

APLICAÇÃO DO MODELO MALTHUSIANO PARA O CRESCIMENTO DE NOTIFICAÇÕES DE MICROCEFALIA NO ESTADO DO TOCANTINS, NO INTERVALO DE OUT/2015 – MAR/2016

Soraia Silva Ferreira

Graduanda de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins – Campus Palmas. e-mail: soraiaferreira.engamb@gmail.com

RESUMO

O estudo de modelos matemáticos é usado com a finalidade de compreender o comportamento do cotidiano populacional, seja dado pelo crescimento, decrescimento ou indicadores de monitoramento. O modelo malthusiano baseia-se numa equação diferencial ordinária muito simples, que pode ser resolvida através do método de separar variáveis e resumidamente mostra que quanto mais pessoas existir, mais rápido a população vai aumentar.

Os casos de microcefalia associada ao zika vírus tem crescido muito no território nacional nos últimos dois anos (2014 e 2015) gerando uma epidemia, a qual preocupa toda a sociedade e principalmente às gestantes. No caso do estado do Tocantins, os primeiros registros da doença foram apresentados pela SVS/MS no mês de novembro de 2015 conforme divulgado nos Boletins Epidemiológicos de Monitoramento dos casos de microcefalias no Brasil, do final de 2015, os quais serviram de dados para aplicar o modelo.

Com a aplicação do modelo malthusiano mostrou uma situação agravante devido o aumento no número notificações de casos de microcefalia no Estado do Tocantins e também a abrangência de todos os municípios do estado com casos notificados. Dessa forma, o crescimento representa um problema de saúde pública dentro do estado e em concordância a situação atual do país.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo Malthusiano, microcefalia.

INTRODUÇÃO

A modelagem matemática tem se tornando uma maneira de compreender os problemas da sociedade, devido à forma dos modelos representarem o comportamento da população, principalmente no que diz respeito ao seu crescimento ou decrescimento.

Gracias e Lourenço (2010) descreve o modelo de Thomas Malthus, um economista inglês, apresentado em 1798 e chamado de modelo Malthus ou modelo exponencial, como o modelo mais simples que descreve o crescimento populacional de algumas espécies.

A aplicação de modelos matemáticos para estimar o crescimento de populações é uma ferramenta importante para o planejamento do comportamento populacional e condições de estabelecimento dos indivíduos. O surgimento da microcefalia associado ao zika vírus tem aumentado muito no território nacional a partir do ano de 2014 gerando uma epidemia, a qual preocupa toda a sociedade e principalmente às grávidas.

O surto de microcefalia mobiliza todos os pediatras, em relação ao aumento da ocorrência de nascimentos com a doença no território nacional, devido suas repercussões nas crianças envolvidas e em suas famílias tem muita significância, no sentido de se adaptação da rotina do portador da doença (REIS, 2015).

A forma de transmissão do zika vírus é através de vetores principalmente, sendo mosquito bastante conhecido o responsável pela transmissão, o *Aedes aegypti*. Este mosquito além de transmitir a febre pelo zika vírus, também transmite a dengue e a febre chikungunya.

Reis (2015) relata que a doença tem sido associada a uma série de fatores, que vão do estado de desnutrição da mãe e uso de drogas até infecções durante a gestação, exemplo doenças, rubéola, toxoplasmose e citomegalovírus, e outras. Assim, uma variedade de anormalidades e síndromes metabólicas e/ou genéticas,

agressões ambientais e causas ainda desconhecidas pode afetar o desenvolvimento do cérebro e se associar à doença.

Contudo, a aplicação do modelo malthusiano neste estudo busca mostrar o número de registros do caso da doença e abrangência dos municípios afetados pela mesma para o estado do Tocantins.

OBJETIVO

O presente estudo propõe através da aplicação do modelo matemático de Thomas Malthus, a previsão quantitativamente dos casos de microcefalia registrados no Estado do Tocantins, a partir de sua primeira notificação divulgada pelo Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde no mês de novembro de 2015.

METODOLOGIA

O modelo matemático malthusiano é um instrumento utilizado para estimar o crescimento de populações em casos onde se tem dados pré-existentes. Neste estudo os dados que foram considerados são da Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde, através dos seus Boletins Epidemiológicos publicados conforme as Semanas Epidemiológicas de Monitoramento dos casos de microcefalias no Brasil, quando surgiram os casos de microcefalia associada os vírus zika no Estado do Tocantins.

