

## UMA ANÁLISE TEMPORAL DOS VALORES DO “TRIP GENERATION” PARA O USO DE SOLO HOSPITAL

**Sérgio Ramos Ramirez**  
**Licínio da Silva Portugal**

Programa de Engenharia de Transportes  
PET/COPPE/UFRJ

### RESUMO

A 10<sup>a</sup> edição do *Trip Generation* do *Institute of Transportation Engineers* (ITE), publicada em 2017, apresentou diversas modificações quanto ao tratamento dos dados para obtenção das taxas de viagens e dos modelos para geração de viagens. Através de uma análise temporal, para o uso de solo “Hospital” (*land use* n° 610), a partir da 7<sup>a</sup> edição publicada em 2003, pretende-se verificar se há uma tendência nos valores estatísticos e se foi assertiva as modificações introduzidas. Concluiu-se que as modificações foram para melhor devido ao aumento do valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos e da diminuição do desvio padrão em conjunto com o coeficiente de variação.

### ABSTRACT

The 10th edition of the *Trip Generation* of the *Institute of Transportation Engineers* (ITE), published in 2017, presented several modifications regarding the processing of the data to obtain the trip rates and the models of trip generation. Through a temporal analysis, for the land use "Hospital" (n° 610), from the 7th edition published in 2003, it is intended to check if there is a trend in the statistical values and if the changes introduced were assertive. It was concluded that the modifications were for the better due to the increase in the coefficient of determination ( $R^2$ ) of the models and the decrease in the standard deviation together with the coefficient of variation.

### PALAVRAS-CHAVE

Geração de viagens, ITE, hospital.

## 1 – INTRODUÇÃO

Há um reconhecimento entre os pesquisadores de que o trabalho desenvolvido pelo *Institute of Transportation Engineers* (ITE) exerce uma grande influência nos estudos de impactos no transporte e de seu planejamento, uma vez que é utilizado como referência por vários autores (Currans, 2017 e Andrade *et al.*, 2012). Na seleção inicial das fontes para este artigo foram encontrados 23 trabalhos, dentre os quais 7 eram estrangeiros, que fazem referência ao ITE. Um resultado do trabalho do ITE é a publicação chamada de *Trip Generation* (TG) que calcula taxas médias de viagens e desenvolve modelos de geração de viagens (GV). As viagens eram somente pelo modo de transporte individual motorizado, automóveis, para 162 tipos de usos de solo, tais como shoppings, supermercados e hospitais, até a nona edição (ITE, 2012).

A 10<sup>a</sup> edição do TG (ITE, 2017) apresentou modificações em relação às edições anteriores, tais como, a retirada dos estudos anteriores a 1980 da base de dados e a divisão em ambientes urbanos / suburbanos, rurais, áreas urbanas multiuso densas e centro de negócios da cidade (CBD). Essas modificações alteraram de maneira significativa os valores das taxas médias de

viagens e das estimativas médias de viagens dos modelos de GV em relação à edição anterior. O número de usos do solo foi ampliado para 176 e incluído os estudos das viagens de pessoas.

O objetivo deste artigo é fazer uma análise temporal dos valores estatísticos, em especial a taxa média de viagens e a estimativa do valor das quantidades de viagens, contidos na TG da 7<sup>a</sup> (2003) a 10<sup>a</sup> (2017) edição, relativos ao uso do solo hospital e verificar possíveis tendências e se as modificações introduzidas na última edição melhoram ou pioram os valores estatísticos em relação às edições anteriores.

A escolha das quatro últimas edições do TG se deve a sua referência nas fontes consultadas e por serem as publicações mais recentes, produzindo um espaço temporal de 14 anos. A escolha do uso do solo hospital se deve a sua importância no sistema de saúde, podendo ter um alcance metropolitano, a sua complexidade com vários serviços especializados e, segundo Raia Jr. *et al.* (2012), de haver poucos estudos de geração de viagens quando comparado com outros uso de solo tais como shopping centers e supermercados.

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O ITE coleta informações de viagens geradas, ou seja, atraídas e produzidas, pelo modo automóvel (auto), para diversos tipos de uso de solo por todo território dos Estados Unidos da América (EUA). Os dados são cedidos voluntariamente por diversas instituições, entre elas universidades, firmas de consultoria e agências governamentais. Após uma análise estatística o ITE determina, por variável independente escolhida, a taxa média de viagens e o desvio padrão, o modelo de GV, obtido através de uma regressão matemática, e o seu coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e plota os valores em um gráfico. A publicação que contém todo esse trabalho se chama *Trip Generation* (TG), sendo a primeira edição publicada em 1976.

A razão para o foco no auto está em que a maioria das viagens realizadas nos EUA é por este modo de transporte. No censo americano de 2000, a percentagem de viagens no modo auto variava de 83,9 a 96,6%, nas 32 maiores cidades americanas, fazendo a média de 91,7% (Mees, 2010). Na cidade do Rio de Janeiro, segundo o PDTU publicado em 2015, as viagens no modo auto representavam 10,6% do total. Outro índice que mostra essa razão é a taxa de motorização dos EUA, estando, em 2010, no valor de 789 veículos por cada 1000 habitantes, sendo uma das maiores do mundo (Mees, 2010). Nesta mesma época o Brasil estava com 339 veículos por cada 1000 habitantes (IBGE, 2010; DENATRAN, 2010).

