

# ESTIMAÇÃO DE MEDIDA DE LOCAÇÃO CENTRAL ROBUSTA FUZZY PARA CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS EM VIA URBANA

**Anna Beatriz Espíndola de Oliveira**

annabespindola@gmail.com

**Regina Serrão Lanzillotti**

reginalanzillotti@terra.com.br

Instituto de Matemática e Estatística,

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524,

Pavilhão Reitor João Lyra Filho, 6º andar

**Resumo:** O volume de tráfego urbano tem ocasionado congestionamentos. Esta proposta avalia uma medida locacional robusta mediante o uso de método iterativo Fuzzy que traduz a Contagem Volumétrica de Veículos – CVV em pertinências, ponderadores da média fuzzy, avaliadas pela Norma da Distancia Euclidiana. O método foi operacionalizado com as CVVs padronizadas. O cálculo da medida locacional robusta fuzzy deverá minimizar a variabilidade sem exclusão dos outliers. A adequabilidade da robustez desta média é aferida pela função critério, que deve ser minimizada em iterações, atingindo valor inferior daquela correspondente a iteração anterior. A aplicação foi realizada para intervalos horários da CVV para seis dias da semana, de Segunda-feira a Sábado para fluxo de tráfego do Aterro do Flamengo – RJ. O método priorizou a obtenção de uma medida locacional robusta e também contribuiu para avaliar a sazonalidade inerente ao comportamento de vias consideradas a níveis de saturamento. A Terça-Feira foi o dia de tráfego mais intenso, seguida da Sexta-feira e do Sábado. Os picos horários corresponderam: de Segunda-feira a Quinta-feira, 18:00h às 18:59h; Sexta-feira e Sábado, de 03:00h até 03:59h e de 4:00h às 4:59h, respectivamente. O método fuzzy permitiu obter uma média robusta isenta da influencia dos valores extremos.

**Palavras-chave:** Medida de locação central Fuzzy; Estimação Robusta; Função Critério

**Abstract:** The volume of urban traffic has caused congestion. This work evaluates a fuzzy robust estimation of central location by using iterative method fuzzy that translates the Count Volumetric of Vehicles - VVC in pertinence by fuzzy weighted average measured by the Euclidian distance norm. The method was operationalized by using standardized CVVs. The calculation of robust central location was measured with the minimization of variability without exclusion of outliers. The adequacy of the robustness of this mean is obtained by the criterion function, which must be minimized in iterations reaching a value below of the previous iteration. The application was made for the CVV hourly intervals for six days a week, from Monday to Saturday, for Aterro do Flamengo - RJ traffic flow. The method prioritized to obtain a robust central location and contributed to determine the seasonality inherent in the behavior of the process at levels considered saturated. The Tuesday was the peak flow traffic day, followed by Friday and Saturday. The hour peak flows corresponded: Monday to Thursday, 06:00 pm to 06:59 pm; Friday and Saturday from 03:00 am until 03:59 am and from 04:00 am to 04:59 am, respectively. Fuzzy method allowed to obtain a robust central location free of the influence of extreme values.

**Keywords:** Central Location; Robsut Estimation; Criterion Function

## Introdução

A proposta é utilizar a Lógica Fuzzy para estabelecer padrões de tráfego que facilitará a determinação dos tempos para o faseamento do semáforo de acordo com entendimentos com o engenheiro de tráfego da CET-RIO, que sugeriu que fosse feita a aplicação do método Fuzzy através de contagem volumétrica de veículos na Av. Infante Dom Henrique (Aterro do Flamengo).

Os semáforos podem controlar redes de tráfego de forma fixa ou atuado pelo tráfego, sendo que a vantagem deste último em relação ao primeiro é que ele se adapta às condições reais do tráfego, alteradas ao longo do tempo pela variação da demanda, sendo útil para o controle de interseções onde a variações é freqüente e difícil de representar em múltiplos planos por tempo fixo. Acresce que elimina a necessidade de atualizações freqüentes dos planos semaforicos, mediante extensiva coleta e tratamento de dados de campo, requeridas para assegurar um controle por tempo fixo eficaz. (JÚNIOR, 2009).

