

# Estudo das operações de embarque e desembarque de estudantes em Instituições de Ensino Médio

Raphael Fuezi Miranda<sup>1</sup>, Luiz Marcel Silva de Mello<sup>2</sup>, Ângela Beatriz de Souza Bertazzo<sup>3</sup>, Edwin F. F. Silva<sup>4</sup>, Maria Alice Prudêncio Jacques<sup>5</sup>

**Abstract:** Senior High Schools have important impacts on transport and traffic systems in their vicinities and are duly classified as Trip Generators. Students getting on or off vehicles on arrival or departure from such institutions are determinant factors for the main impacts. Nevertheless, there are few studies, especially in the Brazilian literature, specifically directed at describing and analyzing those operations. Against that background the study reported in this paper sought to define and test an appropriate procedure that could be used to obtain a characterization of students' boarding/getting off operations, including the time taken to carry them out. The procedure was successfully tested in Brasília and the results obtained make it possible to estimate the number of spaces the respective institutions should provide to facilitate students' boarding or getting off vehicles on arrival or departure.

**Keywords:** Trip Generators; Senior High Schools. Boarding and getting off operations. Boarding and getting off áreas.

**Resumo:** As Instituições de Ensino Médio (IEMs) causam impactos relevantes nos sistemas de transporte e tráfego na área de sua localização, caracterizando sua condição de Polos Geradores de Viagens (PGVs). As operações de embarque e desembarque (E/D) dos estudantes na chegada e saída da IEM são determinantes na produção desse impacto. Apesar disso, estudos voltados à caracterização e análise dessas operações são escassos na literatura, especialmente na nacional. Neste contexto, o presente trabalho visou definir e testar um procedimento que possa ser aplicado a IEMs implantadas para permitir a caracterização das operações de E/D dos estudantes dessas instituições, inclusive quanto ao tempo gasto na sua realização. O procedimento elaborado foi testado com sucesso em duas IEMs de Brasília, e os resultados de sua aplicação permitiram a estimativa do número necessário de espaços a serem disponibilizados para o devido atendimento das operações de E/D observadas nas duas instituições.

**Palavras-chave:** Polos Geradores de Viagens. Instituições de Ensino Médio. Operações de embarque e desembarque. Áreas para embarque e desembarque.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas Instituições de Ensino Médio (IEMs) brasileiras, grande parte dos alunos que utiliza o modo motorizado por automóvel para ir e/ou vir da escola o faz na condição de carona. A infraestrutura demandada para acomodar os veículos que transportam os estudantes, diferentemente do que ocorre em países como EUA e Canadá, é formada basicamente por áreas destinadas ao embarque e desembarque (E/D) desses usuários. Áreas de estacionamento são necessárias, preponderantemente, para acomodar os automóveis utilizados pelos outros usuários regulares das IEMs e visitantes, além de veículos de serviço.

As viagens realizadas de e para as IEMs são concentradas nos horários de início e término das aulas, coincidindo frequentemente com os horários de pico da circulação do tráfego nas vias adjacentes (Portugal, 2012). Esta situação faz com que operações de E/D sejam mais difíceis (o condutor do veículo, por exemplo, enfrenta dificuldades para sair e retornar ao fluxo normal da via), além de comprometer a fluidez do tráfego de passagem. Em alguns casos a própria segurança dos estudantes é afetada, como ocorre nas operações realizadas com o veículo parado no meio da via, aproveitando a formação de filas em semáforos, retornos, etc. Assim, quanto mais disciplinadas e realizadas em locais adequados forem essas operações de E/D, menor será o seu impacto.

Apesar da constatação da importância da operação de E/D, pouco se evoluiu em pesquisas que expliquem como ocorrem essas operações junto às IEMs, de forma a subsidiar processos de aprovação e licenciamento desse tipo de PGV. Para um licenciamento que indique a mitigação dos impactos do empreendimento é necessário

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília.

<sup>4</sup> Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília.

<sup>5</sup> Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília.

Manuscrito recebido em 01/07/2013 e aprovado para publicação em 13/01/2014. Este artigo é parte de TRANSPORTES v. 22, n. 1, 2014. ISSN: 2237-1346 (online).

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v22i1.711>

apontar quais as infraestruturas demandadas, principalmente para E/D, e qual o seu dimensionamento adequado para assegurar a fluidez do tráfego das vias de acesso e a segurança de todos os seus usuários.

O presente trabalho tem o objetivo de contribuir para a caracterização das operações de E/D junto às IEMs. Neste sentido, propõe um procedimento para a realização de estudos voltados a essa caracterização em IEMs implantadas, visando: (i) identificar a distribuição das áreas utilizadas pelos veículos que transportam os estudantes para embarcar e desembarcar esses usuários, e situações em que essas operações são realizadas de modo a comprometer a própria segurança dos estudantes; (ii) determinar os tempos envolvidos nas operações de E/D, especificamente o tempo efetivo de embarque e desembarque e o tempo total gasto pelo veículo para concluir a operação; (iii) identificar a relação das operações de E/D com a fluidez do tráfego na via que diretamente atende a instituição.

## 2 OPERAÇÕES DE E/D EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO MÉDIO

Os veículos que levam e trazem usuários às IEMs, principalmente estudantes, necessitam realizar o embarque/desembarque (E/D) em área próxima ao portão de entrada da IEM e nos horários apontados como entrada e saída dos turnos. Quanto maior o número de veículos com o propósito de realizar o E/D maior o impacto. Quando o fluxo da via é intenso, mesmo pequenas proporções de E/D realizadas de forma inadequada já podem ser suficientes para tornar a situação geral do tráfego inaceitável.

Assim, estudos visando ampliar o conheci-

mento referente à distribuição espacial e ocupação temporal das áreas de embarque e desembarque são necessários para a avaliação do impacto produzido pelas IEMs e para a promoção da segurança das operações de E/D dos seus estudantes. Apesar disso, a revisão da literatura sobre o tema mostrou que esses estudos são escassos. Na sua maioria, os manuais ou guias voltados a disciplinar as operações de E/D em IEMs se concentram em recomendações somente baseadas em boas práticas (FHWA, 2004; Higgins, 2009; PBIC, 2007). As principais recomendações são que o embarque e desembarque devem ser realizados em fila única, pelo lado direito, diretamente na calçada de acesso à escola, sem travessias de vias, e acompanhado por monitores.