Nesta última década muito tem se criticado o ITE por não levar em consideração os outros modos de transporte de viagem, o ambiente (rural ou centro de negócios), a densidade e a diversidade urbana, assim como sua base de dados agregar estudos com mais de 50 anos e haver muitos usos de solo (Clifton *et al.*, 2012; Bertazzo *et al.*, 2014, Ewing *et al.*, 2017; Currans, 2017). O ITE recomenda pelo menos cinco estudos por uso de solo, a fim de obter o modelo de GV, e que a base de dados seja atualizada, ou seja, seriam necessários, atualmente, 955 estudos com o custo mínimo de 2,1 milhões de dólares por atualização (Currans, 2017). O ITE resolveu

atender, em parte, as indicações dos pesquisadores e a última edição do TG apresentou as novidades já descritas.

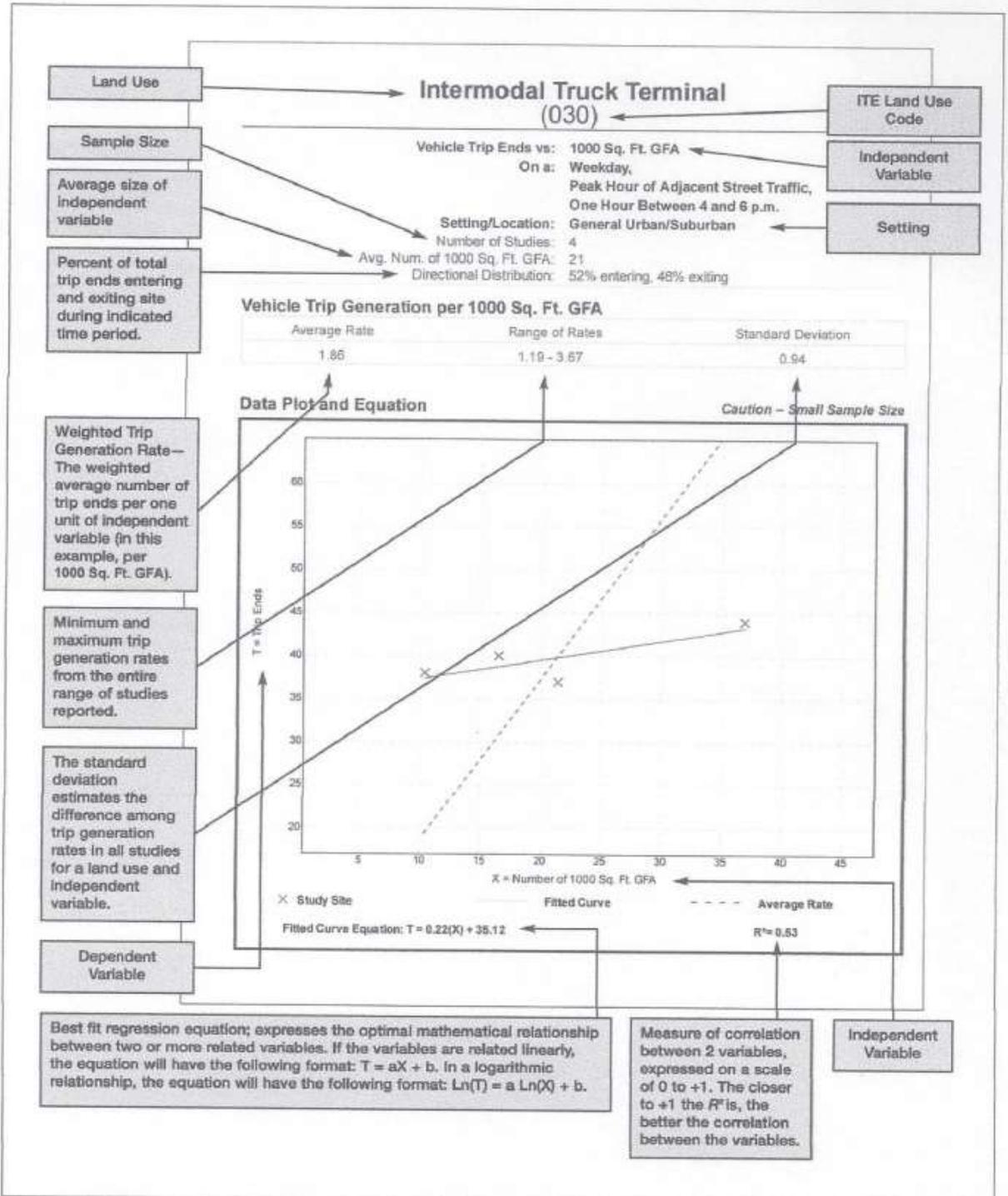
O TG apresenta os seus valores na forma da figura 01. Para cada tipo de ambiente e uso do solo há taxas e modelos de GV por variável independente e por dimensão temporal sendo eles: (i) dia da semana de segunda a sexta; (ii) dia da semana segunda a sexta na hora de pico da manhã e da tarde do polo gerador; (iii) dia da semana de segunda a sexta na hora de pico da manhã e da tarde na rua adjacente e (iv) no sábado e domingo diário e na hora de pico do polo gerador.

