação do conjunto de dados corresponde a uma interseção mais as aproximações que levam à interseção ao longo da via principal. Como não se pode separar os acidentes na interseção dos que ocorreram em meio de quadra, decidiu-se criar variáveis específicas para as características da interseção e do desenho viário,

de forma a separar seu impacto sobre os acidentes. Portanto, variáveis como número de aproximações, número de conversões à esquerda ou desequilíbrio entre faixas caracterizam a geometria da interseção, enquanto que o número de faixas ou a presença de um canteiro central se referem ao desenho viário. Também foi criada uma variável binária para a configuração de contrafluxo para faixas de ônibus.

Apenas quatro das cidades possuíam dados suficientes para desenvolver os modelos estatísticos: Cidade do México, Guadalajara, Bogotá e Porto Alegre. O sistema de registro de localização é melhor em algumas cidades brasileiras e inclui coordenadas geográficas, além de diferenciar claramente quando o acidente ocorreu na interseção ou em meio de quadra. Para manter a consistência da análise nos diferentes estudos de caso, decidiu-se criar modelos de interseção para Porto Alegre.

As mesmas variáveis podem ter impactos de segurança diversos sobre diferentes tipos de acidente e de níveis de severidade de lesões. Por isso, foram desenvolvidos modelos de frequência de acidentes por tipo de acidente (p. ex., colisões entre veículos motorizados, atropelamentos) e acidentes que causam morte ou lesões para isolar os acidentes graves.

10.2.3 Evidências dos modelos de frequência de acidente

Os modelos de Poisson e BN predizem o logaritmo natural da variável dependente. A fim de estimar os impactos sobre a segurança, foi utilizada a razão de taxa de incidência (RTI) para interpretação dos coeficientes, obtida através da exponenciação dos coeficientes. A RTI pode ser interpretada de forma direta como a alteração percentual de acidentes que corresponde à alteração de uma unidade da variável independente. Em seguida, estimou-se a média ponderada do impacto sobre a segurança de cada uma das variáveis nas quatro cidades (Cidade do México, Guadalajara, Bogotá e Porto Alegre) usando o método *log-odds* de meta-análise (ver mais detalhes em Elvik e Vaa 2008). Os pesos corresponderam ao erro padrão da RTI de cada estudo, fornecendo uma estimativa do impacto médio sobre a segurança de cada projeto e variável de tráfego considerada, como mostra a tabela a seguir, assim como o intervalo de confiança de 95%. O sinal positivo de um coeficiente indica aumento da taxa de acidentes, e o sinal negativo indica uma característica associada a uma diminuição da taxa de acidentes.

Tabela 17 Média ponderada do impacto baseado nos coeficientes dos modelos de frequência de acidentes binomial negativa e de Poisson para a Cidade do México, Porto Alegre, Guadalajara e Bogotá

	Impacto médio ponderado	% mudança nos acidentes	95% intervalo de confiança
Cada aproximação adicional	Acidentes fatais ou com feridos	+78%	(+56%, +103%)
	Colisões entre veículos	+65%	(+46%, +87%)
Substituição de uma interseção de 4 aproximações por 2 interseções em T	Acidentes fatais ou com feridos	-66%	(-88%, -1%)
	Total de acidentes	-57%	(-70%, -37%)
Cada faixa adicional	Acidentes fatais ou com feridos	+17%	(+12%, +21%)
	Colisões entre veículos	+14%	(+10%, +18%)
Comprimento da travessia de pedestres (cada metro adicional)	Acidentes fatais ou com feridos	+2%	(+0,04%, +4%)
	Atropelamentos	+6%	(+2%, +9%)
Cada movimento adicional de conversão à esquerda permitido	Acidentes fatais ou com feridos	+28%	(+14%, +48%)
	Colisões entre veículos	+35%	(+11%, +75%)
Presença de canteiro central	Acidentes fatais ou com feridos	-35%	(-55%, -8%)
	Colisões entre veículos	-43%	(-56%, -26%)
Área comercial	Atropelamentos	+94%	Indisponível*
	Acidentes fatais ou com feridos	+83%	(+23%, +171%)
Faixa de ônibus em contrafluxo	Colisões entre veículos	+35%	(+0,02%, +86%)
	Atropelamentos	+146%	(+59%, +296%)
Interseção principal em T	Colisões entre veículos	+112%	(+27%, +253%)
	Acidentes fatais ou com feridos	+3%	(+1%, +5%)
Extensão da quadra (cada 10 metros adicionais)	Total de acidentes	-2%	(-4%, -0,03%)
	Atropelamentos	+5%	(+1%, +8%)
Passarela em via expressa	Atropelamentos	-84%	(-94%, -55%)
Passarela em via arterial	Atropelamentos	+67%**	(-23%, +262%)

*Duduta *et al.* 2012

**Não é estatisticamente significativo em um intervalo de confiança de 95%

10.2.4 Impactos da configuração de um sistema de ônibus na segurança

As faixas de ônibus em contrafluxo em todos os casos foram significativamente correlacionadas com taxas mais altas de colisões entre veículos e atropelamentos (Tabela 17). A consistência dos resultados nos diferentes modelos sugere que, para as cidades deste estudo, as faixas no contrafluxo são uma configuração perigosa para sistemas de ônibus. Essa conclusão foi confirmada pela análise de dados das cidades onde modelos estatísticos não puderam ser desenvolvidos. Por exemplo, em uma seção do Eixo Sul, em Curitiba, na qual há uma faixa no contrafluxo, verificou-se que

esta apresentava um registro de quatro vezes mais acidentes por faixa-quilômetro que o restante do Eixo Sul, onde há faixa central e não há contrafluxo. A próxima seção apresenta mais detalhes sobre as faixas em contrafluxo.

Na Tabela 1, é mostrado que a implementação de sistemas BRT em diversas cidades ao redor do mundo promoveu uma redução estatisticamente significativa do número de acidentes em todos os níveis de severidade. Contudo, nos modelos de frequência de acidentes, uma variável binária associada com a presença de um BRT não teve impacto estatisticamente significativo sobre os

acidentes e, portanto, não foi incluída no modelo. Uma variável binária similar para faixas de ônibus junto ao meio-fio apresentou correlação com aumento das taxas de acidentes, indicando que podem provocar riscos à segurança.