Quanto ao dimensionamento do comprimento da fila de veículos a ser atendida junto às instituições, os estados americanos da Carolina do Norte, da Carolina do Sul e Texas (revisados em FHWA, 2004) apresentam taxas semelhantes, na faixa de 1,6 a 2,0 pés/aluno, o que resulta em filas com comprimento entre 390 metros e 488 metros para IEMs com 800 alunos matriculados. Adotando-se essas taxas, apenas escolas com grandes frentes (comprimentos de meio fio) para os logradouros públicos, ou implantadas em grandes lotes, conseguem suprir este dimensionamento.

Na presente pesquisa, optou-se por realizar uma análise temporal das operações de embarque e desembarque, considerando dois períodos de tempo diferenciados que podem ser observados junto a instituições de ensino. São eles: tempo de ocupação do espaço (vaga de embarque e desembarque) e tempo da operação de embarque e desembarque propriamente dito. A Tabela 1 apresenta a forma de determinação desses períodos.

**Tabela 1** - Tempos considerados nas operações de E/D

<b>T1</b>	Tempo de saída do veículo do fluxo
<b>T2</b>	Tempo de abertura da porta
<b>T3</b>	Tempo de fechamento da porta
<b>T4</b>	Tempo de volta do veículo ao fluxo
<b>T4 – T1</b>	Tempo de ocupação da vaga (do espaço)
<b>T3 – T2</b>	Tempo da operação de embarque e desembarque

## 3 PROCEDIMENTO PARA CARACTERIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE E/D

As observações preliminares das operações de embarque e desembarque em IEMs já implantadas propiciaram a construção de um procedimento de estudo voltado à obtenção de parâmetros

de projeto para as áreas de E/D desse tipo de instituição. O procedimento elaborado é estruturado conforme as subseções apresentadas a seguir.

### 3.1 Contato com a administração da IEM

O contato inicial com a administração da escola é fundamental para apresentação dos objetivos da pesquisa e de como os trabalhos serão desenvolvidos, além da solicitação de autorização para a sua realização. Nesse contato, é possível obter dados gerais da IEM de interesse da pesquisa, tais como: número de alunos, professores e funcionários, número de salas de aula, organização de turnos e oferta de níveis de ensino, vagas internas de estacionamento, horário crítico das operações de E/D, dentre outros.

### 3.2 Identificação e distribuição das áreas de E/D

Na visita inicial à escola deve ser obtida informação sobre a dispersão espacial das operações de E/D, especialmente das realizadas dentro da área da escola e junto aos seus principais portões de acesso. Esta dispersão deve ser confirmada e, se necessário, complementada a partir da observação cuidadosa *in loco* das operações de E/D em um ou mais dias letivos normais. A área onde se situa a escola deverá ser posteriormente mapeada, com identificação dos portões de acesso e dos pontos de maior realização de E/D, de pontos de ônibus e/ou estação de metrô e de faixas de travessia de pedestres nas proximidades da escola. A partir desse mapeamento é feita a programação das atividades de coleta de dados, incluindo o dimensionamento da equipe de pesquisa de campo.

### 3.3 Coleta de dados

O dia de pesquisa deve ser escolhido como um dia típico de atividades na escola, sem saídas antecipadas, atividades especiais ou dias de prova, e que seja, também, um dia típico do fluxo da cidade. A hora de pesquisa deve ser definida como a hora de pico para a IEM, junto aos horários de início e final do turno do ensino médio.

A coleta de dados visa obter elementos sobre a dispersão espacial e temporal das operações de E/D na hora de pico junto à entrada e junto à saída do turno, o número de veículos direcionados à IEM e de veículos que compõem o tráfego de passagem, além dos tempos de embarque e desembarque. São necessárias cronometragens dos tempos de E/D (tempos T1, T2, T3 e T4, conforme Tabela 1), em uma amostra estatisticamente significativa de veículos, e deve ser registrado o número de estudantes da IEM transportados em cada veículo. Também deve ser realizada a contagem classificada do total de veículos em operação de E/D, segmentada por períodos da hora pico (por exemplo,

de 15 em 15 minutos), nas áreas identificadas como de maior concentração de operações de E/D e na via adjacente à IEM. Para a cronometragem, o uso de filmagens das operações de embarque e desembarque, ao invés do uso de cronômetros individuais *in loco*, permite uma maior padronização na obtenção dos tempos de E/D e análise das operações, bem como a diminuição da equipe de pesquisa. Um cuidado, entretanto, deve ser tomado para que um veículo não oculte outro veículo durante o E/D no horário de pico, impossibilitando a observação pretendida.

É prevista, também, a obtenção junto à escola dos Códigos de Endereçamento Postal dos estudantes para mapeamento de origens/destinos, ao invés do endereço, como forma de não identificar sujeitos na pesquisa.

### 3.4 Tabulação dos dados

A análise das filmagens deve ser padronizada de modo a permitir o levantamento e registro em planilha eletrônica dos tempos T1, T2, T3 e T4 (ver Tabela 1). Os dados de volume de tráfego também devem ser tabulados em planilha eletrônica, juntamente com o número de usuários da IEM que realizam a operação de E/D em cada veículo observado.

### 3.5 Obtenção dos resultados

A partir dos dados tabulados são obtidos os seguintes resultados: (i) dispersão física e temporal das operações de E/D; (ii) relação entre o número de veículos direcionados à IEM e o número total de veículos na via adjacente nos períodos de pico do empreendimento; (iii) ocupação veicular em termos do número de estudantes transportados pelos veículos que efetuam a operação de E/D, por tipo de veículo; (iv) tempos de E/D, separados em tempo de ocupação da vaga, calculado pela diferença entre os tempos T4 e T1, e tempo de E/D propriamente dito, determinado pela diferença entre T3 e T2; e (v) distribuição espacial das origens das viagens dos estudantes (no caso de estudos voltados ao gerenciamento da mobilidade).

