

## VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E CASOS NOTIFICADOS DE DENGUE NO MUNICÍPIO DE UBERABA (MG)

Fabício Pelizer de Almeida<sup>1</sup>

Flávia Alice Borges Soares Ribeiro<sup>2</sup>

**Saúde Ambiental**

### RESUMO

Os aspectos microclimáticos são afetados pelo modelo de organização e crescimento das áreas urbanas e rurais e por consequência, acabam intervindo na própria dinâmica socioambiental das cidades. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é analisar a partir de um modelo VAR, a capacidade de choque-efeito entre os registros históricos de variáveis climáticas e os dados de casos notificados de dengue no município de Uberaba (MG). Foram tabulados dados secundários climáticos médios mensais (temperatura, pluviosidade total e umidade relativa do ar) e casos notificados de dengue, no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2016 para o município. Desenvolveu-se um modelo VAR das séries históricas logaritimizadas, obtendo-se gráficos de resposta no número de casos notificados de dengue (variável dependente) devido à choques nas componentes climáticas (variáveis independentes). Os resultados demonstraram que o aumento de 1% na temperatura, corresponde ao incremento de 0,38% no número de casos de dengue no mês seguinte, reduzindo o efeito a partir do 3º mês. O aumento da precipitação impacta em até 0,15% nos casos notificados de dengue já no mês seguinte, enquanto o aumento nos índices de umidade relativa do ar impacta negativamente a variável dependente. A série histórica de casos notificados de dengue é dependente de choques da própria variável (68%) e cerca de 20% das variações na temperatura média mensal. Conclui-se que, diante da adaptabilidade dos vetores da doença às variações climáticas, as estratégias municipais de controle epidemiológico devem incluir a gestão e o monitoramento dos indicadores climáticos locais.

**Palavras-chave:** Variações climáticas; Modelagem ambiental; Séries Históricas; Dengue.

### INTRODUÇÃO

As áreas urbanas constituem-se em um vasto ambiente de estudos das correlações entre as variações climáticas e os possíveis impactos na incidência de eventos epidemiológicos. Os modelos de ocupação urbana, a efetividade dos planos de saneamento básico e as políticas que favoreçam a qualidade de vida dos indivíduos são algumas dentre uma extensa lista de variáveis que combinam a possibilidade de ocorrência e severidade de uma e outra (NUCCI, 2008). O trabalho de Costa et al. (2008) destaca a severidade dos riscos climáticos e a precariedade da infraestrutura urbana como preponderantes nos eventos epidemiológicos.

Especificamente para a dengue, tais fatores quando associados aos eventos climáticos severos, constituem-se em um cenário bastante pessimista para os centros urbanos no país (SATTERTHWAIT, 1993). Isso porque, os mosquitos vetores dessa doença, o *A. aegypti* e o *A. albopictus*, são altamente adaptados à dinâmica socioambiental das cidades, associando a

---

<sup>1</sup> Docente da Uniube. Campus Uberlândia (MG). Engenharia Ambiental. [fabricao.almeida@uniube.br](mailto:fabricao.almeida@uniube.br).

<sup>1</sup> Prof. Dr. Uniube – Campus Uberlândia (MG), Instituto de Tecnologia. [fabricao.almeida@uniube.br](mailto:fabricao.almeida@uniube.br).

<sup>2</sup> Prof. Me. Uniube – Campus Uberlândia (MG), Instituto de Tecnologia. [flavia.soares@uniube.br](mailto:flavia.soares@uniube.br).

dengue como uma enfermidade típica de áreas urbanas com características microclimáticas específicas (TAUIL, 2002). Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é o de desenvolver um modelo estatístico de *choque-efeito* entre os registros históricos de variáveis climáticas e os dados de casos notificados de dengue no município de Uberaba (MG).