Os resultados sugerem que a segurança melhorou não por causa da presença do BRT em si, mas devido às alterações na geometria viária necessárias para acomodar o BRT. De fato, a implementação de um BRT em uma via inclui a criação ou alargamento de um canteiro central, encurtando as travessias de pedestre, e transformando algumas interseções de quatro aproximações em interseções em T. Também são eliminadas pelo menos duas – e muitas vezes até quatro – faixas de tráfego misto, a fim de acomodar a infraestrutura de transporte coletivo (faixas e estações). Todas as variáveis para as alterações descritas anteriormente (menos aproximações por interseção, menos faixas, faixas de travessia de pedestre mais curtas, canteiro central) foram associadas a menores frequências de acidentes e foram estatisticamente significativas em todos os modelos (Tabela 17).

10.2.5 Faixas em contrafluxo

As faixas de ônibus em contrafluxo (Figura 84) geralmente são construídas em situações em que a agência de transporte quer implementar um serviço de ônibus nos dois sentidos em uma via cuja configuração anterior era sentido único para tráfego misto. Uma solução comum nas cidades latino-americanas tem sido manter a configuração de sentido único para tráfego misto e acrescentar faixas de ônibus nos dois sentidos, seja no centro da via (p. ex., o Eje 4 Sur, Cidade do México) ou junto ao meio-fio (p. ex., Eje Central, Cidade do México). Outra razão frequente do uso de contrafluxo é acomodar as conversões à esquerda de forma mais conveniente, permitindo que os veículos façam conversão à esquerda a partir de uma faixa de contrafluxo sem que haja necessidade de uma fase semafórica dedicada para este movimento.

Diversas configurações viárias podem ser classificadas como contrafluxo (Figura 84). O ponto em comum entre todas elas é a dificuldade que os veículos e os pedestres que atravessam uma via com contrafluxo têm para entender o padrão do tráfego.



Exemplo: Eje 1 Norte, Cidade do México



Exemplo: Eje 4 Sur, Cidade do México



Exemplo: Linha do Metrobüs, Istambul

Figura 84 Exemplos de configurações de faixas de ônibus em contrafluxo

A pesquisa indica que as faixas em contrafluxo estão associadas com aumento de acidentes em todos os níveis de severidade (+83% de acidentes fatais e com feridos, +146% de atropelamentos, +35% de colisões entre veículos). Observações feitas em auditorias e inspeções de segurança viária realizadas em vias urbanas na América Latina também sugerem que as faixas em contrafluxo comprometem a segurança viária. O principal risco está no fato de que o contrafluxo é uma configuração inesperada, e muitos dos usuários da via podem não prever que veículos venham no sentido contrário ao fluxo adjacente.

Recomenda-se evitar configurações de contrafluxo sempre que possível, usando, em vez disso, uma configuração típica de sentido único ou sentido duplo para vias com sistemas prioritários para ônibus. Se forem acomodadas faixas de ônibus de sentido duplo em uma via de sentido único, a melhor solução é manter em toda a via sentido duplo, inclusive nas faixas de tráfego misto. Os problemas com a conversão à esquerda podem ser resolvidos aumentando a duração da fase dedicada para conversão à esquerda ou substituí-la por uma alça. O contrafluxo não deve ser considerado uma opção para acomodar melhor conversões à esquerda.

A Cidade do México, recentemente, adotou medidas para substituir as faixas de contrafluxo existentes. Um dos melhores exemplos é o Eje 3 Oriente Eduardo Molina, onde foi implementada a Linha 5 do sistema BRT Metrobús. A via possuía uma configuração complexa, com contrafluxo nas faixas centrais e fluxo normal nas faixas junto ao meio-fio (Figura 85). Quando foi implementada a Linha 5 do Metrobús, as faixas passaram a ter uma configuração típica de dois sentidos (Figura 86), e as conversões à esquerda foram eliminadas e substituídas por alças. A pesquisa realizada sugere que esta alteração deve melhorar significativamente a segurança.



Figura 85 Eje 3 Oriente Eduardo Molina antes da intervenção, mostrando a configuração de contrafluxo e uma troca no sentido de circulação



Figura 86 Eje 3 Oriente após a intervenção, mostrando as faixas de BRT da Linha 5 do Metrobús e a infraestrutura melhorada para pedestres

10.2.6 Impacto da geometria viária sobre a segurança

Como esperado, os resultados do modelo indicam que o tamanho e a complexidade das interseções ao longo de um corredor de ônibus são melhores preditores da frequência de acidentes do que a configuração do sistema de ônibus. Apenas 9% de todos os acidentes ocorreram nas faixas de ônibus; a grande maioria aconteceu nas faixas de tráfego misto e não envolveu ônibus.

Os principais problemas incluem o número de aproximações por interseção, o número de faixas por aproximação e a distância máxima da travessia de pedestres. As interseções onde é permitido que o tráfego das vias transversais cruze o corredor de ônibus são mais perigosas do que as interseções em que apenas a conversão à direita é permitida. Em outras palavras, transformar uma interseção de quatro aproximações em duas interseções em T, através do prolongamento do canteiro central na via principal, deve aumentar a segurança. Isso só pode ser feito, entretanto, se a interseção permanecer semaforizada. Nos corredores BRT, muitas vezes os semáforos são eliminados na interseção se a via transversal for bloqueada, assim como as faixas de travessia de pedestres. Isso permite que os ônibus sigam pela interseção sem atrasos, mas aumenta o risco para os pedestres.

10.2.7 Impacto do tamanho da quadra e da velocidade

A velocidade é comprovadamente um dos principais fatores de risco na segurança viária. Os modelos de frequência de acidentes desenvolvidos não incluíram diretamente a velocidade como variável independente, pois não havia dados de medição de velocidade nos trechos da via incluídos na amostra. No entanto, foi possível testar o impacto da velocidade usando um substituto: a distância entre interseções semaforizadas. De fato, o espaçamento entre semáforos é um preditor de velocidade de percurso. A Tabela 17 mostra os

resultados dos modelos de frequência de acidentes para diferentes níveis de severidade de acidentes. As evidências obtidas de Guadalajara indicam que trechos com distâncias mais longas entre as interseções semaforizadas (e, portanto, com velocidades maiores) têm menor incidência de acidentes em geral. Isso se explica pelo fato de que menos interseções ao longo dos trechos causam menos pontos de conflito. Entretanto, apesar de haver menos acidentes em geral, os acidentes que ocorreram foram mais graves e com maior probabilidade de envolver pedestres. Os resultados do modelo sugerem que, para cada 10 metros adicionais entre interseções semaforizadas, houve uma redução de 2% no total de acidentes, mas um aumento de 3% em acidentes graves e de 5% em atropelamentos.