## 4 TESTE DO PROCEDIMENTO

O procedimento formulado foi testado na comparação de duas IEMs em Brasília, de março a junho de 2011, sendo uma IEM pública e uma IEM privada. As IEMs foram selecionadas de modo a permitir verificar se existe diferença entre as ope-

rações de E/D nas escolas públicas e privadas, conforme observado por Ferreira (2007) e Bertazzo (2008) para a geração de viagens. A escolha das IEMs para integrarem o estudo deu-se segundo dois critérios: pela oferta exclusiva de ensino médio em determinado turno (no caso o turno da manhã) e pelo porte (número de alunos). No caso da IEM pública, a escola integrante do estudo tem caráter de escola militar, o que pode indicar peculiaridades em relação a outras escolas da rede pública do DF. Vale salientar também que o entorno das IEMs estudadas apresenta baixa densidade de ocupação e grandes reservas de áreas pú-

blicas adjacentes, situação diferente da observada em centros urbanos tradicionais de outras cidades brasileiras.

A visita inicial às IEMs permitiu a concessão da autorização para a realização da pesquisa e a obtenção dos dados institucionais importantes para a realização do estudo. Esses dados são apresentados nas Tabelas 2 e 3. As direções das duas IEMs ainda forneceram a relação de endereços de alunos (através de relação de código de endereçamento postal), podendo-se avaliar os bairros de maior captação de alunos.

**Tabela 2** - Horários de entrada e saída das IEMs e hora pico de pesquisa

	Horário de entrada	Hora Pico da pesquisa	Horário de saída	Hora Pico da pesquisa
<b>IEM Privada</b>	07:10h	6:30 às 7:30	12:40h	12:20 às 13:20
<b>IEM Pública</b>	6:55h	6:15 às 7:15	12:25h	12:00 às 13:00

**Tabela 3** - Características das IEMs envolvidas no estudo

	IEM Pública	IEM Privada
N. alunos	1566	1356
Infraestrutura disponível	Possui dois portões de entrada em lados opostos da IEM, com amplos estacionamentos públicos entre a via de acesso e os portões.	Possui portão único de entrada com acesso direto para a via de acesso.
	Possui estacionamento interno à IEM para professores e funcionários.	Possui estacionamento interno à IEM para público em geral e reserva de 02 vagas para a direção.
	Ponto de ônibus a mais de 600m do portão da escola.	Ponto de ônibus a menos de 200m do portão da escola.
Coordenação da Operação de E/D	Existem faixas de travessia de pedestres no entorno da escola.	Existem faixas de travessia de pedestres semaforizadas no entorno da escola.
	A direção da IEM promove o escalonamento de horários de saída e entradas diferenciadas nos portões por tipo de veículo que conduz os estudantes.	A direção não se envolve na coordenação das operações de E/D.
Fluxo na via adjacente	Via adjacente do tipo coletora.	Via adjacente do tipo arterial.
Divisão modal	Não disponibilizada	Não disponibilizada

Os dias típicos de pesquisa foram terças, quartas ou quintas feiras úteis e as filmagens foram realizadas na hora pico da IEM, próxima aos horários de entrada e saída do turno. As contagens seguiram o mesmo critério de hora pico e dias de pesquisa, com pesquisadores posicionados conforme a observação de dispersão espacial da operação. A sistematização dos dados obtidos tanto das filmagens quanto das contagens diretas em campo foi feita através de planilhas.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE COMPARATIVA

Os resultados obtidos na aplicação do procedimento nas duas IEMs em Brasília são apresentados a seguir, incluindo a caracterização da operação estudada, o dimensionamento das áreas de E/D

para essas IEMs e a análise da distribuição da origem dos estudantes e da taxa de ocupação dos veículos por alunos das IEMs.

### 5.1 Dispersões espacial e temporal

As contagens veiculares nos pontos críticos de E/D na hora pico (ver Figuras 1 e 2) subsidiaram a análise da dispersão física e temporal do E/D junto às IEMs pesquisadas. A Tabela 4 apresenta os resultados do número de viagens, por intervalos de 15 minutos, para os períodos de entrada e saída dos turnos. Observa-se que o intervalo mais carregado é mais próximo aos horários das entradas, 56,4% na entrada da IEM pública, 51,3% na entrada da IEM privada. A saída é mais dispersa em ambas as instituições, não chegando o intervalo mais carregado a conter 30% das contagens na IEM pública e a 47% na IEM privada.

**Tabela 4 - Dispersão horária do número de viagens veiculares (automóveis)**

		Intervalo	6:15 - 6:30	6:30 - 6:45	<b>6:45 - 7:00</b>	7:00 - 7:15	Total
Entrada	IEM	Intervalo	6:15 - 6:30	6:30 - 6:45	<b>6:45 - 7:00</b>	7:00 - 7:15	Total
	PU	viagens	15	91	<b>181</b>	34	321
		%	4,7	28,3	<b>56,4</b>	10,6	100
	IEM	Intervalo	6:30 - 6:45	6:45 - 7:00	<b>7:00 - 7:15</b>	7:15 - 7:30	Total
	PR	viagens	30	322	<b>391</b>	19	762
		%	3,4	42,3	<b>51,3</b>	2,5	100
Saída	IEM	Intervalo	12:00 - 12:15	<b>12:15 - 12:30</b>	12:30 - 12:45	12:45 - 13:00	Total
	PU	viagens	99	<b>110</b>	86	84	379
		%	26,1	<b>29</b>	22,7	22,1	100
	IEM	Intervalo	12:20 - 12:35	<b>12:35 - 12:50</b>	12:50 - 13:05	13:05 - 13:20	Total
	PR	viagens	32	<b>187</b>	141	41	401
		%	8	<b>46,7</b>	35,2	10,2	100

Obs. : O intervalo destacado em negrito é o que contém o horário de entrada ou saída de turno.