Thomas Malthus foi primeiro a observar que muitas populações crescem a uma taxa proporcional ao tamanho da própria população, dessa forma conseguiu-se definir a lei de crescimento natural que conduz ao crescimento exponencial, em outras palavras significa que, as populações crescem a uma taxa geométrica, enquanto que a produção de alimentos, ou a disponibilidade destes no meio não consegue suprir a demanda que aumenta fortemente (SILVA, 2011).

O modelo é representado por uma equação diferencial de primeira ordem que estabelece a taxa de variação da população em relação ao tempo, escrita da seguinte forma por Gracias e Lourenço (2010), vide equação 1:

$$\frac{dN}{dt} = r N \text{ (equação 1)}$$

Onde $(dN)/dt$ é a taxa de variação da população, r é a taxa de crescimento desta população conforme a equação 2.

$$r = (1 + \alpha)^t \text{ (equação 2)}$$

A taxa de crescimento, α , média da população e dada pela equação 3, a seguir:

$$\alpha = \sqrt[t]{\frac{N_t}{N_0}} - 1 \text{ (equação 3)}$$

Onde N_t é a população após um período t dias em relação à população inicial N_0 .

A equação 1 é dada pela solução a seguir:

$$N(t) = N_0 e^{rt}$$

Onde: N_0 é a população inicial $N(0) = N_0$.

Nos dados da Tabela 1, mostra o surgimento de notificação de microcefalia no Estado do Tocantins, sabendo que em até mês de outubro de 2015 não havia nenhum registro da doença relacionada ao vírus zika, apesar de confirmada a circulação do zika vírus no Estado. Assim, o surgimento da doença, nesta unidade federativa é avaliado através da utilização do modelo de Malthus, foi relatado no mês de novembro de 2015 e a Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde segue com monitoramento.

Tabela 1. Distribuição dos casos de microcefalia notificados à SVS/MS em 5 Semanas Epidemiológicas do ano de 2015 para o Estado do Tocantins.

PERÍODO	SEMANA EPIDEMIOLÓGICA	NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM CASOS NOTIFICADOS	NÚMERO DE CASOS NOTIFICADOS
15-21/11/2016	46	0	0
22-28/11/2015	47	6	12

29/11-05/12/2015	48	11	29
06-12/12/2015	49	24	50
13-19/12/2015	50	27	58

Fonte 1: Adaptado de Boletim Epidemiológico SVS/MS SE nº 46, 47, 48, 49, 50/2015.

A aplicação do modelo é para estimar os primeiro trimestre de 2016, o que representa 13 semanas. Porém, o tempo a ser usado no modelo de Malthus permite utilizar o intervalo de tempo futuro desejado, neste caso o estudo será utilizado com o período mensal, justamente para diferenciar das publicações dos Boletins Epidemiológicos SVS/MS divulgados semanalmente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do modelo malthusiano serviu para prevê a quantidade de municípios notificados com a doença e a quantidade de casos notificados para os próximos meses partido do mês de outubro que representa o número de zero casos, e foi-se estimando o número de casos até o fim de março, ou seja, valores estimados para os meses de janeiro, fevereiro e março e ainda a diferença para finalizar o mês de dezembro,

Os resultados obtidos após usar o modelo matemático estudado constam na Tabela 2, que possui os dados pré existentes, onde utiliza-se os apenas as duas últimas semanas SE, 49 e 50, para gerar os próximos períodos calculados (a partir do dia 20/12/2015 até o fim do mês de março).

$$dN/dt=r N$$

$$dN/N=r dt$$

$$\int dN/N=\int [r dt]$$

$$\ln (N) = r t$$

$$N (t) = e^{rt+C}$$

$$N (t)= e^{rt} + e^C \text{ chamando } e^c \text{ de } M \text{ ou } C,$$

$$N (t)= e^{rt} M, \text{ para cálculos dos municípios}$$

$$N (t)= e^{rt} C, \text{ para cálculos dos casos}$$

Para (t) = 0 dias, SE 49.

$$N (0)= e^{r0} M$$

$$N (0) = e^{r0} C$$

$$M = N_0$$

$$C = N_0$$

$$M = 24$$

$$C = 50$$

Para (t) = 7 dias, SE 50.

$$N(7) = e^{r7} M$$

$$N(7) = e^{r7} N$$

$$27 = 24 e^{r7}$$

$$58 = 50 e^{r7}$$

$$r = 0,0168$$

$$r = 0,0212$$

Equações prontas:

$$N (t) = 24 e^{0,0168t}$$

$$N (t) = 50 e^{0,0212t}$$

Tabela 2. Estimativa de municípios e de casos notificados de microcefalia no Estado do Tocantins até março de 2016.

