

## **DETERMINAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE ESPACIAL À DENGUE, NA ZONA URBANA DE GOVERNADOR VALADARES (MG), UTILIZANDO A INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) E ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

Ísley Braga de Andrade <sup>1</sup>; Arnaldo José Cambraia Neto <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ísley Braga de Andrade, Engenharia Ambiental e Sanitária, IFMG Campus Governador Valadares, Governador Valadares - MG; [isleybraga@gmail.com](mailto:isleybraga@gmail.com)

<sup>2</sup> Orientador: Arnaldo José Cambraia Neto, Campus Governador Valadares; [arnaldo.cambraia@ifmg.edu.br](mailto:arnaldo.cambraia@ifmg.edu.br)

### **RESUMO**

A intensa circulação viral da dengue, provocada pelo mosquito *Aedes aegypti*, tem causado epidemias há mais de 30 anos no Brasil, sendo considerada uma das enfermidades reemergentes mais importantes do mundo. A ocorrência da doença em regiões tropicais e subtropicais, em que os fatores climáticos, a urbanização desordenada e a falta de infraestrutura, favoreceu a disseminação da arbovirose, fez-se necessária a identificação das áreas de vulnerabilidade ao vírus da dengue para auxiliar na adoção de medidas preventivas, tendo em vista que a ausência dos serviços públicos essenciais, como o saneamento básico, reflete em um aumento considerável dos riscos de infecções transmitidas pelo vetor que se multiplica nessas áreas, podendo gerar grande risco para a população urbana. Assim, visando o controle e combate desta arbovirose, o presente trabalho tem como objetivo principal identificar as áreas mais susceptíveis a reprodução do *Aedes aegypti*, vetor da dengue, na zona urbana do município de Governador Valadares, no interior de Minas Gerais. Para isso, será desenvolvido um modelo para correlacionar os elementos físico-ambientais associados à ocorrência da dengue, onde serão analisados os elementos que influenciam no surgimento e propagação do vírus. Dessa forma, será possível realizar a identificação dos níveis de susceptibilidade, a partir das informações ambientais e sociais obtidos por meio de pesquisa. Estas informações passarão por um processo de julgamento de pesos por meio do Método de Análise Hierárquica (AHP) e serão integradas a um Sistema de Integração Geográfica (SIG), sendo validadas a partir dos números de casos identificados de dengue nos distritos sanitários, nos últimos cinco anos. Dessa forma, espera-se que as variáveis apresentadas no estudo sejam eficientes para diagnosticar as zonas mais susceptíveis ao *Aedes aegypti* na cidade e fornecer indicativos para tomada de decisão aos gestores da saúde pública no combate mais eficiente do vetor e, conseqüentemente, na redução dos casos de dengue.

### **INTRODUÇÃO:**

O rápido crescimento demográfico, aliado à urbanização desenfreada e desordenada, tem propiciado o uso e ocupação do solo de maneira impertinente por buscar a proximidade da população com as atividades comerciais e industriais. As mudanças ocorridas nas áreas urbanas acabam por gerar uma série de conseqüências e com isso interfere no equilíbrio biofísico, social e econômico para o ser humano, fauna e flora.

Uma das conseqüências danosas que surge do mau equilíbrio é a aproximação de organismos vetores responsáveis por causar uma série de doenças que podem afetar pessoas por todo o planeta. Dentre os insetos hematófagos destaca-se o *Aedes aegypti* que é responsável por transmitir arboviroses como a dengue (Natal, 2002). Segundo Meira et. al (2021), na atualidade, a dengue é considerada, em nível global, a mais importante arbovirose em termos de morbidade, letalidade e implicações econômicas, em relação aos inúmeros programas de erradicação ou controle que foram implementados. No Brasil, a doença vem ocorrendo de forma continuada, intercalando-se com a ocorrência de epidemias, geralmente associadas com a introdução de novos sorotipos em áreas anteriormente indenes ou alteração do sorotipo predominante (Secretaria de Vigilância em Saúde, 2010).

De acordo com o Boletim Epidemiológico de Governador Valadares (2022), o Estado de Minas Gerais registrou até 20 de dezembro de 2022, 90.713 casos prováveis de dengue, sendo, desse total, 69.768 casos validados e 63 óbitos confirmados para a doença. O Boletim Epidemiológico afirma também que até a semana

epidemiológica (49) em 2022, o município de Governador Valadares apresentou 2.766 casos notificados prováveis de arboviroses, sendo 1.403 casos confirmados para a dengue. Dessa forma, a Secretaria de Vigilância em Saúde (2010) afirma que, para o sucesso do controle da doença, a integração das atividades de vigilância epidemiológica e controle vetorial são de fundamental importância. Para isso, é necessário que o repasse de informações da localização dos casos suspeitos ocorra da forma mais ágil possível. Assim, o uso dos sistemas de informação geográfica (SIG) auxiliam na análise conjunta dos dados, de modo a permitir a associação dos casos de dengue a características geográficas, ambientais e socioeconômicas através de várias funções interativas (Paiva et al., 2019).