Figuras 1 e 2 apresentam os pontos críticos de E/D. A IEM pública possui dois grandes estacionamento públicos adjacentes, que são largamente utilizados para a operação de E/D. Já a IEM privada conta apenas com um bolsão interno de estacionamento, utilizando igualmente as áreas da via anexa (parada de ônibus, calçadas em frente e junto aos comércios locais). Na análise da distribuição horária por pontos de E/D, mostrada nas Figuras 3 e 4, observa-se que a operação de E/D é

maior no horário mais próximo do horário de entrada, quando os acessos mais próximos ao portão de entrada encontram-se congestionados. Na IEM privada observa-se que a entrada é mais dispersa que a saída e até lugares menos convencionais são utilizados para E/D (Local 7- retorno na via), e, conseqüentemente, de menor segurança para pedestres em E/D. Na IEM Pública a saída é mais dispersa.

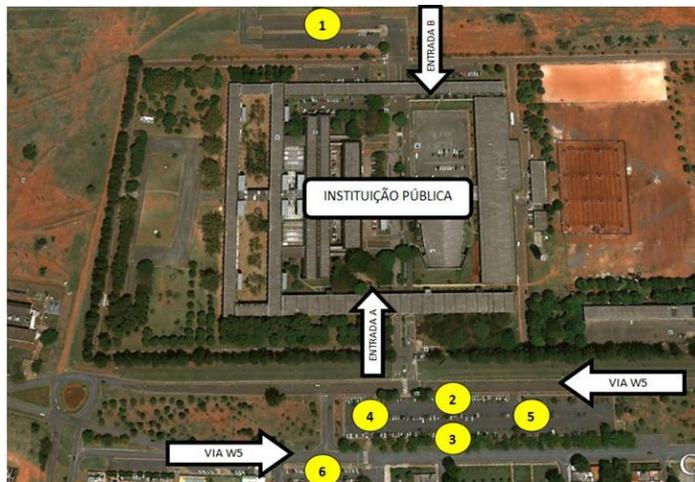


Figura 1 - Localização da IEM pública, pontos de E/D e acessos com relação à via

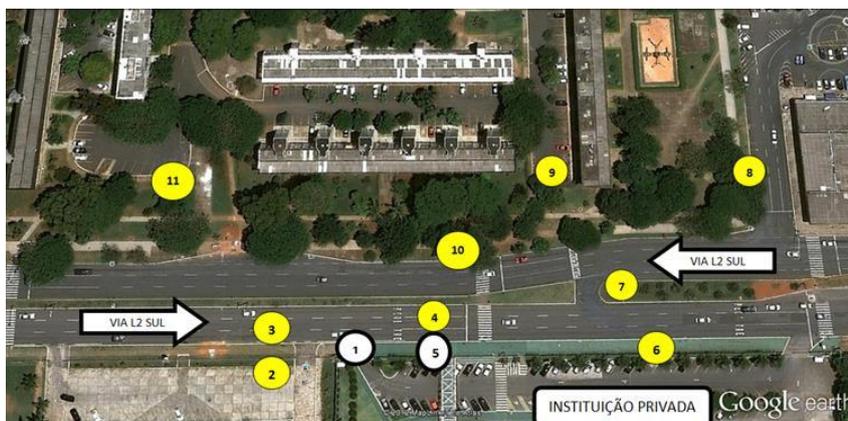


Figura 2 - Localização da IEM privada, pontos de E/D e acessos com relação à via

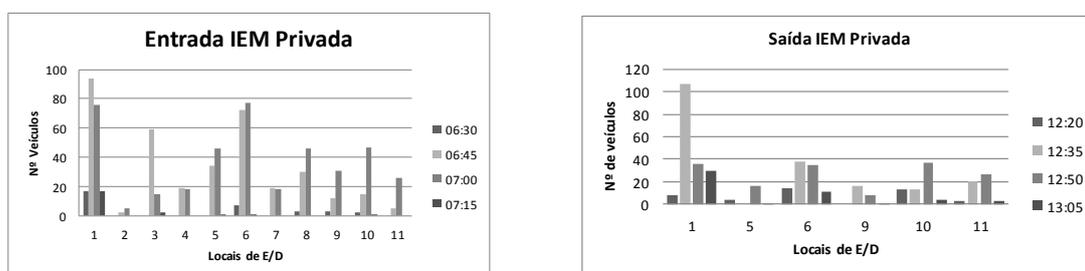


Figura 3 - Dispersão espacial para a IEM privada na entrada e na saída

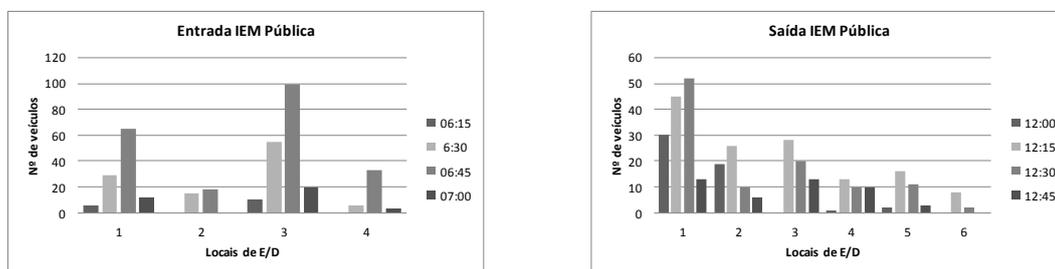


Figura 4 - Dispersão espacial para a IEM pública na entrada e na saída

## 5.2 Veículos direcionados às IEMs versus o número total de veículos passantes

A verificação da relação entre o volume total de tráfego na via adjacente (inclui automóveis, ônibus/micro-ônibus, vans, motos e caminhões) à IEM e o volume de tráfego (automóveis, vans, ônibus/micro-ônibus e motos) atraído/produzido pelo empreendimento permite que se tenha uma ideia geral dos conflitos entre o tráfego de passagem e o que tem como destino a instituição. A Tabela 5

apresenta, na coluna “Comparação”, a percentagem do tráfego total que se destina a cada IEM. Pode-se observar que, do total do fluxo na via adjacente, 28,8% se dirigiu à IEM PU na entrada (início das aulas) e 14,5% na saída (término das aulas). Na IEM PR, essas percentagens foram iguais a 36,4% e 19,4%, respectivamente.