Para que se possa garantir um trânsito em condições seguras, há que se pensar na organização de uma sinalização eficiente, destacando-se entre eles os semáforos, que são dispositivos de controle de tráfego, os quais têm a função de alternarem o direito de passagem aos veículos e pedestres de duas ou mais vias que se cruzam em nível, liberando a passagem simultânea de movimentos compatíveis aqueles que não são conflitantes, ao mesmo tempo em que retém os demais movimentos. Nas vias em que existem semáforos, para que haja um bom desempenho do tráfego nos aspectos segurança, fluidez e conforto, é necessário o controle eficaz destes sinais, desde a sua instalação até a atribuição dos tempos de operação, compatíveis com o fluxo de veículos, demanda de tráfego e capacidade viária, com monitoramento constante da sua operação e manutenção, sem esquecer-se da sinalização vertical e horizontal, demais dispositivos de sinalização, não negligenciando o reconhecimento de padrões de tráfego. (TEIXEIRA, 2009)

O crescimento do volume de tráfego urbano ocasionado pelo aumento da frota de veículos no país gera congestionamentos e tem imposto aos planejadores das cidades que incluam estudos de reconhecimento de padrões de tráfego (JANNUZZI, 2008) que pode ser avaliada em função da CVV com a avaliação da sazonalidade da série temporal do fluxo de tráfego, identificando picos horários em dias da semana

Outliers (valores atípicos) são comuns em distribuições de volume de tráfego, influenciando na obtenção dos valores médios. Um controle é robusto se visa ajustar a robustez da média por métodos de controle otimizado, de uma maneira a tornar os sistemas imunes a uma classe específica de perturbações (HADDAD, 2001). Os métodos de ajuste de valores de tendência central podem vir a rejeitar os resultados discrepantes mas exigem cálculos iterativos.

A proposta do estudo é avaliar a medida locacional mediante o uso de método iterativo Fuzzy, proposto por Sârbu e Pop (2000) em que se avalia de forma robusta este parâmetro em função de pertinências. Neste artigo cita autores abordam os problemas associados aos outliers e robustez, porém estes aspectos foram tratados apenas a partir dos últimos 20 anos. Dentre eles, foi citado o método da regressão robusta, Tukey-type M-estimador cuja eficiência foi superior à regressão de mínimos quadrados. Compararam o desempenho da regressão ponderada por mínimos quadrados pelo estimador de Huber-type M-estimador da distribuição não-normal e concluíram, sob certas circunstâncias, que algumas vantagens foram oferecidas. Realizaram a regressão ponderada utilizando o mesmo critério com comparação com o filtro adaptativo de Kalman. Estatísticas ponderadas também foram avaliadas para a descrição e análise de dados com a utilização para a estimativa da média e desvio padrão.

## Objetivo

Avaliar uma medida locacional robusta mediante o uso de método iterativo Fuzzy.

## Metodologia

O algoritmo de média Fuzzy é um procedimento de agrupamento de nível, técnica supõe o número real de classes no conjunto de dados conhecido.

Em geral, um algoritmo de agrupamento Fuzzy com função objetivo pode ser dado na seguinte forma: seja  $X = (x^1, \dots, x^p) \subset R^s$  um conjunto finito de vetores característicos, onde  $p$  é o número de medidas e  $s$  é a dimensão das variáveis de entrada,  $x_k^j = [x_1^j, x_2^j, \dots, x_s^j]^T$  e  $L = (L^1, L^2, \dots, L^n)$  é um n-ésimo protótipo (suportes) em que cada um caracteriza um dos  $n$  conjuntos. Uma partição de  $X$  em  $n$  conjuntos fuzzy será feita através da minimização da função objetivo.

$$J(P, L) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (A_i(x^j))^2 d^2(x^j, L^i) \quad (1)$$

onde  $P = \{A_1, \dots, A_n\}$  é a partição fuzzy,  $A_i(x^j) \in [0, 1]$  representa o grau de pertinência do ponto  $x^j$  do conjunto  $A_i$ ,  $d(x^j, L^i)$  é a distância de um ponto característico  $x$  ao conjunto  $A_i$ , definido pela norma euclidiana de distância.

$$d(x^j, L^i) = \|x^j - L^i\| = \left[ \sum_{k=1}^s (x_k^j - L_k^i)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

Uma vez que os elementos do conjunto têm coordenadas  $s$  para descrever sua localização no espaço, cada centro do conjunto também exige recursos de determinar a sua localização no mesmo espaço.

Se  $L^i$  provém dos valores de  $X$ , podemos supor que  $L^i$  tem o maior grau de adesão a  $A_i$ , isto é,  $A_i(L^i) = \max_{x \in X} A_i(x)$ .