10.2.8 Impacto do uso do solo no entorno do corredor sobre a segurança

Vias similares em contextos de uso do solo diferentes podem ter históricos de acidentes também diferentes. O modelo desenvolvido para a Cidade do México confirma isso, indicando que o uso do solo é um preditor significativo da frequência de acidentes. A presença de um importante ponto de comércio perto do corredor foi um dos preditores mais potentes de atropelamentos na Cidade do México e foi relacionada a um aumento de 94% nos atropelamentos na área próxima ao mercado Merced (para obter mais detalhes, consulte Duduta *et al.* 2012). O aumento dos atropelamentos nessas áreas se deve não somente ao alto volume de pedestres, mas também aos riscos adicionais relacionados à configuração do mercado. Próximo ao mercado Merced na Cidade do México, por exemplo, os vendedores frequentemente ocupam todo ou a maior parte do espaço das calçadas, resultando em uma capacidade insuficiente para os volumes existentes de pedestres, o que força alguns deles a caminhar nas faixas de tráfego e reduz a visibilidade dos condutores. Esse exemplo destaca a importância de levar em consideração o contexto urbano de uma via no projeto e é um fator essencial nas recomendações de projeto apresentadas.

Definições

O termo **bus rapid transit (BRT)** tem sido aplicado a sistemas de transporte coletivo com características muito diferentes, e os termos **BRT** e **corredor de ônibus** costumam ser usados como sinônimos na literatura. Nesta seção, são definidos estes e outros termos comuns relacionados ao transporte coletivo por ônibus utilizados neste relatório.

Utiliza-se o termo **serviço convencional de ônibus** para os ônibus que operam em condições de tráfego misto sem faixas exclusivas ou prioridade semafórica e cobrança de tarifa a bordo. Esse é o tipo de serviço de ônibus mais comum em todo o mundo. Do ponto de vista institucional, geralmente se refere a ônibus públicos operados por uma agência de transporte coletivo municipal (uma situação comum em cidades europeias e norte-americanas). O termo difere de **serviço informal de transporte coletivo**, que é mais comum em algumas cidades da África e da América Latina e designa serviços que geralmente incluem veículos particulares (vans ou micro-ônibus) e operam sob diversos níveis de regulamentação da gestão municipal.

As diferenças institucionais entre o transporte coletivo convencional e o informal têm um papel significativo na segurança. Os operadores do transporte coletivo informal competem entre si por passageiros sem supervisão direta da sua segurança operacional. Frequentemente, não utilizam pontos de parada de ônibus ou estações, aumentando ainda mais os riscos. Os serviços convencionais de ônibus, por outro lado, não têm incentivos para competir por passageiros e se beneficiam por ter uma única agência operadora, que pode supervisionar a segurança, a manutenção e o treinamento dos condutores.

O termo **transporte coletivo prioritário** não se refere a um tipo específico de infraestrutura, mas a uma categoria de melhorias na infraestrutura feitas para priorizar os ônibus em relação ao restante do tráfego e que inclui características como faixas prioritárias para ônibus, faixas de ônibus exclusivas, faixas de ônibus na hora de pico, faixas reservadas para ônibus em interseções, prioridade semafórica e corredores de ônibus.

O termo **faixa prioritária para ônibus** é utilizado para designar faixas reservadas para ônibus que também podem ser usadas por outros veículos sob certas condições. O tipo mais comum de faixa prioritária para ônibus é uma faixa junto ao meio-fio que pode ser usada por ônibus e também por veículos que fazem conversão à direita⁶.

Uma **faixa de ônibus exclusiva** é reservada para o uso exclusivo dos ônibus e não pode ser usada por nenhum outro veículo – exceto os de emergência – sob nenhuma circunstância.

Uma **faixa de ônibus na hora de pico** é reservada como faixa de ônibus prioritária ou exclusiva somente durante a hora de pico. Tipicamente, uma via pode ter uma faixa de ônibus na hora de pico em um sentido durante o pico da manhã e no sentido oposto durante o pico da tarde.

Uma **faixa de ônibus em contrafluxo** refere-se a qualquer tipo de faixa de ônibus (isto é, prioritária, hora de pico, exclusiva) que opera em situação de contrafluxo. Neste estudo, são classificados três tipos de layout em contrafluxo:

- Uma via de múltiplas faixas de sentido único para tráfego misto e que também inclui uma única faixa de ônibus junto ao meio-fio com circulação em sentido oposto ao tráfego misto (p. ex., Eje Central, na Cidade do México);
- Um layout com faixas de tráfego misto em sentido duplo em um lado da via e faixas de ônibus em sentido duplo no lado oposto da via (p. ex., Corredores em Brisbane, algumas rotas de BRT em Curitiba);
- Um BRT de sentido duplo no centro de uma via de tráfego misto em sentido único (p.ex., Linha 2 do Metrobús no Eje 4 Sur, Cidade do México).

Uma **faixa reservada para ônibus nas interseções (queue jumper)** é um item de projeto geométrico que permite que os ônibus ultrapassem o tráfego misto em uma interseção semaforizada. A configuração mais comum é acrescentar uma faixa de ônibus exclusiva na aproximação de uma interseção, permitindo que o ônibus passe à frente da fila de veículos e minimize atrasos. Pode estar associado à **prioridade semafórica**. O termo é utilizado neste estudo para designar características ativas de prioridade, como semáforos atuados (isto é, semáforos que detectam a aproximação de um ônibus e mudam o seu sinal para verde).

Utiliza-se **corredor de ônibus** para designar situações em que uma via tem uma infraestrutura exclusiva para ônibus (faixas e estações) no centro da via ou em uma faixa preferencial. Alguns exemplos típicos são o corredor de ônibus de Delhi e os corredores da Avenida Protásio Alves e da Avenida Bento Gonçalves em Porto Alegre. A principal diferença entre um corredor de ônibus e um BRT é que o segundo apresenta várias outras melhorias na qualidade dos serviços, geralmente incluindo o pré-pagamento da tarifa, embarque em nível e controle centralizado das operações. Exemplos típicos de BRT incluem o TransMilenio em Bogotá, o Metrobús na Cidade do México e o Janmarg em Ahmedabad.