PERÍODO	TEMPO (DIAS)	NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM CASOS NOTIFICADOS	NÚMERO DE CASOS NOTIFICADOS
15-21/11/2016	-	0	0
22-28/11/2015	-	6	12
29/11-05/12/2015	-	11	29
06-12/12/2015	Início equivale a 0	24	50
13-19/12/2015	7	27	58
20-31/12/2015	19	33	75
01-31/01/2016	50	56	144
01-29/02/2016	79	90	267

01-31/03/2016	110	152 *	515
---------------	-----	-------	-----

(*) Impossível ser considerado pelo fato que o Estado do Tocantins apresenta apenas 139 municípios.

Diante dos valores obtidos dos municípios e dos casos notificados nota-se um comportamento crescente e que ao colocar em um intervalo de tempo maior, sendo mês a mês, proporciona um aumento significativo da doença e de acordo com a última linha da tabela 2, mostra que ao final do mês de março todo os municípios do estado teriam registros da doença, ou seja, a presença de notificações de microcefalia em todo território estadual.

A aplicação do modelo malthusiano implica numa situação alarmante, pela elevação do número de casos da doença, tendo em vista que, esse crescimento representa um problema de saúde pública existente atualmente no país.

CONCLUSÃO

Ao utilizar o modelo de Thomas Malthus para o crescimento da doença de microcefalia que surgiram os primeiros registros em novembro de 2015 no Estado do Tocantins conclui-se que a mesma em curto intervalo de tempo atingiu um número significativo de casos e também de acordo com o modelo malthusiano até o final de março, todo o estado terão os municípios com casos notificados. Assim, caso de desejasse estender para os períodos posteriores aos calculados, apenas seria possível utilizar para o número de casos notificados, pois não haverá mais municípios a serem afetados pela doença.

Portanto, o principal agravante no que diz respeito a aplicação do modelo de Malthus é o crescimento rápido de casos da doença em um curto espaço de tempo. O que condiciona a necessidade da população a se mobilizar para combater aos focos do mosquito transmissor da doença para assim, diminuir o número de casos de microcefalia; como também, requerer perparado da assistência de saúde para acolher os casos de microcefalia no Estado do Tocantins.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde. Portal da Saúde-SUS. Boletim Epidemiológico: Volume 46 - nº 37 - 2015 - Monitoramento dos casos de microcefalias no Brasil, até a semana epidemiológica 46; Volume 46 - nº 38 - 2015 - Monitoramento dos casos de microcefalias no Brasil, até a semana epidemiológica 47; Volume 46 - nº 41 - 2015 - Monitoramento dos casos de microcefalia no Brasil até a Semana Epidemiológica 48; Volume 46 - nº 45 - Monitoramento dos casos de microcefalias no Brasil até a Semana Epidemiológica 49; Volume 46 - nº 46 - Monitoramento dos casos de microcefalias no Brasil até a Semana Epidemiológica 50. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o-ministerio/197-secretaria-svs/11955-boletins-epidemiologicos-arquivos>>. Acesso em 01 de março de 2016.

GRACIAS, A. C.; LOURENÇO, S. R., *Aplicação de um modelo matemático na simulação da produção e importação de gás natural no brasil até 2017*. Revista Produção Online v.10, n.3, ISSN: 1676 – 1901, set. 2010.

REIS, R. P., *Aumento dos casos de microcefalia no Brasil*. DOI: 10.5935/2238-3182.20150101. Revista Med Minas Gerais. 25 (Supl 6): S88-S91, p.88-89, 2015.

SILVA, G. A., *Equações diferenciais e a dinâmica populacional*. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Computação. Uberlândia: 2011.