As informações contidas na página são: o tipo de uso do solo, no exemplo “Terminal intermodal de carga”; o número de referência do ITE para o uso do solo, neste caso “030”; a variável independente, neste caso “Área Total Construída (ATC) em 1000 ft<sup>2</sup>”; a dimensão temporal, no exemplo “dia da semana útil de segunda a sexta/ hora de pico, entre 14 e 16h, na rua adjacente”; a dimensão espacial (ambiente), neste caso “Urbano geral / Suburbano”; o tamanho da amostra (número de estudos), no exemplo quatro (4); a média dos valores da variável independente, no exemplo 21.000 pés quadrados (ft<sup>2</sup>); a distribuição das viagens quanto a direção (atraídas e produzidas), neste caso 52% entrando (atraídas) e 48% saindo (produzidas); a “taxa média” que é razão da soma de todas as viagens pela soma de todos os valores da variáveis independentes coletadas, sendo o valor do exemplo 1,86 veículos por 1000 ft<sup>2</sup>; a “variação da taxa de veículos” por variável independente, no exemplo a variação é de 1,19 a 3,67; o “desvio padrão” ( $\sigma$ ), neste caso o valor é de 0,94; um gráfico com a plotagem dos resultados do estudo, da linearização do valor da taxa média e do modelo de regressão, sendo no eixo Y o valor das viagens geradas (variável dependente) e no eixo X os valores das variáveis independentes, neste caso “ATC por 1000 ft<sup>2</sup>”; a “equação do modelo” obtida pela regressão matemática, podendo ser de uma ou duas variáveis, linear ou logarítmica; e o valor do “coeficiente de determinação” ( $R^2$ ) que representa o quanto o modelo consegue explicar o fenômeno, no caso o  $R^2 = 0,63$ , ou seja, o modelo explica 63% dos valores observados. Na equação de regressão apresentada a variável dependente (T) é o valor médio de viagens geradas no modo de transporte auto para um valor específico da variável independente, neste caso ATC. Os valores da “taxa média” e de “T” é de acordo com a dimensão temporal, neste caso hora de pico da tarde (PM) durante a semana (de segunda a sexta).

O TG define “Hospital” como a instituição onde pacientes, ambulatoriais ou não, recebem cuidados médicos e cirúrgicos e acomodações para passar a noite são providenciadas.

O TG alerta para não usar as taxas e os modelos de regressão informados para extrapolar além dos limites dos dados pesquisados. Os limites são obtidos do gráfico no qual são plotados os valores dos dados (nº de viagens geradas x valores da variável independente) para cada tipo de dia / hora de pico. Essa recomendação também é feita pelos estatísticos quanto do uso de um modelo de regressão.

Figure 5.1 Sample Data Page in Trip Generation Manual



Source: Trip Generation Manual, 10th Edition, Institute of Transportation Engineers, Washington, DC, 2017.

Figura 01: Apresentação dos dados pelo Trip Generation  
Fonte: Trip Generation (ITE, 2017)

O método recomendado pelo ITE para obter os dados consiste em fazer uma contagem manual e/ou mecânica na entrada do estacionamento do empreendimento durante uma semana típica e determinar os valores de viagens médios do dia e o da hora de pico por turno do dia, conforme a dimensão temporal já explicitada; e obter as características do empreendimento, sendo para hospitais: 1) número total de funcionários (NF), sendo este a soma dos trabalhadores contratados ou lotados diretamente pelo ou no hospital e os terceirizados, não importando se trabalha por turno ou em meio período; 2) área total construída (ATC); soma de todas as áreas com piso e pé direito mínimo de 1,98 m não importando o uso; e 3) o número total de leitos (NL). No caso do ATC o valor apresentado é em 1000 pés quadrados (1000 ft<sup>2</sup>), o que equivale a, aproximadamente, 93 m<sup>2</sup>. Para a viagem de pessoas a contagem é manual na entrada do estabelecimento e no estacionamento, podendo ou não ser complementado por questionários.

### 3 – INFORMAÇÕES A SEREM ANALISADAS

Das informações contidas nas páginas do TG, edições 7<sup>a</sup> (ITE, 2003 *apud* Gontijo, 2014), 8<sup>a</sup> (ITE, 2008), 9<sup>a</sup> (ITE, 2012) e 10<sup>a</sup> (ITE, 2017), para o uso do solo hospital, foram selecionados para realização desta pesquisa a “Taxa Média”, a estimativa viagens geradas “T”, o “Número de Estudos”, a “Média”, o “ $\sigma$ ”, e o “R<sup>2</sup>”, por serem os mais representativos.

Foi produzida uma tabela para cada variável independente (tabelas 01, 02 e 03) com as informações escolhidas, para cada tipo de “dia / hora de pico”, a dimensão temporal, por edição, com o objetivo de proceder a análise. Foi calculada e inserida nas tabelas as estimativas de “T” para um valor hipotético de NF = 900, ATC = 500x 10<sup>3</sup> ft<sup>2</sup> e NL = 500 (valores de “X”). Os valores de “T” estão na última coluna da tabela criada. Os valores de “X” escolhidos foram para facilitar os cálculos e estarem próximos da “média”, portanto dentro do intervalo de valores dos dados coletados.

Calculou-se o “coeficiente de variação” (CV) com o objetivo de estudar a variabilidade dos dados das variáveis independentes e poder analisa-los comparativamente.