Diferenciam-se ainda diversos tipos de sistemas BRT e corredores de ônibus. Um BRT ou corredor de ônibus de **faixa única** possui uma faixa de ônibus exclusiva por sentido (p. ex., Metrobús, Cidade do México). Um BRT ou corredor de ônibus com **faixas de ultrapassagem** geralmente possui uma única faixa entre as estações e uma faixa adicional nas estações que permite que os serviços expressos não parem em algumas estações (p. ex., TransOeste, Rio de Janeiro; Macrobús, Guadalajara). Por fim, um BRT ou corredor de ônibus de **múltiplas faixas** tem pelo menos duas faixas de ônibus exclusivas por sentido na maior parte ou em todo o corredor (p. ex., TransMilenio, Bogotá).

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada com o apoio da Bloomberg Philanthropies.

Os autores gostariam de agradecer a todos aqueles que participaram da coleta e da análise de dados e do processo de utilização do manual em versão piloto, assim como àqueles que compartilharam seus conhecimentos, fizeram comentários ou participaram das inspeções locais.

Rebecca Jaffe, da Rice University, que contribuiu para a coleta e análise de dados de Porto Alegre, Cidade do México e Bogotá. Qianqian Zhang, do Massachusetts Institute of Technology (MIT), que colaborou com a pesquisa sobre o comportamento de pedestres em interseções semaforizadas. Paula Manoela dos Santos da Rocha, da EMBARQ Brasil, que contribuiu para a análise dos impactos de soluções de segurança sobre o desempenho operacional, usando o EMBARQ BRT Simulator.

Saúl Alveano Aguerrebere, Marco Tulio Priego Adriano e Yorgos Voukas, da EMBARQ México, que coordenaram a coleta de dados do sistema BRT Metrobús, na Cidade do México, e do corredor BRT Macrobus, em Guadalajara. Jesús Alberto Leyva Gutierrez e Diego Monraz Villaseñor, da Secretaría de Vialidad y Transporte de Jalisco, que forneceram dados de acidentes na área metropolitana de Guadalajara, e Joel Ivan Zúñiga Gosálvez da EPS (Estudios, Proyectos y Señalización Vial S.A. de C.V.), que compartilhou dados de contagem de tráfego da cidade de Guadalajara, o que ajudou no desenvolvimento de modelos de frequência de acidentes.

Jorge Coxtinica Aguilar, Diretor de Operações do Metrobús, na Cidade do México, junto com o Diretor Técnico Jorge Casahonda Zentella e David Escalante Sánchez, que se encontraram com a equipe da EMBARQ e compartilharam suas experiências sobre acidentes no sistema Metrobús.

Mario Alberto Valbuena Gutiérrez, Diretor de Operações, junto com o Diretor de Segurança Carlos Gutierrez, assim como Martín Salamanca e Jaison Lucumí, da TRANSMILENIO S.A., que compartilharam sua base de dados de acidentes no sistema TransMilenio, de Bogotá, e acompanharam a equipe da EMBARQ na inspeção de um corredor do TransMilenio. Myriam Haidee Carvajal Lopez e Beatriz Elena Jurado Flóres, do Ministério de Transportes da Colômbia, que deram acesso às informações da base de dados federal de segurança viária, incluindo as cidades de Bogotá, Cali e Pereira.

Brenda Medeiros e Marta Obelheiro, da EMBARQ Brasil, que coordenaram a coleta de dados nas cidades brasileiras e participaram das auditorias e inspeções dos sistemas de BRT brasileiros que serviram como valiosos dados de entrada para o desenvolvimento deste manual. A Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) e a Matricial Engenharia Consultiva Ltda., que forneceram dados de acidentes e tráfego da cidade de Porto Alegre. A Urbanização de Curitiba S.A. (URBS), que disponibilizou

dados de acidentes dos corredores BRT de Curitiba. A Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S.A. (BHTRANS) e a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP), que forneceram dados de acidentes nos corredores de ônibus em Belo Horizonte e São Paulo, respectivamente.

Madhav Pai e Binoy Mascarenhas da EMBARQ India, que coordenaram a coleta de dados nas cidades da Índia, incluindo o corredor BRTS de Delhi e o BRT Janmarg de Ahmedabad.

Rob McInerney, do International Road Assessment Programme (iRAP), que forneceu dados de atropelamentos da Southeast Busway de Brisbane, Queensland, Austrália.

Ricardo Rivera Salas e Vladimir Americo García Valverde, do Instituto Metropolitano Protransporte de Lima, que compartilharam a base de dados de acidentes do BRT Metropolitano de Lima.

Alexandre Castro, Gerente de Operações do Consórcio Operacional BRT, que compartilhou sua experiência na operação e segurança no corredor BRT TransOeste, do Rio de Janeiro, durante inspeções de segurança viária.

Luis Rizzi e Diego Pinto, da Pontificia Universidad Católica de Chile, que forneceram acesso ao conjunto de dados sobre acidentes no sistema de ônibus Transantiago, de Santiago do Chile, e também contribuíram para este manual com importantes comentários.

Ali Doğan Şalva, Elif Can Yüce e Serdar Oncel, da EMBARQ Turquia, que coordenaram a coleta de dados de Istambul e participaram das inspeções de segurança viária do BRT Metrobús de Istambul. Mümin Kahveci e sua equipe da Istanbul Elektrik Tramvay ve Tünel (IETT, agência de transporte coletivo de Istambul), que compartilharam dados de acidente e sua experiência quanto à operação e segurança no BRT Metrobús e também auxiliaram na tradução para o turco da versão piloto deste documento.

Os autores agradecem a Tawia Addo Ashong, do Global Road Safety Facility (GRSF) do Banco Mundial, e a Karla Gonzalez Carvajal, do Banco Mundial, por sediar os *workshops* e treinamentos referentes a este manual em Washington, DC, EUA, e em Addis Ababa, Etiópia, possibilitando obter um valioso *feedback* de especialistas e envolvidos locais sobre este manual.