## METODOLOGIA

Foram extraídos e organizados os dados secundários das séries históricas mensais climatológicas - precipitação total (*ppt* em mm), temperatura média (*tpm* em °C) e umidade relativa média (*urm* em %) junto ao BDMEP, referente à Estação Climatológica Convencional do município de Uberaba (MG), e os casos notificados de dengue (*cnd*), para o mesmo município, junto ao sítio do Ministério da Saúde (MS), ajustados mensalmente, considerando as semanas do calendário epidemiológico. A abrangência das séries históricas compreende o período de janeiro de 2009 a dezembro de 2016.

Foi elaborado um modelo de vetores auto regressivos (VAR), definido como um sistema de equações simultâneas multivariadas que avalia o impacto de choques estocásticos sobre determinada variável do sistema (GUJARATI, 2000). O modelo VAR admite que as séries sejam estacionárias em nível, e, portanto, utilizou-se o teste de raiz unitária (Dickey e Fuller, 1981), que incorpora defasagens às variáveis logaritimizadas no modelo:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \alpha \sum_{i=1}^{p-1} \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \text{Equação 1}$$

em que  $\beta_1$  é o intercepto;  $t$  é a tendência;  $\delta$  é o operador de diferença. A ordem da defasagem ( $p$ ) do modelo VAR foi determinada pelo Critério de Schwarz (BIC). A causalidade bidirecional, em que a variável  $X_t$  auxilia na compreensão de efeitos em  $Y_t$ , é expressa por:

$$Y_t = \gamma + \sum_{i=0}^n \alpha_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^m \beta_j Y_{t-j} + \varepsilon_t \text{Equação 2}$$

$$X_t = \theta + \sum_{i=0}^n \rho_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \lambda_j X_{t-j} + \varepsilon_{2t} \text{Equação 3}$$

em que,  $X_t$  e  $Y_t$  são as séries históricas climáticas e dos casos notificados de dengue em Uberaba (MG), respectivamente;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $\rho$ ,  $\lambda$  são os parâmetros a serem estimados;  $i$  e  $j$  são os números de defasagens;  $\varepsilon_t$  são os erros aleatórios. As saídas do modelo VAR foram organizadas em tabelas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseando-se na estatística descritiva dos dados históricos mensais (Tabela 1), percebe-se certa irregularidade na amplitude dos casos notificados de dengue no decorrer do período. Houve picos de altas nos registros desse indicador em 2010, 2012, 2013 e 2016, especialmente em 2013, que totalizou 13.262 casos. Em 2011, foi registrado o maior volume

acumulado de chuvas (629,3mm) no município para o período, antecedendo o ano de 2012, que totalizou 2.791 casos notificados de dengue. A maior amplitude térmica mensal em 2009, 2011, 2012 e 2015, ocorreu nos anos que antecedem aqueles com alta no número de casos notificados de dengue.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis descritas no modelo de séries históricas

Variável	Ano	$\bar{X}$	$\sigma$	Soma	Mínimo	Máximo	Amplitude
cnd	2009	40,2	57,1	482,0	1,0	199,0	198,0
	2010	197,8	239,2	2373,0	8,0	619,0	611,0
	2011	149,3	133,5	1791,0	1,0	412,0	411,0
	2012	232,6	201,2	2791,0	13,0	603,0	590,0
	2013	1105	1613	13262	35	4521	4486
	2014	26,67	20,04	320,00	5,00	72,00	67,00
	2015	129,7	118,3	1556,0	14,0	422,0	408,0
	2016	192,3	272,3	2307,0	3,0	704,0	701,0
ppt (mm)	2009	135,6	113,9	1627,5	11,4	339,3	327,9
	2010	146,6	140,4	1758,7	0,0	411,2	411,2
	2011	162,3	185,5	1948,0	0,0	629,3	629,3
	2012	118,2	115,7	1417,9	0,0	415,5	415,5
	2013	134,9	92,7	1619,2	0,0	293,2	293,2
	2014	102,2	96,6	1226,5	0,6	309,3	308,7
	2015	135,6	119,0	1627,3	0,0	349,8	349,8
	2016	147,7	151,4	1772,6	0,0	458,3	458,3
tpm (°C)	2009	22,768	2,071	-	18,209	25,082	6,873
	2010	22,602	2,227	-	18,182	24,736	6,553
	2011	22,205	2,214	-	17,180	24,347	7,168
	2012	22,689	2,394	-	18,601	26,359	7,759
	2013	22,163	2,015	-	18,258	24,355	6,097
	2014	22,846	2,203	-	19,026	25,554	6,528
	2015	23,119	2,364	-	19,197	26,668	7,471
	2016	22,919	2,014	-	19,052	24,917	5,865
urm (%)	2009	70,07	6,98	-	55,26	80,38	25,12
	2010	65,17	11,10	-	43,43	76,17	32,74
	2011	67,74	12,01	-	42,43	85,53	43,11
	2012	69,50	8,97	-	52,99	81,81	28,82
	2013	70,93	10,48	-	50,24	81,85	31,61
	2014	65,47	9,89	-	49,83	76,53	26,70
	2015	70,05	9,29	-	54,64	82,81	28,17
	2016	66,73	11,74	-	46,08	82,22	36,13