O conjunto ideal fuzzy será implementado por um método iterativo, em que  $J$  é sucessivamente minimizado com relação a  $A$  e a  $L$ .

Supondo que  $L$  é dado, o mínimo da função  $J(\bullet, L)$  é obtida por

$$A_i(x^j) = \frac{1}{\sum_{k=1}^n d^2(x^j, L^i) / d^2(x^j, L^k)}, \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Para um dado  $P$ , o valor mínimo da função  $J(P, \bullet)$  é obtido por

$$L^i = \frac{\sum_{j=1}^p [A_i(x^j)]^2 x^j}{\sum_{j=1}^p [A_i(x^j)]^2}, \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

A fórmula acima permite calcular cada um dos componentes de  $L^i$  (a média do conjunto  $i$ ). Elementos com um elevado grau de participação no conjunto  $i$  contribuem

significativamente para essa média, enquanto os elementos com um baixo grau de adesão vão contribuir com quase nada.

Uma classe pode ter formas diferentes de acordo com a escolha dos protótipos. O cálculo dos valores de adesão depende da definição da medida de distância. De acordo com a escolha dos protótipos e da definição da medida de distância, diferentes algoritmos de agrupamento fuzzy são obtidos.

Para obter a função critério, no caso de uma única classe, determinar-se uma partição fuzzy  $\{A, \bar{A}\}$ ; o conjunto  $A$  é caracterizado pelo protótipo ponto.

Em relação ao conjunto complementar fuzzy,  $\bar{A}$ , considera-se que a discrepância entre o seu protótipo hipotético e o ponto  $x^j$  é constante e igual a  $\alpha/(1-\alpha)$ , onde  $\alpha$  é uma constante a partir de  $[0,1]$ . Como consequência, a função critério torna-se:

$$J(A, L; \alpha) = \sum_{j=1}^p [A(x^j)]^2 d^2(x^j, L) + \sum_{j=1}^p [\bar{A}(x^j)]^2 \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad (5)$$

O protótipo do  $L$  que minimiza a função  $J(A, L, \alpha)$  é dada por

$$L = \frac{\sum_{j=1}^p [A(x^j)]^2 x^j}{\sum_{j=1}^p [A(x^j)]^2} \quad (6)$$

onde

$$A(x^j) = \frac{\alpha/(1-\alpha)}{[\alpha/(1-\alpha)] + d^2(x^j, L)} \quad (7)$$

$\alpha$  representa o grau de pertinência do ponto mais distante (o maior outlier) do protótipo  $L$ .  $L$  é o centro de massa da classe fuzzy  $A$  e, neste caso, pode ser nomeado média fuzzy.

O conjunto ideal fuzzy será feito por um método iterativo, em que  $J$  é sucessivamente minimizado com relação a  $A$  e  $L$ .

Este procedimento será também chamado algoritmo fuzzy da média (FM) e sua aplicação seguiu os seguintes passos:

1. Padronização das variáveis, corresponde a expressar a variável segundo unidades do desvio padrão (desvio de cada valor em relação a média dividido pelo desvio padrão).
2. Cálculo da Distância Euclidiana conforme expressão (2).
3. Cálculo das Pertinências segundo expressão (3).
4. Cálculo da Média Ponderada pelas pertinências, expressão. (4)
5. Avaliação das pertinências subseqüentes, expressão. (7)
6. Função critério, expressão. (5)
7. Nova Média Ponderada Fuzzy, expressão (6)
8. Valores percentuais que correspondem as separatrizes da Curva Normal Padrão

### Resultados:

O método proposto foi replicado para a contagem volumétrica de veículos (CVV) em intervalos horários de segunda-feira ao sábado, da semana de 06/08/2007 a 13/08/2007, para o trecho da Avenida Infante Dom Henrique (Aterro do Flamengo), no sentido Zona Sul, via urbana do bairro Flamengo, Rio de Janeiro. O Banco de Dados (BD) utilizado foi fornecido pela CET-RIO.

Na Tabela 1 encontra-se a contagem volumétrica de veículos a nível horário para os dias úteis da semana. Foram calculadas a medida de posição e de dispersão, média e desvio padrão, respectivamente, para cada dia da semana e observou-se que a variabilidade encontra-se no intervalo de 60 % a 68%, a exceção do sábado, 41%. Estes coeficientes de variação evidenciam uma variabilidade expressiva da CVV, embora no sábado com menor valor. As medidas obtidas foram através da planilha Excel com uso das funções estatísticas e os demais cálculos com as funções da Matemática e função Lógica.