Os autores também gostariam de agradecer os valiosos comentários de Fred Wegman, Jacques Commandeur e Atze Dijkstra (SWOV—Instituto Nacional de Pesquisas em Segurança Viária da Holanda), Steve Lawson (iRAP), Tony Bliss, Said Dahdah, Sam Zimmerman, O. P. Agarwal (Banco Mundial), Subu Kamal, Sanjay Vadgama (Transport Research Laboratory), Lilia Blades (UN Habitat), César Durán Arróspide (Prefeitura de Arequipa, Peru), Juan Carlos Muñoz (Pontificia Universidad Católica de Chile), Alexandra Rojas e Claudia Puentes (Fondo de Prevención Vial, Colombia), Janet Ranganathan, Holger Dalkmann, Clayton Lane, David Tomberlin, Benjamin Welle, Aileen Carrigan, Aaron Minnick, Benoit Colin, Heshuang Zeng, Katherine Filardo (World Resources Institute), Paulo Custodio e Gerhard Menckhoff.

Referências bibliográficas

- ABNT. 2004. NBR 9050 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbano. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- Barnett, A. G., J. C. van der Pols, e A. J. Dobson. 2004. "Regression to the Mean: What It Is and How to Deal with It." *International Journal of Epidemiology* 34, no. 1: 215–20.
- BITRE (Bureau of Infrastructure, Transport, and Regional Economics). 2009. *Road Crash Costs in Australia, 2006*. Report 118. Canberra: BITRE, novembro.
- Blincoe, L. J., A. G. Seay, E. Zaloshnja, T. R. Miller, E. O. Romano, S. Luchter, e R. S. Spicer. 2002. *The Economic Impact of Motor Vehicle Crashes, 2000*. Report DOT HS 809 446. Washington, DC: EUA. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- Bocarejo, J. P., J. M. Velasquez, C. A. Diaz, e L. E. Tafur. 2012. "Impact of BRT Systems on Road Safety: Lessons from Bogota." Artigo apresentado no Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC.
- Carrigan, A., R. King, J. M. Velasquez, M. Raifman, e N. Duduta. 2013. *The Social, Environmental, and Economic Impacts of BRT Systems*. Washington, DC: EMBARQ.
- Cooper, J., R. J. Schneider, S. Ryan, e S. Co. 2012. "Documenting Targeted Behaviors Associated with Pedestrian Safety." Artigo apresentado no 91st Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, Janeiro.
- Cropper, M., e S. Sahin. 2012. "Valuing Mortality and Morbidity in the Context of Disaster Risks." Artigo de base para a parceria entre o Banco Mundial e o Grupo de Avaliação de Redução de Risco de Desastres das Nações Unidas, Washington, DC.
- Diogenes, M. C., e L. A. Lindau. 2010. "Evaluating Pedestrian Safety at Midblock Crossings in Porto Alegre, Brazil." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 2193: 37–43.
- Duduta, N., C. Adiazola-Steil, D. Hidalgo, L. A. Lindau, e R. Jaffe. 2012. "Understanding the Road Safety Impact of High Performance BRT and Busway Design Characteristics." *Transportation Research Record* 2317: 8–16.
- Duduta, N., C. Adiazola-Steil, D. Hidalgo, L. A. Lindau, e P. dos Santos da Rocha. 2013. "The Relationship between Safety, Capacity, and Operating Speed on Bus Rapid Transit." Artigo apresentado na 13th World Conference on Transport Research (WCTR), Rio de Janeiro.
- Duduta, N., L. A. Lindau, e C. Adiazola-Steil. 2013. "Using Empirical Bayes to Estimate the Safety Impacts of Transit Improvements in Latin America." Artigo apresentado na International Conference in Road Safety and Simulation, RSS 2013, Roma.
- Duduta, N., Q. Zhang, e M. Kroneberger. 2014. "The Impact of Intersection Design on Pedestrians' Decision to Cross on Red." *Transportation Research Record*, no.2464: 93–99.
- Dumbaugh, E., e R. Rae. 2009. "Safe Urban Form: Revisiting the Relationship between Community Design and Traffic Safety." *Journal of the American Planning Association* 75, no. 3: 309–29.
- Elvik, R., e T. Vaa. 2008. *The Handbook of Road Safety Measures*. Bingley, Reino Unido: Emerald Group.
- Esperato, A., D. Bishai, e A. Hyder. 2012. "Projecting the Health and Economic Impact of Road Safety Initiatives: A Case Study of a Multi-country Project." *Traffic Injury Prevention*, 13, suppl. 1: 82–89.
- Goh, K. C. K., G. Currie, M. Sarvi, e D. Logan. 2013. "Investigating the Road Safety Impacts of Bus Rapid Transit Priority Measures." Artigo apresentado no 92nd Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC.
- Hidalgo, D., e A. Carrigan. 2010. *Modernizing Public Transportation: Lessons Learned from Major Bus Improvements in Latin America and Asia*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Híjar, M., A. Chandran, R. Pérez-Núñez, J. C. Lunnen, J. M. Rodríguez-Hernández, e A. Hyder. 2011. "Quantifying the Underestimated Burden of Road Traffic Mortality in Mexico: A Comparison of Three Approaches." *Traffic Injury Prevention* 13, suppl. 1: 5–10.
- Klaver Pecheux, K., e H. Saporta. 2009. "Light Rail Vehicle Collisions with Vehicles at Signalized Intersections: A Synthesis of Transit Practice." TCRP Synthesis 79. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Ladrón de Guevara, F., S. P. Washington, e J. Oh. 2004. "Forecasting Crashes at the Planning Level: Simultaneous Negative Binomial Crash Model Applied in Tucson, Arizona." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1897: 191–99.
- Moreno González, E. G., M. G. Romana, e O. M. Alvaro. 2013. "Effectiveness of Reserved Bus Lanes in Arterials." Artigo apresentado no 92nd Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, Janeiro.
- National Association of City Transportation Officials (NACTO). 2011. *Urban Bikeway Design Guide*. Washington, DC.
- Pereira, B. M., L. A. Lindau, e R. A. Castilho. 2010. "A importância de simular sistemas Bus Rapid Transit." In: *Proceedings of XVI CLATPU*. Cidade do México.
- Rickert, T. 2007. *Bus Rapid Transit Accessibility Guidelines*. Washington, DC: Banco Mundial.
- Rosén, E., e U. Sander. 2009. "Pedestrian Fatality Risk as a Function of Car Impact Speed." *Accident Analysis & Prevention* 41, no. 3: 536–42.