Fonte: Elaborado pelos autores.

O teste ADF indica estacionaridades sem constante ( $T$ ) em  $lppt$  ( $\tau: -3,2505$ ) ou com constante ( $T\mu$ ), em  $lcnd$  ( $\tau: -4,1340$ ),  $ltpm$  ( $\tau: -5,7004$ ) e  $lurm$  ( $\tau: -5,1713$ ) ao nível de significância de 1%. Obteve-se o valor mínimo do critério de informação, com uma defasagem no modelo VAR, pelo BIC. As estimativas do coeficiente do modelo VAR (Tabela 2), de acordo com o  $p$ -valor, ponderam acerca dos impactos na variável dependente em um

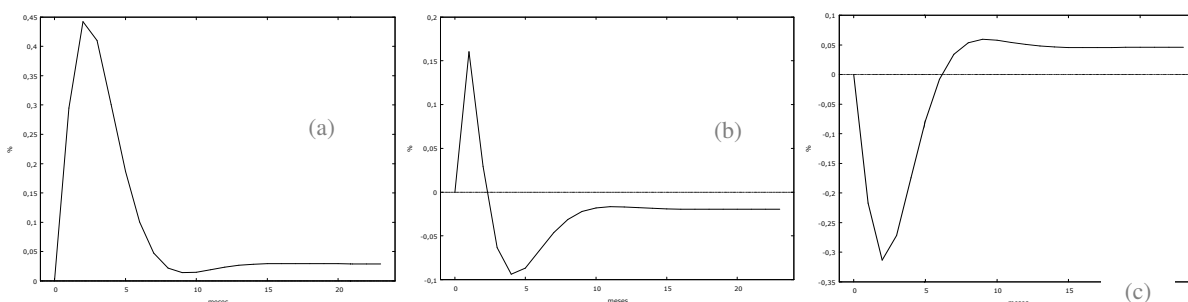
horizonte  $p$  (meses), e se os possíveis efeitos prevalecem ou diluem no decorrer dos meses(Figura 1).

Tabela 2. Estimativas do modelo VAR para o conjunto de séries históricas

Coeficientes	Variável Dependente	
	$lcnd$	$p$ -valor
Constante	-19,3700	0,0006***
$lppt$	0,0972756	0,0010 ***
$ltpm$	3,71185	<0,0001***
$lurm$	-2,65477	<0,0001***

\*\*\* Significativo a 1%, \*\* a 5% e \* a 10%. Durbin-Watson: 1,922974. Fonte: Elaborado pelos autores.