Tabela 5 - Número observado de veículos passantes e com destino à IEM

	Veículos no fluxo da via adjacente		Veículos com destino às IEMs		Comparação (%)	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
IEM PU	1290	3024	371	438	28,8%	14,5%
IEM PR	2253	2291	820	444	36,4%	19,4%

## 5.3 Distribuição das origens das viagens

Pelas listas de endereços de alunos fornecidas pela direção de cada escola foi possível identificar as localidades (bairros) de origens mais frequentes dos estudantes que realizam as viagens para as IEMs. As Figuras 5 e 6 apresentam os resultados mais frequentes agrupados por bairros de Brasília.

A rigor, cada viagem no início e final do turno, realizada por veículo que não fica estacionado na IEM, resulta em uma viagem atraída e em uma viagem produzida. Para efeito deste estudo, entretanto, a classificação da viagem como atraída ou produzida é feita em função do deslocamento do estudante. Assim, considera-se que as viagens dos veículos que chegam às IEMs para deixar os

alunos no início do turno (realizam desembarque) são viagens atraídas pela instituição, enquanto que as realizadas para apanhar os alunos no final do turno (implicam em operações de embarque) são consideradas como viagens produzidas. Uma vez que o turno considerado foi o matutino, admite-se, ainda, que as viagens atraídas possuem como origem a residência do estudante.

Na IEM pública as origens mais frequentes estão vinculadas aos bairros de moradia de militares e ao próprio bairro da IEM. Na IEM privada as origens mais frequentes estão vinculadas aos bairros mais próximos da IEM e o de localização da própria IEM.