**Tabela 1:** Contagem Volumétrica de Veículos a nível horário para os dias da semana

Especificação	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado
00:00-00:59	236	325	466	607	610	767
01:00-01:59	102	214	216	307	387	632
02:00-02:59	85	142	128	265	235	643
03:00-03:59	46	77	75	253	131	595
04:00-04:59	83	117	94	227	156	498
05:00-05:59	480	481	480	539	448	515
06:00-06:59	1539	1478	1544	1496	1506	752
07:00-07:59	2357	2312	2347	2216	2307	1145
08:00-08:59	2655	2830	2671	2813	2776	1513
09:00-09:59	2568	2755	2731	2794	2871	1606
10:00-10:59	2364	2693	2666	2647	2914	1866
11:00-11:59	2601	2581	2760	2720	3019	1972
12:00-12:59	3088	3000	3228	3146	3237	2017
13:00-13:59	2820	2924	2987	2925	3107	1962
14:00-14:59	2805	2992	2966	2927	3074	1742
15:00-15:59	3120	2932	3120	3047	3199	1589
16:00-16:59	3429	3476	3500	3471	3509	1703
17:00-17:59	4189	4101	4190	4389	4176	1707
18:00-18:59	4474	4716	4883	5029	4579	1772
19:00-19:59	4415	4236	4379	4230	3515	1457
20:00-20:59	2794	2990	2936	3119	3253	1294
21:00-21:59	1869	2256	2025	2176	2337	1390
22:00-22:59	1579	1416	1758	2010	1670	845
23:00-23:59	549	733	812	875	1172	736
Média	2093,63	2157,38	2206,75	2259,50	2257,83	1279,92
Desvio Padrão	1430,04	1422,16	1445,10	1410,40	1362,73	530,95
Coeficiente de Variação (%)	68,30	65,92	65,49	62,42	60,36	41,48

Mediante as medidas de posição e de dispersão foi possível transformar a CVV em unidades do desvio padrão (valor padronizado), primeiro passo da implementação do método, Tabela 2. Utilizando-se o valor máximo padronizado na distribuição de probabilidade acumulada da curva normal padrão, verificou-se a tendência crescente para os dias da semana, embora tenha sido iniciado um pequeno decréscimo para Sexta-feira, seguido do Sábado. Esta avaliação descritiva nos permite afirmar que é uma via de alta densidade de tráfego.

Tanto a observação do coeficiente de variabilidade como as probabilidades acumuladas da curva Normal Padrão mostrou que a distribuição da CVV para intervalos horários do dia vão nos conduzir a uma média influenciada pelos valores extremos. A

proposta do cálculo de medida locacional robusta fuzzy deverá minimizar esta variabilidade, ou seja, a média deverá esta próxima do Percentil 50.

**Tabela 2:** Padronização da Contagem Volumétrica de Veículos

Especificação	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado
00:00-00:59	-1,30	-1,29	-1,20	-1,17	-1,21	-0,97
01:00-01:59	-1,39	-1,37	-1,38	-1,38	-1,37	-1,22
02:00-02:59	-1,40	-1,42	-1,44	-1,41	-1,48	-1,20
03:00-03:59	-1,43	-1,46	-1,48	-1,42	-1,56	-1,29
04:00-04:59	-1,41	-1,43	-1,46	-1,44	-1,54	-1,47
05:00-05:59	-1,13	-1,18	-1,19	-1,22	-1,33	-1,44
06:00-06:59	-0,39	-0,48	-0,46	-0,54	-0,55	-0,99
07:00-07:59	0,18	0,11	0,10	-0,03	0,04	-0,25
08:00-08:59	0,39	0,47	0,32	0,39	0,38	0,44
09:00-09:59	0,33	0,42	0,36	0,38	0,45	0,61
10:00-10:59	0,19	0,38	0,32	0,27	0,48	1,10
11:00-11:59	0,35	0,30	0,38	0,33	0,56	1,30
12:00-12:59	0,70	0,59	0,71	0,63	0,72	1,39
13:00-13:59	0,51	0,54	0,54	0,47	0,62	1,28
14:00-14:59	0,50	0,59	0,53	0,47	0,60	0,87
15:00-15:59	0,72	0,54	0,63	0,56	0,69	0,58
16:00-16:59	0,93	0,93	0,89	0,86	0,92	0,80
17:00-17:59	1,47	1,37	1,37	1,51	1,41	0,80
18:00-18:59	1,66	1,80	1,85	1,96	1,70	0,93
19:00-19:59	1,62	1,46	1,50	1,40	0,92	0,33
20:00-20:59	0,49	0,59	0,50	0,61	0,73	0,03
21:00-21:59	-0,16	0,07	-0,13	-0,06	0,06	0,21
22:00-22:59	-0,36	-0,52	-0,31	-0,18	-0,43	-0,82
23:00-23:59	-1,08	-1,00	-0,97	-0,98	-0,80	-1,02
Média	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desvio Padrão	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Máximo	1,66	1,80	1,85	1,96	1,70	1,39
Probabilidade Acumulada	0,95	0,96	0,97	0,98	0,96	0,92