Foram retiradas da análise as informações referentes ao “sábado” e “domingo” desta pesquisa, pois na 10<sup>a</sup> edição não foi apresentado o modelo de regressão. Esse mesmo fato aconteceu nas edições anteriores para o “sábado”. Isso acontece quando o R<sup>2</sup> é menor que 0,5, ou o número de estudos é menor ou igual a 4 ou quando o número de viagens não cresce quando o valor da variável independente aumenta, sendo estas as condições que o ITE impõe para fazer a regressão.

#### 4 – ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo apresenta as tabelas elaboradas, conforme explicitado no capítulo anterior, e a análise das tendências observadas em relação aos dados escolhidos.

**Tabela 01:** Valores estatísticos do TG organizado por edição e por “dia / hora de pico” para variável independente NL.

Edição	Dia Tipo de pico	Nº de estudos	Média NL	Taxa média	Desvio padrão	Coef. de variação	Modelo de regressão	R <sup>2</sup>	X = 900 T
7ª	útil <sup>1</sup>	19	896	5,20	2,90	0,56	T = 4,40 (X) + 711,46	0,77	4.671,46
8ª	útil <sup>1</sup>	19	896	5,20	2,90	0,56	T = 4,40 (X) + 711,46	0,77	4.671,46
9ª	útil <sup>1</sup>	21	1.137	4,50	2,83	0,63	Ln(T) = 0,73 Ln (X) + 3,44	0,79	4.472,70
10ª	útil <sup>1</sup>	8	1.280	3,79	2,20	0,58	Ln(T) = 0,74 Ln (X) + 3,29	0,88	4.120,67
7ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	9	1.328	0,34	0,61	1,79	T = 0,32 (X) + 35,15	0,77	323,15
8ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	10	1.264	0,33	0,60	1,82	T = 0,32 (X) + 13,90	0,78	301,90
9ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	12	1.625	0,31	0,57	1,84	T = 0,26 (X) + 78,00	0,77	312,00
10ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	17	2.450	0,27	0,10	0,37	T = 0,22 (X) + 123,99	0,96	321,99
7ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	8	1.419	0,33	0,61	1,85	T = 0,28 (X) + 75,75	0,69	327,75
8ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	9	1.338	0,33	0,60	1,82	T = 0,29 (X) + 50,13	0,71	311,13
9ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	11	1.718	0,29	0,56	1,93	Ln(T) = 0,83 Ln (X)	0,67	283,15
10ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	14	2.443	0,28	0,13	0,46	T = 0,20 (X) + 84,69	0,96	264,69
7ª	útil / MPG <sup>3</sup>	8	1.216	0,39	0,64	1,64	T = 0,33 (X) + 66,57	0,83	363,57
8ª	útil / MPG <sup>3</sup>	8	1.216	0,39	0,64	1,64	T = 0,33 (X) + 66,57	0,83	363,57
9ª	útil / MPG <sup>3</sup>	10	1.659	0,34	0,59	1,74	T = 0,26 (X) + 131,55	0,81	365,55
10ª	útil / MPG <sup>3</sup>	14	2.558	0,28	0,11	0,39	T = 0,22 (X) + 152,10	0,96	350,10
7ª	útil / TPG <sup>4</sup>	15	885	0,47	0,72	1,53	T = 0,36 (X) + 97,41	0,73	421,41
8ª	útil / TPG <sup>4</sup>	16	873	0,46	0,72	1,57	T = 0,37 (X) + 83,93	0,72	416,93
9ª	útil / TPG <sup>4</sup>	18	1.157	0,41	0,67	1,63	T = 0,29 (X) + 132,74	0,76	393,74
10ª	útil / TPG <sup>4</sup>	15	2.433	0,30	0,15	0,50	T = 0,24 (X) + 135,86	0,97	351,86

**Legenda:** (T) = Viagens totais médias veiculares; (X) = variável independente; (1) Dia útil = de segunda a sexta; (2) Hora-pico do trânsito na rua adjacente (manhã e tarde); (3) Hora-pico da manhã no polo gerador (4) Hora-pico da tarde no polo gerador;

**Fonte:** tabela elaborada pelo autor.

No caso da variável NL, os valores da tabela 01 indicaram uma tendência média de: (i) 54% de aumento do “Número de estudos”, exceto na 10ª edição “dia útil” e “útil TPG” que diminuiu em relação à 9ª; (ii) 97% de aumento dos valores da “média de leitões”; (iii) 25% de diminuição dos valores da “Taxa média”; (iv) o mesmo acontecendo para os valores do “σ” em 70%; (v) diminuição do valor do CV em 59%, mas a sua tendência, até a 9ª edição, era de aumento em todas as dimensões temporais; (vi) aumento nos valores de R<sup>2</sup> de 25% ; (vii) diminuição nos valores das estimativas de viagens (variável dependente = T) de 10% , exceto para os valores do dia útil TRA (7-9) que apresentaram uma tendência de aumento, a partir da 8ª edição, de 7%.

**Tabela 02:** Valores estatísticos do TG organizados por edição e por “dia / hora de pico” para variável independente ATC.