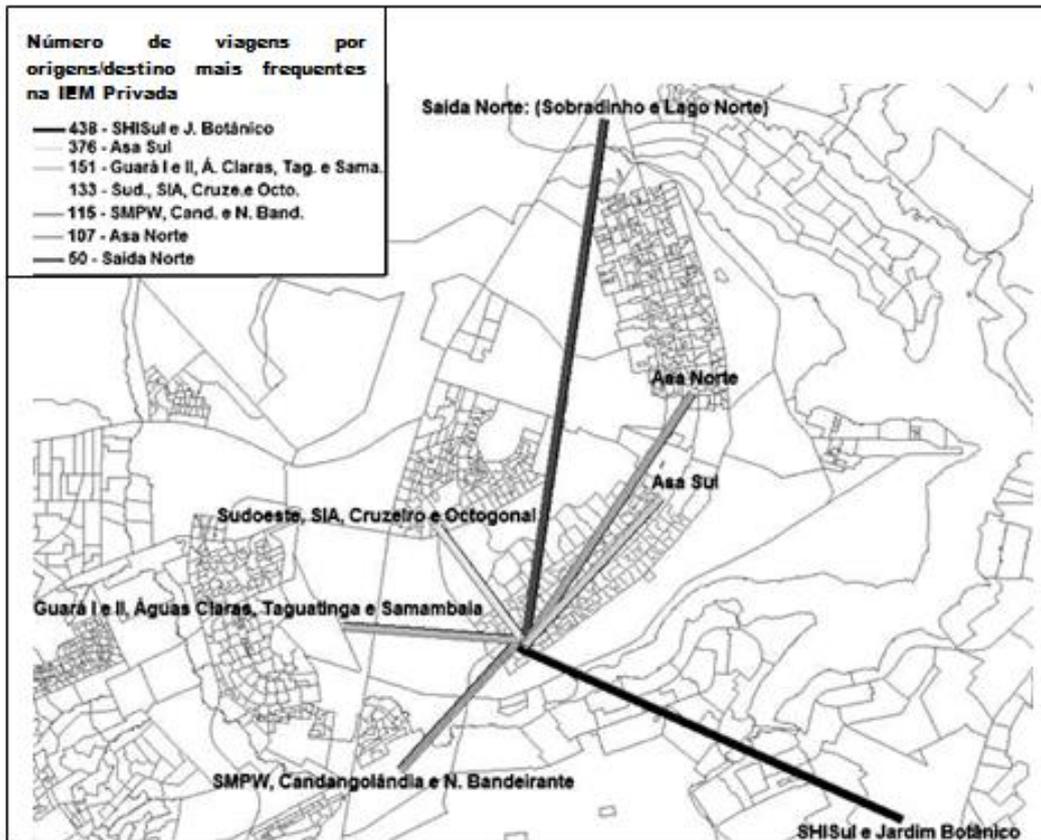


Figura 5 - Principais bairros de origem/destino dos alunos da IEM privada

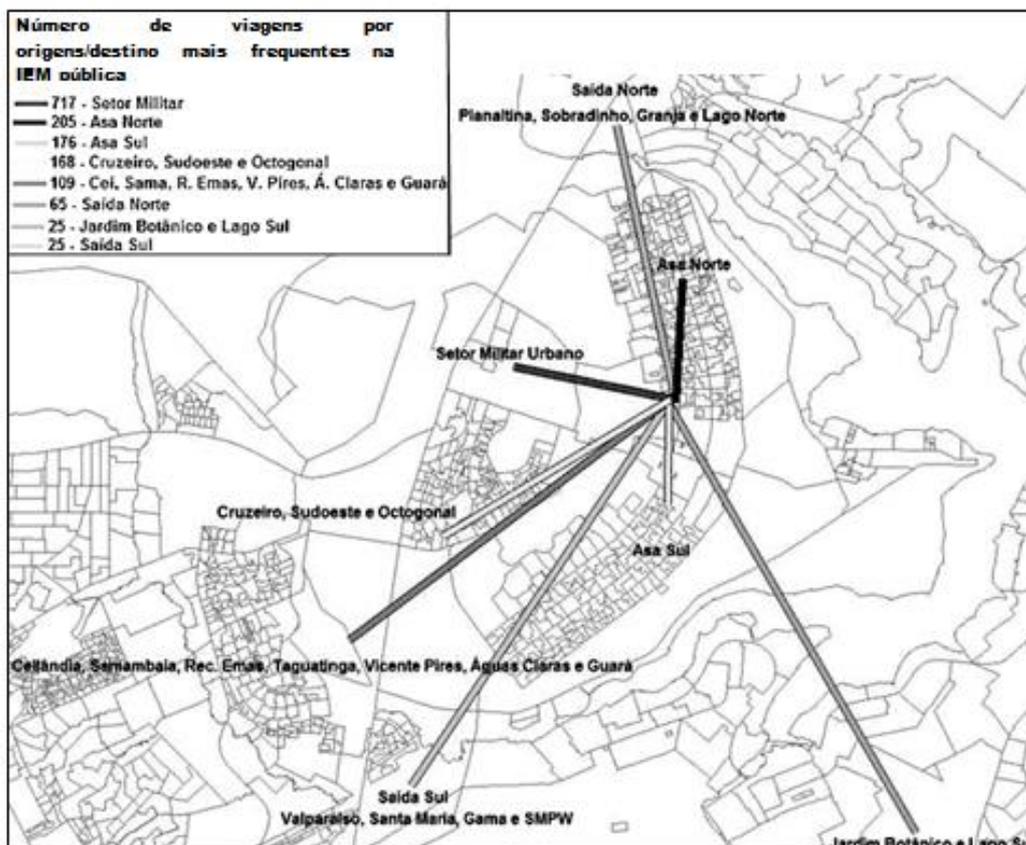


Figura 6 - Principais bairros de origem/destino dos alunos da IEM pública

## 5.4 Ocupação veicular

O resultado da análise referente ao número de usuários da IEM transportado nos diferentes tipos de veículos observados é mostrado na Tabela 6. No caso dos automóveis, a ocupação na IEM pública é ligeiramente superior na entrada do turno e

um pouco inferior na saída. Para as duas instituições, a ocupação encontrada é menor do que as previstas pela CET (2000) para situações semelhantes, que são superiores a 1,5 alunos/automóvel.

Tabela 6 - Ocupação veicular por tipo de IEM, horário e tipo de veículo

Horário de entrada do turno	IEM Pública			IEM Privada		
	N. Veículos	Passageiros	Média	N. Veículos	Passageiros	Média
<b>Autos</b>	162	197	1,22	270	299	1,11
<b>Vans</b>	25	203	8,12	23	80	3,48
<b>Ônibus</b>	8	365	45,63	0	0	0
<b>Motos</b>	2	2	1,00	0	0	0
<b>Todos</b>	197	767	3,89	293	379	1,29
Horário de saída do turno	N. Veículos	Passageiros	Média	N. Veículos	Passageiros	Média
<b>Autos</b>	25	25	1,00	111	133	1,20
<b>Vans</b>	5	66	13,20	9	22	2,44
<b>Ônibus</b>	5	199	39,80	0	0	0
<b>Motos</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Todos</b>	35	290	8,29	120	155	1,29

## 5.5 Tempos de E/D

O aspecto mais evidente observado é que as operações de desembarque se realizam em um intervalo de tempo que sofre redução conforme o horário dessas operações se aproxima do horário limite de entrada do turno. Nas operações de embarque (final do turno), o tempo médio gasto também é menor no intervalo que contém o horário de saída com relação aos intervalos anterior e posterior, mas não é o menor para todo o período estudado. A seguir são apresentados em separado os resultados obtidos para as duas IEMs consideradas.

### a) Tempos de E/D para a IEM pública

A Tabela 7 apresenta o valor médio e o desvio-padrão dos tempos de desembarque e embarque (T3-T2) e de ocupação da vaga (T4-T1) para automóveis. Mostra, também, o número de veícu-

los que compôs a amostra em que esses tempos foram obtidos.

Conforme mostra a tabela, o tempo médio de desembarque no intervalo de tempo que contém o horário de entrada (das 6:45 às 7:00) apresentou o menor valor (igual a 12,3s) e também maior homogeneidade entre os tempos medidos (desvio padrão = 10,2s). O intervalo de confiança para o tempo de desembarque, para um nível de significância de 10% ( $\alpha=10\%$ ), no intervalo das 6:45 às 7:00 é igual a [10,07s; 14,53s]. Nesse intervalo também ocorre a maior ocupação média do local utilizado para o desembarque (71,9s). Nesse período, o desvio padrão do tempo de ocupação para o desembarque é igual a 92,4s e o correspondente intervalo de confiança, para  $\alpha=10\%$ , é igual a [52,46s; 91,34s].

Tabela 7 - Tempos de E/D para a IEM Pública

Intervalo	Tempos de desembarque e de correspondente ocupação do espaço (Atração)					
	Xmed(seg)		Desvio Padrão (seg)		Veículos na amostra	
	T3 – T2 Desemb	T4 – T1 Ocup.vaga	T3 – T2 Desemb.	T4 – T1 Ocup.vaga	T3 – T2 Desemb.	T4 – T1 Ocup.vaga
<b>6:15 – 6:30</b>	16,9	41,3	17,7	15,9	5	5
<b>6:30 – 6:45</b>	16,7	70,6	21,7	126,3	81	83
<b>6:45 – 7:00</b>	12,3	71,9	10,2	92,4	59	63
<b>7:00 – 7:15</b>	15,0	53,9	11,3	45,1	12	12
<b>Global</b>	14,9	68,9	17,4	107,4	157	163
Intervalo	Tempos de embarque e de correspondente ocupação do espaço (Produção)					
	Xmed(seg)		Desvio Padrão (seg)		Veículos na amostra	
	T3 – T2 Embarque	T4 – T1 Ocup.vaga	T3 – T2 Embarque	T4 – T1 Ocup.vaga	T3 – T2 Embarque	T4 – T1 Ocup.vaga
<b>12:00 – 12:15</b>	13,4	197,8	10,0	220,8	7	7
<b>12:15 – 12:30</b>	9,5	764,5	2,5	250,4	2	2
<b>12:30 – 12:45</b>	10,7	216,9	7,9	242,7	9	7
<b>12:45 – 13:00</b>	8,1	898,9	4,2	813,1	5	5
<b>Global</b>	10,8	425,1	7,6	518,2	23	21

O tempo de ocupação pode ser empregado pela instituição para o dimensionamento futuro de um espaço destinado à operação de desembarque dos seus alunos no período de início das aulas, através da Equação 1. Como neste período foram observados 181 veículos (ver Tabela 4), para o atendimento desses veículos seria necessário dispor, em média, de 15 vagas.

$$NV = \frac{V \times T_{med}}{P \times 60} \quad (1)$$

em que:

NV = número de vagas necessárias (para o desembarque ou embarque);

V = número de veículos a serem atendidos no período;

P = período considerado, em minutos;

$T_{med}$  = tempo médio de ocupação da vaga no período (para o desembarque ou embarque), em segundos.