Transportation Research Board (TRB). 2010. "Signalized Intersections. Pedestrian Mode." In: *Highway Capacity Manual (HCM)*. Transportation Research Board, Washington, DC.

Vuchic, V. 2007. *Urban Transit: Systems and Technology*. Hoboken, NJ: Wiley and Sons.

WHO. 2013. *Global Status Report on Road Safety*. Geneva: World Health Organization.

Wright, L., e W. Hook, eds. 2007. *Bus Rapid Transit Planning Guide*, 3rd ed. Nova York: Institute for Transportation and Development Policy.

Yazıcı, M.A., H. Levinson, M. Ilicalı, N. Camkesen, e C. Kamga. 2013. A Bus Rapid Transit Line Case Study: Istanbul's Metrobüs System. *Journal of Public Transportation* 16, no. 1, 153-177

Zhou, Z., G. Ren, W. Wang, Z. Yong, e W. Wang. 2011. "Pedestrian Crossing Behaviors at Signalized Intersections: Observational Study and Survey in China." Artigo apresentado no 90th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, Janeiro.

Notas explicativas

- 1 Acesse brtdata.org para obter informações sobre a situação atual de projetos BRT em todo o mundo.
- 2 Estimado usando o valor de uma vida estatística (VVE; consulte definição e detalhes no Capítulo 10.1) com base na análise de custo-benefício realizada para os sistemas BRT da Cidade do México e Bogotá (ver Carrigan *et al.* 2013).
- 3 Fontes: Análise da EMBARQ; Duduta, Lindau, Adriaola-Steil 2013; Goh *et al.* 2013. Os métodos usados incluem o bayesiano empírico (Guadalajara e Melbourne), comparação de dados de acidentes controlando as tendências em toda a cidade (Cidade do México, Bogotá) e uma simples comparação antes-e-depois dos dados de acidentes (Ahmedabad).
- 4 A descrição, calibração e aplicações anteriores do EMBARQ BRT Simulator estão em Pereira, Lindau e Castilho 2010.
- 5 Estimativa da EMBARQ com base nos tipos de catraca e método de cobrança de tarifa usados no BRT Metrobüs de Istambul.
- 6 Refere-se a uma situação em que o tráfego circula no lado direito da via. Exceto onde especificado, o texto neste estudo sempre se refere a situações em que o tráfego circula à direita.

Lista de Figuras

Figura 1	Impactos em segurança como percentual dos benefícios econômicos totais de um típico BRT latino-americano.	4
Figura 2	Mudanças na infraestrutura da via para acomodar um típico BRT latino-americano (na foto, Macrobús, Guadalajara) e os benefícios em segurança a elas associados.	8
Figura 3	Acidentes na Calzada Independencia, Guadalajara, 2007-2011	8
Figura 4	Vítimas fatais em corredores de ônibus por tipo de usuário (inclui dados da Cidade do México, Guadalajara, Delhi, Ahmedabad, Curitiba, Porto Alegre e Belo Horizonte).	10
Figura 5	Tipos comuns de acidentes nos corredores de ônibus e BRT em faixas centrais.	11
Figura 6	Tipos comuns de acidentes em faixas de ônibus junto ao meio-fio.	12
Figura 7	Tipos comuns de acidentes nas principais estações de BRT com múltiplas faixas	13
Figura 8	Pedestres atravessando o corredor BRTS de Delhi em meio de quadra	23
Figura 9	Travessia em meio de quadra em uma via arterial urbana	24
Figura 10	Acidentes por localidade em Porto Alegre: Calculado a partir de um banco de dados de acidentes de trânsito cedido pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), Porto Alegre, 2011	25
Figura 11	Pedestres fazendo travessia imprudente através das faixas de ônibus no BRT TransMilenio em Bogotá.	25
Figura 12	Travessia em meio de quadra em uma via estreita	26
Figura 13	Passarela com rampa e área para descanso em León, México	27
Figura 14	Pedestres pulando sobre o gradil e fazendo travessia imprudente em um corredor de ônibus em Delhi, próximo a uma passarela	27
Figura 15	Projeto viário para faixas junto ao meio-fio.	28
Figura 16	Acidentes envolvendo ônibus, por tipo, no corredor junto ao meio-fio no Eje Central, Cidade do México (2006-2010)	29
Figura 17	Pedestres caminhando na faixa de ônibus junto ao meio-fio no Eje 1 Oriente, Cidade do México	29
Figura 18	Pessoa empurrando um carrinho de mercadorias na faixa de ônibus junto ao meio-fio no Eje Central, na Cidade do México	29
Figura 19	O BRT TransOeste no Rio de Janeiro.	30
Figura 20	Diagrama que ilustra como raios de conversão mais estreitos e extensões do meio-fio (em vermelho) podem ser usados para reduzir a área de uma interseção.	35
Figura 21	Daylighting (ou iluminação) e ilhas de refúgio.	36
Figura 22	Exemplo de uma interseção com e sem sinalização horizontal	37
Figura 23	Exemplo de como um desequilíbrio de faixas pode ser solucionado retirando faixas em uma aproximação, ou criando faixas exclusivas para conversão.	38
Figura 24	Opção 1 de alça: começar depois da interseção com proibição de conversão à esquerda.	39
Figura 25	Opção 2 de alça: começar antes da interseção com proibição de conversão à esquerda	39
Figura 26	Desenhos recomendados para as duas opções de alça. Observe que o desenho inclui o mínimo de informações necessárias para a compreensão, e que o único nome de via é o da transversal onde a conversão à esquerda é proibida.	39
Figura 27	Interseção entre vias principais, sem conversão à esquerda	40
Figura 28	Detalhe da ilha de refúgio para pedestres. A ilha deve estar nivelada com o pavimento e protegida do tráfego por um meio-fio elevado. Deve ter espaço suficiente para o volume esperado de pedestres e deve acomodar pelo menos uma pessoa com um carrinho de bebê.	41
Figura 29	Interseção entre vias principais, com conversões à esquerda	42
Figura 30	Diagrama de acidente: o tipo mais comum de acidente envolvendo ônibus em BRT ou corredores de ônibus em faixas centrais: automóveis que fazem conversão à esquerda ilegalmente na frente dos ônibus.	43