Edição	Dia Tipo de pico	Nº de estudo s	Média de ATC (10 <sup>3</sup> ft <sup>2</sup> )	Taxa média	Desvio padrão	Coef. De variação	Modelo de regressão	R <sup>2</sup>	X = 500
									T
7ª	útil <sup>1</sup>	14	292	17,57	11,93	0,68	T = 10,01 (X) + 2.209,31	0,84	7.214,31
8ª	útil <sup>1</sup>	15	344	16,50	10,94	0,66	T = 10,13 (X) + 2.191,79	0,88	7.256,79
9ª	útil <sup>1</sup>	17	463	13,22	10,09	0,76	T = 6,91 (X) + 2.923,63	0,73	6.378,63
10ª	útil <sup>1</sup>	8	563	10,72	10,34	0,96	T = 5,88 (X) + 2.723,73	0,67	5.663,73
7ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	7	505	1,20	1,36	1,13	T = 0,91 (X) + 145,24	0,68	600,24
8ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	9	525	1,12	1,27	1,13	T = 0,87 (X) + 132,15	0,72	567,15
9ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	13	599	0,95	1,15	1,21	Ln(T) = 0,66 Ln (X) + 2,11	0,71	498,52
10ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	20	820	0,89	0,50	0,56	T = 0,74 (X) + 126,36	0,86	496,36
7ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	7	505	1,18	1,50	1,27	T = 0,71 (X) + 233,89	0,58	588,89
8ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	9	525	1,14	1,39	1,22	T = 0,78 (X) + 186,59	0,70	576,59
9ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	13	599	0,93	1,23	1,32	Ln(T) = 0,64 Ln (X) + 2,22	0,64	491,44
10ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	19	733	0,97	0,60	0,62	T = 0,84 (X) + 100,56	0,88	520,56
7ª	útil / MPG <sup>3</sup>	5	341	1,47	1,63	1,11	T = 1,0 (X) + 160,90	0,78	660,90
8ª	útil / MPG <sup>3</sup>	6	462	1,25	1,43	1,14	T = 0,83 (X) + 193,50	0,77	608,50
9ª	útil / MPG <sup>3</sup>	8	686	0,96	1,21	1,26	T = 0,53 (X) + 292,01	0,68	557,01
10ª	útil / MPG <sup>3</sup>	14	885	0,85	0,54	0,64	T = 0,74 (X) + 98,37	0,90	468,37
7ª	útil / TPG <sup>4</sup>	9	295	1,61	1,83	1,14	T = 0,77 (X) + 249,13	0,53	634,13
8ª	útil / TPG <sup>4</sup>	11	349	1,46	1,65	1,13	T = 0,85 (X) + 213,52	0,71	638,52
9ª	útil / TPG <sup>4</sup>	13	505	1,16	1,42	1,22	T = 0,61 (X) + 274,53	0,72	579,53
10ª	útil / TPG <sup>4</sup>	17	843	0,97	0,65	0,67	T = 0,83 (X) + 118,28	0,91	533,28

**Fonte:** tabela elaborada pelo autor.

No caso da variável ATC, os valores indicaram uma tendência média de (i) 120% de aumento do “número de estudos”, exceto para o “dia útil” na 10ª edição; (ii) 109 % de aumento dos valores da “Média de ATC”; (iii) 33% de diminuição dos valores da “Taxa média”; (iv) o mesmo acontece com os valores do “σ” de 54%; (v) diminuição em 29% do valor do CV, contudo a sua tendência, até a 9ª edição, era de aumento em todas as dimensões temporais; (vi) aumento dos valores de R<sup>2</sup> de 29%; (vii) diminuição nos valores das estimativas de viagens (variável dependente = T) de 19% de, exceto para o valor da 10ª edição do dia útil TRA (16-18) que aumentou em relação ao valor da 9ª.

**Tabela 03:** Valores estatísticos do TG organizado por edição e por “dia/tipo de pico horário” para variável independente NL.

Edição	Dia Tipo de pico	Nº de estudos	Média de NL	Taxa média	Desvio padrão	Coef. de variação	Modelo de regressão	R <sup>2</sup>	X = 500 T
7ª	útil <sup>1</sup>	20	396	11,81	7,08	0,60	T = 7,42 (X) + 1.733,31	0,69	5.443,31
8ª	útil <sup>1</sup>	20	396	11,81	7,08	0,60	T = 7,42 (X) + 1.733,31	0,69	5.443,31
9ª	útil <sup>1</sup>	22	395	12,94	9,07	0,70	T = 7,33 (X) + 2.213,85	0,58	5.878,85
10ª	útil <sup>1</sup>	4	309	22,32	14,98	0,67	T = 12,30 (X) + 3.096,68	0,53	9.246,58
7ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	9	439	1,14	1,15	1,01	T = 1,33 (X) - 80,91	0,71	584,09
8ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	9	439	1,14	1,15	1,01	T = 1,33 (X) - 80,91	0,71	584,09
9ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	11	430	1,32	1,43	1,08	-	-	-
10ª	útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	9	516	1,84	1,01	0,55	T = 1,77 (X) + 36,61	0,88	921,61
7ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	9	439	1,31	1,24	0,95	T = 1,36 (X) - 21,17	0,66	658,83
8ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	9	439	1,31	1,24	0,95	T = 1,36 (X) - 21,17	0,66	658,83
9ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	11	430	1,42	1,44	1,01	-	-	-
10ª	útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	7	553	1,89	0,92	0,49	T = 2,08 (X) - 104,00	0,91	1.144,00
7ª	útil / MPG <sup>3</sup>	7	480	1,24	1,20	0,97	Ln(T) = 1,15 Ln (X) - 0,76	0,69	593,95
8ª	útil / MPG <sup>3</sup>	7	480	1,24	1,20	0,97	Ln(T) = 1,15 Ln (X) - 0,76	0,69	593,95
9ª	útil / MPG <sup>3</sup>	9	460	1,45	1,49	1,03	-	-	-
10ª	útil / MPG <sup>3</sup>	8	495	1,89	1,11	0,59	T = 1,80 (X) + 40,06	0,89	940,06
7ª	útil / TPG <sup>4</sup>	15	321	1,45	1,31	0,90	Ln(T) = 0,89 Ln (X) + 0,93	0,72	639,70
8ª	útil / TPG <sup>4</sup>	15	321	1,45	1,31	0,90	Ln(T) = 0,89 Ln (X) + 0,93	0,72	639,70
9ª	útil / TPG <sup>4</sup>	17	329	1,60	1,52	0,95	Ln(T) = 0,82 Ln (X) + 1,43	0,58	682,65
10ª	útil / TPG <sup>4</sup>	11	470	2,09	0,96	0,46	T = 2,01 (X) + 40,98	0,91	1045,98