Considerando os valores limites do intervalo de confiança correspondente, este número varia de 11 a 20 vagas. Ao se considerar o atendimento do fluxo horário total ao longo de 3600s, o número médio de vagas necessárias seria igual a 7, variando entre 5 e 9. Ou seja, na definição do número de vagas necessárias para a operação de desembarque, a IEM precisa definir qual a estratégia de atendimento que será adotada.

Já para a operação de embarque, na saída da IEM, o intervalo com o segundo menor tempo médio e menor desvio-padrão foi o das 12:15 às 12:30, que também contém o horário de saída. No entanto, devido a problemas na realização das filmagens, só detectados quando da análise dos vídeos, o número de observações em cada período ficou muito reduzido e os resultados ficaram sem representatividade para efeito de utilização prática.

#### b) Tempos de E/D para a IEM privada

Na IEM privada, grande parte das operações acontece na própria via em frente à instituição, que possui alto volume de tráfego nos horários de pico, o que acaba por gerar um grande conflito e influenciar no tempo de ocupação do espaço. Essa situação gera, ainda, a realização das operações em locais não seguros ou improvisados.

Como na IEM pública, os tempos de ocupação do espaço nas operações de embarque foram superiores aos obtidos no desembarque, confirmando o comportamento dos condutores de esperar os alunos antes mesmo da saída do aluno de dentro da instituição (ver Tabela 8). O menor tempo de operação de desembarque ( $T3-T2$ ) e o segundo menor desvio-padrão ocorreu no intervalo de 7:00 as 7:15, que engloba o início de turno. Isto é, conforme ocorrido na IEM pública, as operações de desembarque são mais homogêneas e mais curtas nos horários de entrada de turno.

Tabela 8 - Tempos de E/D para a IEM Privada

Tempos de desembarque e de correspondente ocupação do espaço (Atração)						
Período	Xmed (seg)		Desvio Padrão (seg)		Veículos na amostra	
	T3 - T2	T4 - T1	T3 - T2	T4 - T1	T3 - T2	T4 - T1
6:30 - 6:45	10,2	39,9	7,5	33,7	33	31
6:45 - 7:00	7,2	26,2	5,2	20,5	115	113
7:00 - 7:15	5,8	24,9	4,7	27,3	104	101
7:15 - 7:30	7,9	23,2	3,9	12,8	16	16
<b>Global</b>	7,2	27,1	5,5	25,1	268	261
Tempos de embarque e de correspondente ocupação do espaço (Produção)						
Período	Xmed (seg)		Desvio Padrão (seg)		Veículos na amostra	
	T3 - T2	T4 - T1	T3 - T2	T4 - T1	T3 - T2	T4 - T1
12:20 - 12:35	11,4	177,0	10,2	343,3	18	12
12:35 - 12:50	7,6	56,0	6,0	59,5	58	41
12:50 - 13:05	7,8	43,5	5,4	33,8	25	22
13:05 - 13:20	6,7	23,6	2,8	14,9	8	4
<b>Global</b>	8,2	69,2	6,7	125,0	109	79

Com relação ao tempo de ocupação da vaga ( $T4-T1$ ), este é maior para o intervalo mais distante do início do turno, isto é, das 6:30 às 06:45, justificado pelo comportamento observado de condutores que preferem chegar mais cedo à escola, aguardar um pouco com o filho dentro do carro, para depois deixar o estudante na escola e prosse-

guir viagem. Como o número de veículos que chega à IEM no primeiro intervalo é baixo (30 veículos), para efeito de futuros estudos de dimensionamento, recomenda-se considerar o segundo maior tempo de ocupação, que ocorre no intervalo das 6:45 às 7:00. Seu valor é de 26,2 s, com desvio padrão igual a 20,5s e intervalo de confiança (IC)

igual a [22,98s; 29,42s] para  $\alpha=10\%$ . Como pode ser observado na Tabela 4, nesse intervalo o número de chegadas de automóveis na IEM é igual a 322 e no intervalo seguinte (7:00 às 7:15 horas) o número de veículos que chega é igual a 391. Ou seja, a determinação do número de vagas para evitar a formação de filas excessivas durante um período de meia-hora, deveria ser realizada considerando um tempo de acumulação de 30 minutos, volume nesse período igual a 713 automóveis (322+391), e os dados do tempo de permanência obtidos para o intervalo das 6:45 às 7:00.

Assim, considerando o período de 30 minutos anteriormente referido, o número médio de vagas para desembarque deve ser igual a 11, variando entre 10 e 12. Para o atendimento de todos os veículos que chegam no período global observado (uma hora), o número médio de vagas para as operações de desembarque deveria ser igual a 6, variando entre 5 e 7 vagas.

No caso da análise do tempo de ocupação para as operações de embarque (na produção), os dados da Tabela 8 revelam que o maior tempo médio de permanência (177s) foi observado no horário de 12:20 às 12:35, referindo-se a um total de 32 veículos (ver Tabela 4). O segundo maior tempo ocorreu no intervalo das 12:35 às 12:50, igual a 56s, com intervalo de confiança igual a [40,67; 71,33], para  $\alpha=10\%$ . Conforme mostra a Tabela 4, são 187 veículos no período das 12:35 às 12:50 e 141 veículos das 12:50 às 13:05. Assim, admi-

tindo-se a determinação do número de locais para embarque levando em conta a meia hora mais carregada de veículos na IEM (12:35 a 13:05), obtém-se o número médio de 11 vagas, variando entre 8 e 14. Já para o atendimento do volume horário global com a dissipação completa da fila formada após seu final, o número necessário seria de 7 vagas, variando de 5 a 9 vagas.