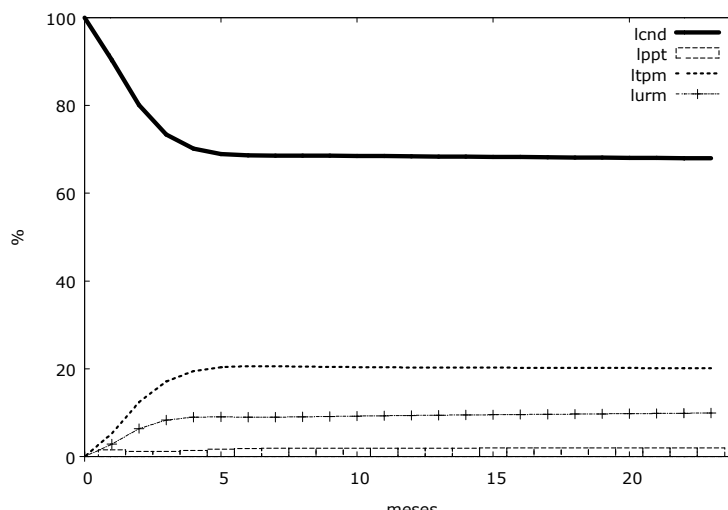
De acordo com a Figura 1, o aumento de 1% na temperatura em um determinado mês, impacta em até 0,45% no aumento do número de casos de dengue no mês seguinte, reduzindo significativamente a partir do 3º mês e estabilizando no 8º mês após o choque. O aumento da precipitação impacta em até 0,15% nos casos notificados de dengue no mês subsequente, reduzindo abruptamente até o 4º mês após o choque, para termos negativos. Já o aumento nos índices de umidade relativa do ar impacta negativamente (-0,3%) na variável dependente.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 1. Respostas de  $lcnd$  a um choque em  $ltpm$ (a), em  $lppt$  (b) e em  $lurm$  (c) com 1 mês de defasagem no horizonte de 24 meses.

A variação nos registros de casos notificados de dengue ( $lcnd$ ) no município é dependente de choques da própria variável (cerca de 68,5%) e de 20% dos choques na variável  $ltpm$ , 9,5% dos choques na variável  $lurm$  e 2,3% em  $lppt$  (Figura 2).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2. Decomposição da variância da previsão para *lcdn* no horizonte de 24 meses.

Portanto, a componente temperatura média local é a variável de maior risco climático correspondente ao número de casos notificados de dengue no município de Uberaba (MG), dado o efeito positivo de transmissão obtido entre as séries para o período descrito na pesquisa.

O trabalho corrobora com diversas outras pesquisas que demonstram a franca adaptabilidade climática dos mosquitos transmissores da dengue, especialmente quanto aos períodos severos de seca e elevação da temperatura, como se observa em Câmara et. al (2009). Reforça ainda, a preocupação de se incluir os aspectos climáticos locais nas estratégias municipais de controle epidemiológico, priorizando-os nos instrumentos de política pública.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho permite concluir que:

- o aumento de 1% na temperatura média e precipitação total, impactam respectivamente, no aumento de 0,45%, 0,15% do número de casos de dengue no mês seguinte.
- até 20% das variações nos registros de casos notificados de dengue no município de Uberaba (MG) dependem de choques na variável temperatura média mensal.
- é fundamental incorporar às estratégias municipais de controle epidemiológico, a gestão dos aspectos microclimáticos nas áreas urbanas, dada a adaptabilidade dos vetores.

## REFERÊNCIAS

CÂMARA, Fernando Portela et al. Clima e epidemias de dengue no Estado do Rio de Janeiro. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, [s.l.], v. 42, n. 2, p.137-140, abr. 2009.

COSTA, Fernanda Silva et al. Dinâmica populacional de *Aedes aegypti* (L) em área urbana de alta incidência de dengue. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, [s.l.], v. 41, n. 3, p.309-312, jun. 2008.

DICKEY, David A.; FULLER, Wayne A.. Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. **Econometrica**, [s.l.], v. 49, n. 4, p.1057-1072, jul. 1981.

GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. 3. ed. São Paulo: Makron Books do Brasil, 2000. 937 p.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília, (MSP)**. São Paulo: FAPESP, 2001. 236 p.

SATTERTHWAITE, David. The impact on health urban environments. **Environment and Urbanization**, [s.l.], v. 5, n. 2, p.87-111, out. 1993.

TAUIL, Pedro Luiz. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.867-871, jun. 2002.