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

No caso da variável NL, a análise ficou prejudicada, pois a nona edição não publicou os valores de três, dos cinco modelos de regressão. Soma-se a este fato que a maioria dos valores teve alguma restrição.

O “Número de estudos” indicou uma tendência média de 19% de aumento até a 9ª edição; uma tendência de 23 % de aumento dos valores da “Média de leitões”, exceto para os valores do “dia útil” e da 9ª edição; uma tendência média de 58% de aumento dos valores da “Taxa média”, uma tendência média de 18% de diminuição dos valores “σ”, exceto para os valores do “dia útil” e da 9ª edição. O valor do CV, na média, diminuiu em 34%, mas a sua tendência, até a 9ª edição, era de aumento em todas as dimensões temporais. Os valores de “R<sup>2</sup>” mostram uma tendência média de 29% de aumento, exceto para os valores do “dia útil” e da 9ª edição; e os valores da variável dependente (T), obtida com o modelo de regressão, há uma tendência média de 65% de aumento, exceto para o “dia útil/TPG” que apresentou uma tendência de 7% de aumento até a 9ª edição.

## 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

A tabela 04 traz as tendências, de aumento ou de diminuição, dos dados e resultados escolhidos por este estudo, e suas percentagens médias, considerando os cinco tipos de dimensão temporal, da 7ª para a 10ª edição do TG. A seta (↑) indica a tendência de aumento e a seta (↓) indica a tendência de diminuição.

**Tabela 04:** Tendências da 7ª para a 10ª edição do TG.

	NF	ATC	NL
<b>Nº de estudos</b>	↑ 54 %	↑ 120 %	↑ 19 %
<b>Média de "X"</b>	↑ 97 %	↑ 109 %	↑ 23 %
<b>Taxa média</b>	↓ 25 %	↓ 33 %	↑ 58 %
<b><math>\sigma</math></b>	↓ 70 %	↓ 54 %	↓ 18 %
<b>Coef. de variação</b>	↓ 59 %	↓ 29 %	↓ 34 %
<b>R<sup>2</sup></b>	↑ 25 %	↑ 29 %	↑ 29 %
<b>T</b>	↓ 10 %	↓ 19 %	↑ 65%

Fonte: elaborado pelo autor.

As variáveis independentes NF e ATC apresentaram o mesmo comportamento quanto ao aumento ou diminuição na média dos dados e resultados escolhidos, no decorrer das quatro edições. Os valores da variável NL, mesmo com restrições, só inverteram o gradiente, em relação aos valores das variáveis NF e ATC, na “taxa média” e no valor de “T”.

A tabela 05 apresenta os valores médios de R<sup>2</sup> por dimensão temporal para as edições estudadas excluía a 10ª, calculados a partir das tabelas 1, 2 e 3, por variável independente. A tabela 06 traz os valores médios de R<sup>2</sup> da 10ª edição, com o intuito de verificar qual modelo de regressão melhor representa o fenômeno.

**Tabela 05:** Valores médios de R<sup>2</sup> das edições 7ª, 8ª e 9ª.

	NF	ATC	NL
útil <sup>1</sup>	0,80	0,78	0,62
útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	0,82	0,74	0,77
útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	0,76	0,70	0,74
útil / MPG <sup>3</sup>	0,86	0,78	0,76
útil / TPG <sup>4</sup>	0,79	0,72	0,73
<b>média</b>	<b>0,81</b>	<b>0,74</b>	<b>0,72</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

**Tabela 06:** Valores médios de  $R^2$  da 10ª edição

	<b>NF</b>	<b>ATC</b>	<b>NL</b>
útil <sup>1</sup>	0,88	0,67	0,53
útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	0,96	0,86	0,88
útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	0,96	0,88	0,91
útil / MPG <sup>3</sup>	0,96	0,90	0,89
útil / TPG <sup>4</sup>	0,96	0,91	0,91
<b>média</b>	<b>0,94</b>	<b>0,84</b>	<b>0,82</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

As tabelas 7 e 8 a seguir trazem o quanto aumentou ou diminuiu os valores de  $R^2$ , em porcentagem, por variável independente e por dimensão temporal, respectivamente, entre a 7ª e a 9ª e entre a 9ª e a 10ª. Quando a taxa é negativa (em itálico) indica a diminuição do valor. A razão de sua confecção é verificar o que acontece com o  $R^2$  após as modificações na base de dados da 10ª edição.