A aplicação do método proposto foi feita a partir do segundo passo apresentado no final da metodologia e os resultados foram sumarizados a partir da Tabela 3. A obtenção da pertinência correspondente a CVV horária para cada dia da semana implicou em calcular a norma da distância euclidiana, segundo a expressão (3), estando os valores disposto na Tabela 3.

**Tabela 3:** Cálculo da Norma da Distancia Euclidiana

Especificação	Distancia da CVV em relação à média						Soma
00:00-00:59	1,69	1,66	1,45	1,37	1,46	0,93	8,57
01:00-01:59	1,94	1,87	1,90	1,92	1,88	1,49	10,99
02:00-02:59	1,97	2,01	2,07	2,00	2,20	1,44	11,69
03:00-03:59	2,05	2,14	2,18	2,02	2,44	1,66	12,49
04:00-04:59	1,98	2,06	2,14	2,08	2,38	2,17	12,80
05:00-05:59	1,27	1,39	1,43	1,49	1,76	2,08	9,42
06:00-06:59	0,15	0,23	0,21	0,29	0,30	0,99	2,17
07:00-07:59	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06	0,12
08:00-08:59	0,15	0,22	0,10	0,15	0,14	0,19	0,97
09:00-09:59	0,11	0,18	0,13	0,14	0,20	0,38	1,14
10:00-10:59	0,04	0,14	0,10	0,08	0,23	1,22	1,80
11:00-11:59	0,13	0,09	0,15	0,11	0,31	1,70	2,48
12:00-12:59	0,48	0,35	0,50	0,40	0,52	1,93	4,17
13:00-13:59	0,26	0,29	0,29	0,22	0,39	1,65	3,10
14:00-14:59	0,25	0,34	0,28	0,22	0,36	0,76	2,21
15:00-15:59	0,52	0,30	0,40	0,31	0,48	0,34	2,34
16:00-16:59	0,87	0,86	0,80	0,74	0,84	0,63	4,75
17:00-17:59	2,15	1,87	1,88	2,28	1,98	0,65	10,81
18:00-18:59	2,77	3,24	3,43	3,86	2,90	0,86	17,05
19:00-19:59	2,64	2,14	2,26	1,95	0,85	0,11	9,95
20:00-20:59	0,24	0,34	0,25	0,37	0,53	0,00	1,74
21:00-21:59	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,10
22:00-22:59	0,13	0,27	0,10	0,03	0,19	0,67	1,39
23:00-23:59	1,17	1,00	0,93	0,96	0,63	1,05	5,75
Norma da Distancia Euclidiana							138,00

O prosseguimento as etapas do método permitiu obter o valor da pertinência para cada CVV horária para cada dia da semana e os resultados encontram-se na Tabela 4. Nesta primeira iteração as pertinências apontaram que ao se deslocar da Zona Sul para o Centro, o pico horário de veículos ocorre no intervalo entre 18:00h às 18:59h de segunda-feira a sexta-feira, enquanto no sábado, no intervalo de 4:00h às 4:59h. Houve coerência para os resultados.