Segundo Star e Estes apud Castro et. al (1991), o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é considerado uma poderosa ferramenta capaz de integrar o conjunto de rotinas de programação desenvolvidas para representar e manipular grandes quantidades de dados armazenados em banco de dados possibilitando análises espaciais. Esse sistema tem sido amplamente utilizado para a organização de variáveis espaciais a fim de gerar alternativas que podem solucionar diferentes tipos de problemas. Aliado a isso, será utilizado o método de análise multicritérios que auxiliará no processo de decisão, tendo em vista que, esse método permite estabelecer relações e hierarquias entre as variáveis, a fim de identificar onde se encontram os pontos críticos do sistema em estudo (LONGARAY et al, 2016). Apesar de serem duas áreas distintas de pesquisa, os problemas de planejamento e gerenciamento do mundo podem se beneficiar da combinação de suas técnicas e procedimentos (Malczewski, 1999 apud Zambon et al, 2005).

Deste modo, observa-se que o risco de transmissão epidêmica é uma questão de saúde pública, levando em consideração que são relatados mais de 50 milhões de casos por dengue anualmente ao redor do mundo de acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO apud DUTRA, 2014). Neste contexto, o estudo teve como objetivo definir as áreas com a maior suscetibilidade à ocorrência da dengue, por meio de técnicas de análise multicritério Analytic Hierachy Process (AHP) em um Sistema de Informação Geográfica, para auxiliar na gestão do controle da doença no município de Governador Valadares, analisando os elementos que influenciam no surgimento e propagação do vírus, transmitido pelo mosquito *Aedes aegypti*.

## METODOLOGIA:

O projeto será realizado na zona urbana da cidade de Governador Valadares, no estado de Minas Gerais.

Figura 1 – Mapa da localização do município de Governador Valadares



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O estudo propõe a realização em quatro etapas. Na primeira etapa, será realizada uma pesquisa na literatura especializada referente à caracterização da área de estudo e sobre metodologias e técnicas de

geoprocessamento utilizadas na gestão de saúde pública. A pesquisa de fontes de informações para criação da base de dados espacial; tratamento das bases pré-existentes e elaboração de mapas temáticos ocorrerá na segunda etapa. Durante a terceira etapa, utilizando a metodologia de análise multicritério, será elaborado o mapa de susceptibilidade a reprodução do *Aedes aegypti*. Por fim, na quarta e última etapa, a análise do mapa elaborado.

A base de dados será construída a partir dos mapas e informações obtidas junto a Prefeitura Municipal, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET). A validação do trabalho será realizada com os dados obtidos junto ao Data SUS, onde serão obtidos os números de casos de dengue em Governador Valadares.

Identificados os fatores de caráter ambiental e social, determinantes a reprodução do *Aedes aegypti*, estes serão ordenados, em ordem de importância segundo uma análise multicritério.

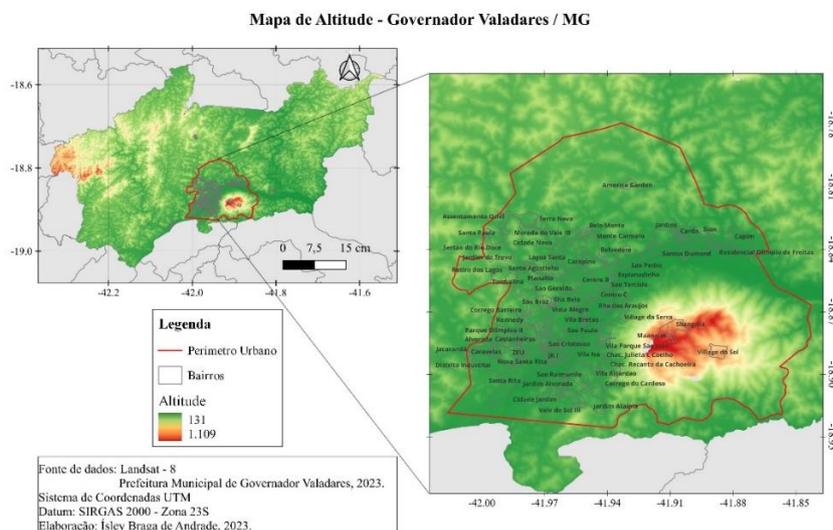
Dentre as metodologias existentes de análise multicritério, neste trabalho, será adotado o Método de Análise Hierárquica (AHP). O método AHP foi desenvolvido por Saaty (1980) e tem como objetivo agrupar em níveis hierárquicos o conjunto de variáveis formados a partir de uma matriz quadrada, na qual os elementos são comparados entre si, considerando o grau de importância que cada um representa diante do grupo. Cada julgamento representa a dominância de um elemento da coluna à esquerda sobre um elemento na linha do topo, formando assim um padrão hierárquico.