**Tabela 07:** Variação, em porcentagem, dos valores de  $R^2$  entre a 7ª e 9ª.

	<b>NF</b>	<b>ATC</b>	<b>NL</b>
útil <sup>1</sup>	3%	<i>-13%</i>	<i>-16%</i>
útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	0%	4%	0%
útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	<i>-3%</i>	10%	0%
útil / MPG <sup>3</sup>	<i>-2%</i>	<i>-13%</i>	0%
útil / TPG <sup>4</sup>	4%	36%	<i>-19%</i>
<b>média</b>	<b>0%</b>	<b>5%</b>	<b><i>-18%</i></b>

Fonte: elaborado pelo autor.

**Tabela 08:** Variação, em porcentagem, dos valores de  $R^2$  entre a 9ª e 10ª.

	<b>NF</b>	<b>ATC</b>	<b>NL</b>
Útil; <sup>1</sup>	11%	<i>-8%</i>	<i>-9%</i>
útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	25%	21%	24%
útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	43%	38%	28%
útil / MPG <sup>3</sup>	19%	32%	39%
útil / TPG <sup>4</sup>	26%	26%	57%
<b>média</b>	<b>25%</b>	<b>22%</b>	<b>28%</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

As tabelas 09 e 10 informam o quanto aumentou ou diminuiu os valores do “ $\sigma$ ”, em porcentagem, por variável independente e por dimensão temporal, respectivamente, entre a 7ª e a 9ª e entre a 9ª e a 10ª. Quando a taxa é negativa (em itálico) indica a diminuição do valor. A razão de sua confecção é verificar qual a variação média do “ $\sigma$ ” entre as edições do TG.

**Tabela 09:** Diferença em percentagem dos valores do “ $\sigma$ ” entre a 7ª e a 9ª edição.

	<b>NF</b>	<b>ATC</b>	<b>NL</b>
útil <sup>1</sup>	-2%	-15%	28%
útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	-7%	-15%	24%
útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	-8%	-18%	16%
útil / MPG <sup>3</sup>	-8%	-26%	24%
útil / TPG <sup>4</sup>	-7%	-22%	16%
<b>média</b>	<b>-6%</b>	<b>-19%</b>	<b>22%</b>

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

**Tabela 10:** Variação em percentagem dos valores do “ $\sigma$ ” entre a 9ª e 10ª edição.

	<b>Empregos</b>	<b>ATC</b>	<b>Leitos</b>
útil <sup>1</sup>	-22%	2%	65%
útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	-82%	-57%	-29%
útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	-77%	-51%	-36%
útil / MPG <sup>3</sup>	-81%	-55%	-26%
útil / TPG <sup>4</sup>	-79%	-54%	-37%
<b>média</b>	<b>-68%</b>	<b>-43%</b>	<b>-13%</b>

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

As tabelas 11, 12 e 13 trazem a variação dos valores do “CV” em percentagem, a fim de poder comparar a variação do “ $\sigma$ ” entre as três variáveis independentes, por variável independente e por dimensão temporal, respectivamente, entre a 7ª e a 9ª, entre a 9ª e a 10ª, e a 10ª.

**Tabela 11:** Variação em percentagem dos valores do “CV” entre a 7ª e a 9ª edição

	<b>NF</b>	<b>ATC</b>	<b>NL</b>
útil <sup>1</sup>	13%	12%	17%
útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	2%	7%	7%
útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	4%	4%	7%
útil / MPG <sup>3</sup>	6%	14%	6%
útil / TPG <sup>4</sup>	7%	8%	5%
<b>média</b>	<b>6%</b>	<b>9%</b>	<b>8%</b>

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

**Tabela 12:** Variação em percentagem dos valores do “CV” entre a 9ª e 10ª edição.

	NF	ATC	NL
útil <sup>1</sup>	-8%	26%	-4%
útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	-80%	-54%	-49%
útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	-76%	-53%	-52%
útil / MPG <sup>3</sup>	-77%	-50%	-43%
útil / TPG <sup>4</sup>	-69%	-45%	-52%
<b>média</b>	<b>-62%</b>	<b>-35%</b>	<b>-40%</b>

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

**Tabela 13:** Valores do “CV” da 10ª edição

	Empregos	ATC	Leitos
útil <sup>1</sup>	58%	96%	67%
útil / TRA <sup>2</sup> (7-9)	37%	56%	55%
útil / TRA <sup>2</sup> (16-18)	46%	62%	49%
útil / MPG <sup>3</sup>	40%	64%	59%
útil / TPG <sup>4</sup>	50%	67%	46%
<b>média</b>	<b>46%</b>	<b>69%</b>	<b>55%</b>

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

## 6 – CONCLUSÃO

Verifica-se na tabela 4 a tendência de aumento dos valores médios de R<sup>2</sup> para todas as variáveis independentes, ou seja, o modelo de regressão está cada vez mais representativo dos dados, o que se acentua na 10ª edição, como indicam as tabelas 5 e 6.

Ainda nas tabelas 5 e 6, a variável NF teve o melhor desempenho, de acordo com os valores de R<sup>2</sup>. Isso indica que seu modelo de regressão deveria ter a preferência no uso para o cálculo de T, considerando este critério. Ressalta-se também que a variável independente NF é a que apresenta a menor variabilidade dos dados em comparação com as outras, segundo os valores observados nas tabelas 11, 12 e 13, corroborando com a recomendação do uso de seus modelos de regressão.