Figura 31	Interseção com ciclovias.	44
Figura 32	Exemplo de sinalização vertical e horizontal para ciclovias	45
Figura 33	Interseção entre via principal e via secundária	46
Figura 34	Via transversal bloqueada.	47
Figura 35	Interseção entre via principal e via secundária com conversões de ciclistas.	48
Figura 36	Primeiro estágio da conversão à esquerda: os ciclistas devem seguir em frente ao longo do corredor BRT durante a fase verde, parar na área sinalizada (<i>queue box</i>) à sua direita e aguardar nesta área até que o semáforo mude para vermelho.	49
Figura 37	Segundo estágio da conversão à esquerda: quando o semáforo muda para verde para os veículos da via transversal, os ciclistas podem cruzar o corredor BRT junto com o restante do tráfego. Nestes casos, é de extrema importância a presença do semáforo de repetição após a interseção. Os ciclistas que aguardam para fazer a conversão não conseguem ver o semáforo localizado antes da interseção, dependendo exclusivamente do semáforo de repetição.	49
Figura 38	Interseção com BRT junto ao meio-fio	50
Figura 39	Planta de uma aproximação de interseção ao longo do corredor de ônibus. Os veículos que convertem à direita podem entrar na faixa de ônibus junto à calçada antes da interseção e, depois, fazer a conversão à direita a partir da faixa de ônibus. O espaço para ingresso de veículos na faixa de ônibus deve ser de, no mínimo, 50 m de extensão.	50
Figura 40	Interseções com faixas prioritárias para ônibus ou tráfego misto	51
Figura 41	Comparação dos dados de acidentes de trânsito para três tipos de corredores de ônibus em Guadalajara, México	51
Figura 42	Veículos envolvidos em acidentes em um corredor de ônibus junto ao meio-fio em Guadalajara (Av. Alcalde)	51
Figura 43	Pedestres atravessando no sinal vermelho no ponto de integração de transporte coletivo Eminönü, em Istambul (à esquerda), e na estação de ônibus expresso Salvador Allende, no Rio de Janeiro (à direita).	52
Figura 44	Porcentagem de pedestres atravessando no sinal vermelho em uma interseção semaforizada, baseada no atraso semaforizado do pedestre (baseado em Duduta, Zhang, Kroneberger 2014)	54
Figura 45	Pedestres no Rio de Janeiro atravessando no vermelho na ausência de tráfego.	55
Figura 46	Típico projeto de interseção e serviço de transporte público no centro histórico da Cidade do México após a implementação da Linha 4 do Metrobús	56
Figura 47	Novos semáforos e sinalização horizontal indicando o final de uma faixa compartilhada e o início de uma faixa de ônibus exclusiva, onde o tráfego misto deve fazer conversão à direita	57
Figura 48	Acesso à estação em via arterial urbana.	60
Figura 49	Área de espera dos pedestres lotada na saída da estação da Calle 72 no TransMilenio	61
Figura 50	Pedestres correndo nas faixas de ônibus tentando entrar na estação sem pagar a tarifa, no TransMilenio	61
Figura 51	Estação em canteiro central	62
Figura 52	Pedestre atravessando a via em frente à estação, sem barreiras entre a faixa de ônibus e as faixas de tráfego misto	62
Figura 53	Porta automática em uma estação BRT em Curitiba. As portas estão abertas, embora não haja nenhum ônibus na estação. Isso é um risco em uma estação lotada, já que os passageiros podem cair acidentalmente nas faixas de ônibus	62
Figura 54	TransMilenio 2006: uma ligação entre dois módulos em uma mesma estação. Observa-se que os gradis baixos, de aproximadamente 1 m de altura, permitem que as pessoas pulem por cima facilmente, um importante risco à segurança dos pedestres.	63
Figura 55	TransMilenio 2011: os gradis ao longo da ligação foram elevados para que seja mais difícil escalá-los. Recomenda-se o uso de gradis mais altos em trechos que conectem diferentes módulos de uma mesma estação.	63
Figura 56	Passageiro forçando a abertura de uma porta automática em uma estação do TransMilenio.	63

Figura 57	Faixas de ultrapassagem.....	64
Figura 58	Acidentes entre ônibus nas estações	65
Figura 59	Pedestres deixando uma estação alimentadora do TransMilenio por um ponto de saída proibido	66
Figura 60	Acesso à estação	66
Figura 61	Pedestres em travessia imprudente numa estação no corredor do BRTS em Delhi	67
Figura 62	Pedestre em travessia imprudente através das faixas de ônibus para chegar à plataforma da estação no corredor do BRTS em Delhi	67
Figura 63	Estações junto ao meio-fio	68
Figura 64	Um ônibus ultrapassando um veículo parado na estação junto ao meio-fio no Transantiago, Santiago do Chile	68
Figura 65	Faixas prioritárias e convencionais para ônibus.....	69
Figura 66	Estação Mecidiyeköy, no BRT Metrobüs em Istambul.....	70
Figura 67	Tipos de acidentes com vítimas mais comuns envolvendo veículos de BRT operando em uma via expressa	72
Figura 68	Conceito de projeto ilustrando uma combinação de defesa dupla com gradil alto, recomendado para sistemas BRT que operam em vias expressas.....	73
Figura 69	À esquerda: entrada de estação congestionada durante a hora do pico da tarde em Cevizlibağ em um trecho mais antigo do corredor Metrobüs; à direita: ponto de acesso à estação melhorado, com catracas em uma praça para pedestres acima do corredor.....	74
Figura 70	Conceito de projeto com o objetivo de aumentar a capacidade de passageiros e reduzir a superlotação em uma estação BRT no canteiro central de uma via expressa (observação: este é um desenho conceitual do acesso de passageiros e não mostra todos os gradis recomendados).....	75
Figura 71	Vista aérea de Indios Verdes, Cidade do México, um ponto de transbordo entre o BRT Metrobús, o metrô e os micro-ônibus que conectam o norte da cidade ao Estado do México.....	78
Figura 72	Transbordos entre linhas troncais.....	80
Figura 73	Diagrama de acidentes ilustrando o potencial conflito entre ônibus que fazem conversão à direita e veículos que continuam em frente. Esse tipo de acidente tem sido reportado no TransMilenio.....	81
Figura 74	Interseção entre três corredores TransMilenio: NQS, Calle 80 e Avenida Suba. As conexões de ônibus entre os três corredores são feitas via passarelas e passagens subterrâneas que maximizam a capacidade de todos os movimentos e minimizam os conflitos potenciais entre os ônibus.....	81
Figura 75	Transbordo através de uma interseção.....	82
Figura 76	Transbordos entre linhas troncais.....	84–85
Figura 77	Terminal integrado	86
Figura 78	Imagens mostrando o layout típico dos terminais do TransMilenio.....	87
Figura 79	Pontos de acesso para terminais integrados	88
Figura 80	Exemplos de configurações de terminais	89
Figura 81	Transbordo para serviços de ônibus convencionais	90
Figura 82	Integração com infraestrutura cicloviária.....	91
Figura 83	Benefícios da segurança como percentual do benefício econômico total de um sistema BRT.....	98
Figura 84	Exemplos de configurações de faixas de ônibus em contrafluxo	102
Figura 85	Eje 3 Oriente Eduardo Molina antes da intervenção, mostrando a configuração de contrafluxo e uma troca no sentido de circulação	103
Figura 86	Eje 3 Oriente após a intervenção, mostrando as faixas de BRT da Linha 5 do Metrobús e a infraestrutura melhorada para pedestres	103