### 5.6 Síntese dos resultados referentes ao número de vagas necessárias para E/D

Os resultados do número de espaços necessários para as operações de desembarque (na atração) e embarque (na produção) referentes aos automóveis nas IEM estudadas estão reunidos na Tabela 9. O período crítico considerado nos cálculos é igual a 15 minutos para a IEM pública (IEM PU), e de 30 minutos para a IEM privada (IEM PR). O período total estudado foi de 60 minutos.

Observa-se que, para todo o período (60 minutos), tanto a IEM pública como a IEM privada necessitariam de 07 vagas. Já no período crítico (15 minutos mais carregado), a IEM pública demanda maior número de vagas. Não foi possível identificar, pela metodologia adotada, se este resultado é decorrente da disponibilidade de amplo estacionamento público em frente à IEM pública, e inexistente na IEM privada, possibilitando o comportamento de maior tempo de ocupação da vaga no período crítico para a instituição pública.

Tabela 9 - Vagas necessárias para o atendimento das operações de E/D de automóveis

Situação Considerada	Período de Referência	No. de vagas Necessárias	Tipo da instituição	
			IEM PU	IEM PR
Desembarque (Atração)	Período(s) crítico(s)	Valor médio	15	11
		Limite inferior	11	10
		Limite superior	20	12
	Período total estudado	Valor médio	7	6
		Limite inferior	5	5
		Limite superior	9	7
Embarque (Produção)	Período(s) crítico(s)	Valor médio	NC	11
		Limite inferior	NC	8
		Limite superior	NC	14
	Período total estudado	Valor médio	NC	7
		Limite inferior	NC	5
		Limite superior	NC	9

Obs: NC = Não foi calculado devido a limitações nos dados disponíveis; PU = Pública; PR = Privada

## 6 CONCLUSÕES

O impacto gerado pelas operações de embarque e desembarque (E/D) dos estudantes junto às IEMs brasileiras, nos horários de entrada e saída dos turnos, pode ser considerado o efeito adverso mais significativo decorrente da implantação deste tipo de PGV. Apesar de sua importância, as opera-

ções de E/D não tem sido suficientemente tratadas na literatura disponível.

Neste contexto, o presente estudo se propôs a abordar o tema de forma sistemática e exploratória. Sua contribuição está na definição e teste de um procedimento que permite a identificação dos

parâmetros necessários para a caracterização das operações de E/D e para o projeto de áreas junto a IEMs destinadas a atendê-las. São eles: tempo médio de desembarque, tempo médio de ocupação da vaga no desembarque, tempo médio de embarque e tempo médio de ocupação da vaga no embarque. Ele permite, também, a obtenção de elementos importantes para estudos de gerenciamento da mobilidade em IEMs, tais como a distribuição da origem dos usuários e o número médio de estudantes por automóvel. O procedimento foi elaborado para aplicação em IEMs específicas já implantadas.

O teste do procedimento proposto permitiu caracterizar o impacto das operações de E/D de forma comparativa entre duas IEMs em Brasília, de mesmo porte, uma pública e uma privada. Os resultados do estudo com relação ao número de locais necessários à realização das operações de E/D, sem comprometer a segurança dos usuários das IEMs nem a fluidez do tráfego adjacente, mostrou que as duas instituições devem prover este tipo de facilidade. Destaca-se que as operações de E/D são tanto mais curtas conforme aproximação temporal com o início e final de turno. No entanto, em termos globais, as dificuldades para a saída e retorno do veículo ao fluxo normal da via para acessar a instituição resultou em tempos de ocupação do espaço (vaga) maiores.

Uma vez que o teste do procedimento mostrou sua eficácia, acredita-se que sua aplicação a um número crescente de instituições permitirá que, no futuro, parâmetros médios globais para Brasília, e outras cidades brasileiras, sejam obtidos e possam ser utilizados na fase de análise de impacto

de projetos de novas IEMs. Pela peculiaridade do desenho urbano de Brasília, com baixas densidades populacionais e reserva de áreas públicas, os dados devem ser usados com cautela em situações com outro tipo de ocupação do solo.

## REFERÊNCIAS

BERTAZZO, A. B. S. (2008) *Estimativa e Avaliação do Padrão de Viagens Geradas para Instituições de Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, DF, 198p.

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (2000) *Polos Geradores de Tráfego II*. Boletim Técnico 36. São Paulo: CET, 2000.

FERREIRA, D. C. (2007) *Comparação do Padrão de Viagens em Escolas de Ensino Médio Pública e Privada: um estudo de caso*. Monografia de Projeto Final de Transportes. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília: UnB.

FHWA – U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORT FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2004) *Traffic Operations and safety at schools: recommended guidelines*. Disponível em: <http://d2dtl5nnlpfr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/4286-2.pdf>. Consultado em: 09/05/2013.

HIGGINS, K. B. (2009). *Retooling school drop-off/pick-up zones to meet demand*. Disponível em: [www.westernite.org/annualmeetings/sanfran10/papers/session%2009\\_Papers/ITE%20Paper\\_9C-Higgins.pdf](http://www.westernite.org/annualmeetings/sanfran10/papers/session%2009_Papers/ITE%20Paper_9C-Higgins.pdf). Consultado em: 09/05/2013.

PBIC – PEDESTRIAN AND BICYCLE INFORMATION CENTER. (2007) *Safe routes to school guide: student drop-off and pick-up*. Disponível em: [http://guide.saferoutesinfo.org/pdf/SRTS-Guide\\_Dropoff-Pickup.pdf](http://guide.saferoutesinfo.org/pdf/SRTS-Guide_Dropoff-Pickup.pdf). Consultado em: 09/05/2013.

PORTUGAL, L. S. (org.) (2012) *Polos Geradores de Viagens orientados à qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens*. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.