**Tabela 4:** Avaliação das Pertinências segundo a Contagem Volumétrica de Veículos a nível horário para os dias da semana

Especificação	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado
00:00-00:59	0,01278	0,01203	0,01051	0,00995	0,01060	0,00676
01:00-01:59	0,00221	0,01353	0,01375	0,01389	0,01366	0,01079
02:00-02:59	0,01430	0,01455	0,01499	0,01449	0,01597	0,01043
03:00-03:59	0,01486	0,01551	0,01577	0,01467	0,01765	0,01206
04:00-04:59	0,01432	0,01492	0,01549	0,01505	0,01724	0,01572
05:00-05:59	0,00923	0,01007	0,01035	0,01078	0,01278	0,01504
06:00-06:59	0,00109	0,00165	0,00152	0,00212	0,00221	0,00716
07:00-07:59	0,00025	0,00009	0,00007	0,00001	0,00001	0,00047
08:00-08:59	0,00112	0,00162	0,00075	0,00112	0,00105	0,00140
09:00-09:59	0,00080	0,00128	0,00095	0,00104	0,00147	0,00273
10:00-10:59	0,00026	0,00103	0,00073	0,00055	0,00168	0,00883
11:00-11:59	0,00091	0,00064	0,00106	0,00077	0,00226	0,01231
12:00-12:59	0,00350	0,00254	0,00362	0,00286	0,00374	0,01396
13:00-13:59	0,00187	0,00211	0,00211	0,00161	0,00281	0,01196
14:00-14:59	0,00179	0,00250	0,00200	0,00162	0,00260	0,00549
15:00-15:59	0,00373	0,00215	0,00289	0,00226	0,00346	0,00246
16:00-16:59	0,00632	0,00623	0,00580	0,00535	0,00611	0,00460
17:00-17:59	0,01556	0,01353	0,01365	0,01652	0,01436	0,00469
18:00-18:59	0,02008	0,02346	0,02485	0,02794	0,02102	0,00622
19:00-19:59	0,01909	0,01548	0,01637	0,01414	0,00617	0,00081
20:00-20:59	0,00174	0,00248	0,00185	0,00269	0,00386	0,00001
21:00-21:59	0,00018	0,00003	0,00011	0,00003	0,00002	0,00031
22:00-22:59	0,00094	0,00197	0,00070	0,00023	0,00135	0,00486
23:00-23:59	0,00845	0,00727	0,00675	0,00698	0,00460	0,00760
Medida de locação robusta fuzzy	0,19	0,03	0,11	0,31	-0,37	-0,28
Probabilidade Acumulada	0,58	0,51	0,54	0,62	0,36	0,39

O quadrado destes valores de pertinência são os ponderadores para o cálculo da medida de locação robusta fuzzy (expressão 4) e os resultados para os dias da semana estão na Tabela 4. A expectativa seria que a probabilidade acumulada se aproximasse do valor 50%, porém os valores correspondentes a Segunda-feira, a Quinta-feira, a Sexta-feira e ao Sábado estão distantes, sendo que para os dois últimos dias da semana, os valores locacionais se distanciam muito do valor mediano. Percebeu-se que o resultado poderia ser melhorado, logo houve a necessidade de aferir a função critério (expressão 5), pois corresponde a uma medida de adequabilidade para avaliar a robustez da média, sendo esta trabalhada com a adoção de  $\alpha=0,2$ , convergindo para  $J(A, L:\alpha)= 5,7099$ .

Dando prosseguimento ao método, foi calculada a nova medida de locação central robusta fuzzy com as pertinências anteriormente obtidas para cada dia da semana (expressão 6). Esta medida tornou-se mais adequada para praticamente todos os dias com pequena relevância de dispersão para a Sexta-feira.



**Tabela 5:** Medida Locacional Robusta Fuzzy (CVV) e Percentagens acumuladas da Curva Normal Padrão para os dias da semana

Especificação	Medida Locacional Robusta Fuzzy (CVV)	Percentagens acumuladas Curva Normal Padrão
Segunda-Feira	0,04	0,52
Terça-Feira	0,11	0,55
Quarta-Feira	0,02	0,51
Quinta-Feira	0,00	0,50
Sexta-Feira	0,09	0,53
Sábado	0,05	0,52