Por outro lado, os R<sup>2</sup> das outras duas variáveis – ATC e NL – apesar de relativamente menores, apresentam valores que atendem as exigências para seu uso, permitindo que a escolha dependa fundamentalmente da disponibilidade de dados.

De acordo com a tabela 04, para todas as variáveis independentes, há uma tendência de diminuição do “σ”, o que indica que os dados estão cada vez mais próximos da média. Entretanto os valores da tabela 11 mostram que, até a 9ª edição, o “CV” estava aumentando, o que indica uma maior variabilidade das amostras.

Nas tabelas 10 e 12 é possível observar que tanto o “ $\sigma$ ” quanto o “CV” diminuem, em percentagens expressivas, da 9ª para a 10ª edição. Essa análise indica que a retirada dos dados mais antigos e a divisão por ambiente foram assertivas para o tratamento dos dados da 10ª edição. Essa conclusão é confirmada quando da análise das tabelas 07 e 08, pois as percentagens de aumento do  $R^2$ , entre a 9ª e a 10ª edição do TG, são superiores às edições anteriores.

Ao olhar a tabela 04, em especial, o exercício da obtenção dos valores de “T”, através da equação gerada pela regressão, para a variável NF e ATC, identifica-se a diminuição dos valores, sendo observado a mesma situação para a “Taxa média”, ou seja, os estudos de impacto viário e o dimensionamento de estacionamentos, feitos a 14 anos atrás, estão no mínimo 10% maiores que os de hoje em dia.

A pesquisa deste artigo está limitada a análise dos dados escolhidos e a somente um dos 176 tipos de uso de solo da atual edição do TG. Como direção para uma nova pesquisa poderia verificar se as mesmas tendências acontecem para os outros tipos de uso de solo. Outra direção seria verificar como se comporta os modelos de geração de viagens desenvolvidos para hospitais brasileiros, principalmente os da CET-SP e BHtrans, em comparação aos novos modelos da 10ª edição.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio do CNPq e à Rede Ibero-americana de Estudo em Polos Geradores de Viagens (<http://redpgv.coppe.ufrj.br>).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E.P.; PORTUGAL, L.S. “Geração de Viagens em PGVs”, In: *Polos Geradores de Viagens orientados à Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens*, 1ª Ed., Cap. 4, pp. 105-133. ISBN 978-85-7193-305-7. Editora Interciência. Rio de Janeiro. Brasil, 2012.

BERTAZZO, Ângela B.S.; Jacques, Maria A. P.; Galarraga, Jorge. e Herz, Marcelo. (2014) *Análise da evolução das taxas de geração de viagens publicadas pelo ITE para estabelecimentos de ensino*. Journal of Transport Literature (JTL) – Vol. 08, nº 3, pgs 139-171.

CLIFTON, Kelly; Currans, Kristina M. e Muhs, Christopher D. (2012) *Evolving the Institute for Transportation Engineers’ Trip Generation Handbook: A Proposal for Collecting Multi-modal, Multi-context, Establishment-level Data*. Transportation Research Board (TRB), 91 th Annual Meeting - Washington, D.C. – EUA.

CURRANS, Kristina M. (2017) *Issues in trip generation methods for transportation impact estimation of land use development: a review and discussion of the state-of-the-art approaches*. Transportation Research Board (TRB), 96 th. Annual Meeting - Washington, D.C. – EUA.

DENATRAN (2010) *Frota de veículos do Brasil por RENAVAM – dezembro de 2010* – consulta no site “[www.denatran.gov.br/estatistica](http://www.denatran.gov.br/estatistica)” em 20/05/2018.

GONTIJO, Geisa A. S. (2014) *Modelos e taxas de atrações de viagens a PGVs-hospitais públicos localizados em cidades de médio porte do interior do estado de São Paulo*. Tese de doutorado – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

IBGE (2010) *Censo*. consulta no site “[www.censo2010.ibge.gov.br](http://www.censo2010.ibge.gov.br)” em 20/05/2018

ITE (2008) *Trip generation manual 8th*. Institute of Transportation Engineers. Washington D.C., EUA.

ITE (2012) *Trip generation manual 9th*. Institute of Transportation Engineers. Washington D.C., EUA.

ITE (2017) *Trip generation manual 10th*. Institute of Transportation Engineers. Washington D.C., EUA.

MEES, P. (2010) *Transport for suburbia: Beyond the automobile age*. Earthscan, Londres – UK.

PDTU (2015) *Plano Diretor de Transporte Urbano da região metropolitana do estado do Rio de Janeiro*. Governo estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PORTUGAL, Licinio. da S. *et al.* (2012) *Polos geradores de viagens orientados a qualidade de vida ambiental: modelo e taxas de geração de viagens*. Interciência, Rio de Janeiro – RJ.

RAIA J., A.A.; GALARRAGA, J.; ALBRIEU, M.L.; *et. al.* “Hospitais e Estabelecimentos de Saúde”, In: *Polos geradores de viagens orientados à qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens*, 1ª Ed, Cap.11, pp. 321-370. Editora Interciência. ISBN 978-85-7193-305-7. Rio de Janeiro, Brasil. 2012.

EWING, Reid; Tian, Guang; Lyons, Torrey e Terzano, Kathryn (2017) *Trip and parking generation at transit-oriented developments: Five US case studies*. Landscape e Urban Planning – Vol. 160, pgs. 69-78