Lista de Tabelas

Tabela 1	Impactos na segurança de sistemas prioritários para ônibus	7
Tabela 2	Impactos na segurança decorrentes de mudanças comuns na infraestrutura associadas à implementação de sistemas prioritários para ônibus	9
Tabela 3	Resultados da avaliação dos impactos na segurança em sistemas prioritários para ônibus na América Latina, Índia e Austrália ³	10
Tabela 4	Impactos na segurança decorrentes da configuração do corredor de ônibus	15
Tabela 5	Sugestão de velocidades no percentil 85 para diferentes tipos de via*	20
Tabela 6	Impactos de passarelas na segurança viária	27
Tabela 7	Resultados da simulação para os cenários de 2016	33
Tabela 8	Impactos na segurança em elementos de projeto de vias e interseções	36
Tabela 9	Potencial impacto na segurança devido à remoção de uma conversão à esquerda de uma interseção	42
Tabela 10	Impactos na segurança devido à substituição de uma interseção de 4 aproximações por 2 interseções em T	46
Tabela 11	Modelo binário logit com previsão da decisão dos pedestres sobre atravessar no sinal vermelho em uma travessia semaforizada (sinal positivo indica uma maior probabilidade de atravessar no vermelho)	53
Tabela 12	Exemplos de configurações semaforicas e atrasos de pedestres correspondentes	54
Tabela 13	Velocidades comerciais típicas por modo e tipo de segregação	72
Tabela 14	Impactos na segurança de diferentes tipos de sistemas de ônibus	95
Tabela 15	Valores e intervalos de VVE de países desenvolvidos	96
Tabela 16	Custo de lesões no trânsito, com base no Guia de Análise de Transporte (<i>Transport Analysis Guidance - TAG</i>), do DfT	97
Tabela 17	Média ponderada do impacto baseado nos coeficientes dos modelos de frequência de acidentes binomial negativa e de Poisson para a Cidade do México, Porto Alegre, Guadalajara e Bogotá	101

Crédito das fotos:

EMBARQ/ EMBARQ México / EMBARQ Brasil

Capa, Capa interna, Figuras: 8, 11, 13, 14, 17, 18, 19, 32, 43, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 59, 61, 62, 64, 66, 69, 71, 78, 85, 86

Páginas: 11, 16, 17, 18, 22, 34, 58, 92, 93

Guadalajara BRT: Bernardo Baranda Sepúlveda/

ITDP 2009 - Imagem do Flickr

Figura: 2

Lucho Molina - Imagem do Flickr

Figura: 56

Mapa: Google, DigitalGlobe, INEGI

Página: 76

Mapa: Google, DigitalGlobe

Figura: 74, 80

ISBN: 978-85-69487-05-0



A EMBARQ, parte do WRI Ross Centro para Cidades Sustentáveis, é uma rede global que ajuda as cidades a tornar o transporte sustentável uma realidade.

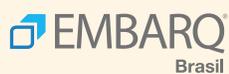
A EMBARQ catalisa e ajuda a implementar soluções de mobilidade e planejamento urbano ambiental, social e financeiramente sustentáveis, a fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas nas cidades. Fundada em 2002 como um programa do World Resources Institute (WRI), a EMBARQ opera através de uma rede global, com centros no Brasil, China, Índia, México e Turquia.

A rede EMBARQ colabora com os governos, empresas, universidade e sociedade civil em nível local e nacional para reduzir a poluição, melhorar a saúde pública e criar espaços públicos urbanos e sistemas de transporte integrado seguros, acessíveis e agradáveis. O reconhecimento global da EMBARQ se deve à sua experiência local e por abordar políticas e financiamento nacionais e internacionais. Mais informações em www.embarq.org.



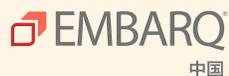
EMBARQ

10 G Street, NE, Suite 800
Washington, DC 20002
USA
+1 (202) 729-7600



EMBARQ BRASIL

Av. Independência,
1299/ 401, Porto Alegre, RS,
Brasil 90035-077
+55 (51) 33126324



EMBARQ CHINA

Unit 0902, Chaowai SOHO Tower A
Yi No. 6
Chaowai Dajie, Chaoyang District
Beijing 100020, China
+86 10 5900 2566



EMBARQ INDIA

Godrej and Boyce Premises
Gaswork Lane, Lalbaug
Parel, Mumbai 400012
+91 22 24713565



EMBARQ MÉXICO

Calle Belisario Dominguez #8,
Planta Alta
Colonia Villa Coyoacán, C.P. 04000
Delegacion Coyoacán, México D.F.
+52 (55) 3096-5742



EMBARQ TÜRKIYE

Sürdürülebilir Ulaşım Derneği
Gümüşsuyu Mah. İnönü Cad.
No:29 Saadet Apt. Kat:6 D:7
Taksim, Beyoğlu, İstanbul
Tel: 0 (212) 243 53 05

Um programa do

 WORLD RESOURCES INSTITUTE

www.embarq.org

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-69487-05-0



9 788569 487050