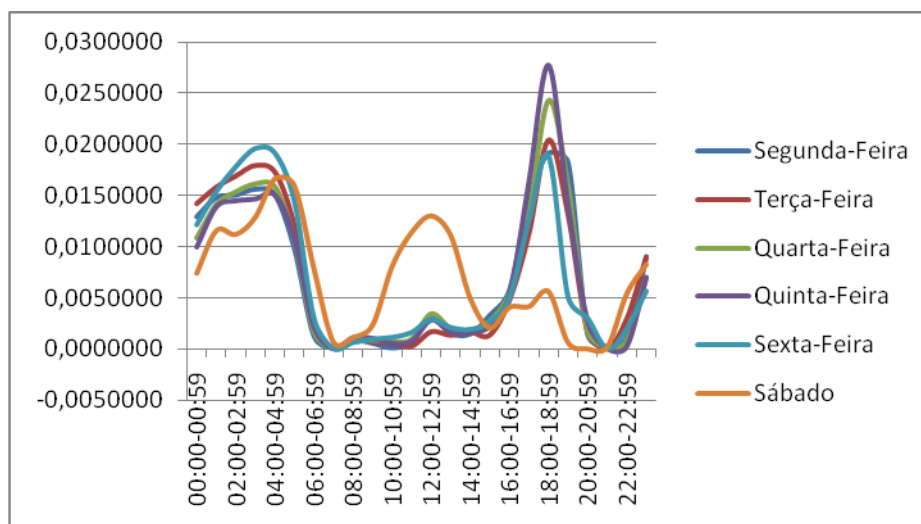
Replicando o método a partir do passo dois, foi possível obter a nova norma de distância Euclidiana (138,59) e novas pertinências (Tabela 6). Nesta segunda iteração, as pertinências apontaram como pico horário de veículos o mesmo intervalo da iteração anterior (de 18:00h às 18:59h) para a Segunda-feira até a Quinta-feira. Em relação à Sexta-feira, correspondeu ao intervalo de 03:00h até 03:59h, sendo que no Sábado, de 4:00h às 4:59h. Percebeu-se que houve uma discriminação adequada oriunda do método ao apontar o pico horário diferenciado para Sexta-feira, uma vez que este trajeto é bastante utilizado para as pessoas que vão buscar entretenimento noturno na Zona Sul.

**Tabela 6.** Avaliação das Pertinências segundo a Contagem Volumétrica de Veículos a nível horário para os dias da semana – 2ª Iteração

Especificação	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado
00:00-00:59	0,0128986	0,0142083	0,0107975	0,0099524	0,0121264	0,0073892
01:00-01:59	0,0147699	0,0158328	0,0140674	0,0138838	0,0153810	0,0115688
02:00-02:59	0,0150164	0,0169335	0,0153212	0,0144863	0,0178208	0,0111933
03:00-03:59	0,0155895	0,0179590	0,0161021	0,0146608	0,0195937	0,0128771
04:00-04:59	0,0150455	0,0173244	0,0158199	0,0150425	0,0191598	0,0166399
05:00-05:59	0,0098166	0,0120738	0,0106272	0,0107863	0,0144523	0,0159457
06:00-06:59	0,0013086	0,0025333	0,0016440	0,0021363	0,0029452	0,0078075
07:00-07:59	0,0001541	0,0000003	0,0000443	0,0000082	0,0000188	0,0006496
08:00-08:59	0,0009069	0,0009255	0,0006605	0,0010955	0,0006197	0,0011147
09:00-09:59	0,0006224	0,0006730	0,0008542	0,0010210	0,0009496	0,0023295
10:00-10:59	0,0001646	0,0004946	0,0006455	0,0005336	0,0011220	0,0080749
11:00-11:59	0,0007240	0,0002418	0,0009567	0,0007561	0,0016033	0,0114102
12:00-12:59	0,0031176	0,0016463	0,0034153	0,0028253	0,0028761	0,0130001
13:00-13:59	0,0015933	0,0012986	0,0019602	0,0015875	0,0020726	0,0110710
14:00-14:59	0,0015230	0,0016078	0,0018524	0,0015971	0,0018896	0,0049032
15:00-15:59	0,0033334	0,0013332	0,0027136	0,0022270	0,0026277	0,0020744
16:00-16:59	0,0057897	0,0047618	0,0055396	0,0052892	0,0049821	0,0040683
17:00-17:59	0,0146977	0,0113074	0,0132221	0,0163879	0,0125799	0,0041503
18:00-18:59	0,0190890	0,0204688	0,0242494	0,0277422	0,0188459	0,0055983
19:00-19:59	0,0181328	0,0130873	0,0159004	0,0140278	0,0050350	0,0005967
20:00-20:59	0,0014724	0,0015982	0,0017038	0,0026551	0,0029841	0,0000027
21:00-21:59	0,0002747	0,0000149	0,0001506	0,0000277	0,0000061	0,0001879
22:00-22:59	0,0011423	0,0029198	0,0007821	0,0002330	0,0019401	0,0053996
23:00-23:59	0,0090212	0,0089926	0,0069844	0,0069925	0,0056383	0,0082664
Medida de locação robusta fuzzy	-0,09	-0,41	0,03	0,30	-0,67	-0,45
Probabilidade Acumulada	0,47	0,34	0,51	0,62	0,25	0,33

De forma análoga a etapa anterior, foi possível calcular a medida de locação robusta fuzzy e os resultados para os dias da semana estão na Tabela 6. Nesta iteração nem todos os valores da medida de locação robusta tenderam ao valor mediano, embora a função critério tenha sido minimizada (5,6942). Este último conjunto de pertinência permitiu inferir a nova medida de locação robusta fuzzy e as correspondentes probabilidades acumuladas da Curva Normal Padrão (Tabela 6). A próxima medida de locação central robusta fuzzy foi calculada com as pertinências deste estágio. Apesar de nem todas as medidas terem convergido para o valor mediano, devem ser consideradas como satisfatórias, uma vez que a função critério foi minimizada.

A visualização da sazonalidade inerente ao comportamento do fluxo de tráfego de veículos pode ser aferida através do gráfico das pertinências obtidas pelo método iterativo.



**Gráfico 1:** Avaliação das Pertinências segundo a Contagem Volumétrica de Veículos a nível horário para os dias da semana – 2ª Iteração

A indução realizada apresentou como medida locacional da CVV mais relevante, o fluxo de veículos da Terça-feira seguida da Sexta-feira e do Sábado. Segunda-feira e Quarta-feira tiveram a mesma intensidade média de veículos, com diferença não tão relevante em relação aos dias citados anteriormente. Finalmente a Quinta-feira, foi o dia que apresentou menor intensidade para fluxo de tráfego. As iterações foram finalizadas, uma vez que a função critério obtida para a etapa posterior tornou-se maior, assim as medidas de posição robustas já analisadas foram consideradas de melhor qualidade.

**Tabela 7:** Medida Locacional Robusta Fuzzy (CVV) e Percentagens acumuladas da Curva Normal Padrão para os dias da semana

Especificação	Medida Locacional Robusta Fuzzy (CVV)	Percentagens acumuladas Curva Normal Padrão
Segunda-Feira	0,06	0,52
Terça-Feira	0,14	0,56
Quarta-Feira	0,04	0,52
Quinta-Feira	0,03	0,51
Sexta-Feira	0,11	0,54
Sábado	0,08	0,53

## **Conclusão**

O método permitiu estimar a média robusta do CVV, avaliar a sazonalidade semanal, contribuindo para apontar os picos horários de veículos na via, uma das principais características no reconhecimento de padrões de tráfego. A média locacional fuzzy minimiza a influência dos outliers com convergência para o valor mediano., Acresce ainda a obtenção desta média mediante a ponderação dos valores de pertinência adivindas da norma da distância Euclidiana. Uma vez que o estabelecimento do tempo de ciclo de um semáforo depende do valor médio do fluxo veículos na via, este método permite obter médias isentas da influência dos valores extremos.

## **Referencia Bibliográfica:**

HADDAD, Maurício Ferreira. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SÍNTESES DE CONTROLE ROBUSTO PARAMÉTRICO. 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2001.

JANUZZI, Paulo Guilherme Lanzillotti. UMA PROPOSTA DE ARQUITETURA LÓGICA E FÍSICA PARA EXPANSÃO DOS SERVIÇOS PRESTADOS DE CONTROLE DE TRÁFEGO UTILIZANDO REDES TRADICIONAIS E SEM FIO. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Ufrj, Rio de Janeiro, 2008.

SÂRBU, C.; POP, H. F.. Fuzzy robust estimation of central location. **Talanta**, Romania, n. , p.125-130, 2001.

SOUZA JÚNIOR, Paulo Sérgio França de. Procedimento para concepção de controladores semafóricos fuzzy com o uso de algoritmo genético. 2009. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <[http://bdtd.bce.unb.br/tesesimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=6468](http://bdtd.bce.unb.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=6468)>. Acesso em: 22 mar. 2011.

TEIXEIRA, Edmar Costa. A IMPORTÂNCIA DA SINALIZAÇÃO PARA A SEGURANÇA DO TRÁFEGO URBANO. 2009. 59 f. Dissertação (Pós Graduação) – Instituto A vez do Mestre, Teixeira de Freitas, 2009.