A ordenação de decisão composta por níveis hierárquicos, permitem uma visão global das relações inerentes ao processo. Para estabelecer a importância relativa de cada fator da hierarquia, são elaboradas matrizes de comparação para cada nível, em que os resultados das matrizes são ponderados entre si. A ponderação é feita para cada critério, por meio de comparações de pares, usando uma escala de números absolutos, em que se atribui valores numéricos tanto quantitativos como qualitativos aos julgamentos (SAATY, 1980).

Após a comparação par-a-par entre os fatores, será realizada operações de normalização dos pesos relativos nas matrizes, obtendo-se o vetor de prioridades ou autovetor, que fornece o peso relativo de cada indicador de susceptibilidade no resultado total da meta e corresponde de modo aproximado à média aritmética dos valores de cada um dos critérios. Para ser aceito como um resultado consistente, serão verificadas a integridade e a coerência dos julgamentos por meio da análise de consistência (SAATY, 1980).

Após essa análise, o mapa de susceptibilidade à reprodução do *Aedes aegypti* será gerado utilizando o software QGIS. Gerado o mapa, será feita uma validação, onde serão lançados o número médio dos casos de dengue, nos últimos 5 anos, em cada bairro. Espera-se, obter, nas áreas susceptíveis, o maior número de casos. Gerado o mapa de susceptibilidade, serão realizadas as devidas análises com foco na gestão da saúde pública.

Figura 2 – Mapa da altitude da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Com base nos levantamentos realizados a partir de consulta bibliográfica foi possível obter os resultados parciais e estabelecer os fatores relacionados à ocorrência de dengue, sendo os principais: temperatura, altitude, pluviosidade, cobertura e uso da terra e descarte indevido de resíduos sólidos. Ao analisar os Boletins Epidemiológicos de Arboviroses no município, foi possível constatar que os maiores índices de casos notificados para dengue, na zona urbana de Governador Valadares, ocorreram nos períodos de clima quente e chuvoso, época em que os mosquitos se reproduzem com mais facilidade. Sendo assim, os dados obtidos corroboram com a informação do Sistema de Alerta Climático de Dengue, criado pelo Centro de Pesquisa da Universidade Federal do Paraná que estabelece que temperaturas entre 22 e 30 °C apresentam alto risco para epidemias de dengue e com o estudo elaborado por SOUSA; BLATT; NASCIMENTO (2012) que afirma que os decréscimos na ocorrência de dengue podem até chegar a zero nos meses com baixas precipitações.

Tabela 1 – Elementos considerados na análise multicritério

	<b>Elementos favoráveis à proliferação do <i>Aedes aegypti</i></b>
<b>Temperatura °C</b>	O Sistema de Alerta Climático de Dengue, criado pelo Centro de Pesquisa da Universidade Federal do Paraná, estabelece que temperaturas entre 22° e 30°C apresentam alto risco para epidemias de dengue (MEIRA et al., 2021).
<b>Altitude</b>	A distribuição do <i>Aedes aegypti</i> também é limitada pela altitude. Embora não seja usualmente encontrado acima dos 1.000 metros, já foi referida sua presença a 2.200 metros acima do nível do mar, na Índia e na Colômbia (OPS/OMS) (Fundação Nacional de Saúde, 2004).
<b>Pluviosidade</b>	Os decréscimos na ocorrência de dengue até chegar a zero nos meses de junho a outubro estão relacionados com as baixas precipitações e temperaturas que ocorrem nos citados meses (SOUSA; BLATT; NASCIMENTO, 2012).
<b>Cobertura e uso da terra</b>	Sua presença é mais comum em áreas urbanas e a infestação é mais intensa em regiões com alta densidade populacional - principalmente, em espaços urbanos com ocupação desordenada, onde as fêmeas têm mais oportunidades para alimentação e dispõem de mais criadouros para desovar (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2018).
<b>Descarte incorreto de resíduos sólidos</b>	Associada a esta situação, o sistema produtivo industrial moderno, que produz uma grande quantidade de recipientes descartáveis, entre plásticos, latas e outros materiais, cujo destino inadequado, abandonados em quintais, ao longo das vias públicas, nas praias e em terrenos baldios, também contribui para a proliferação do inseto transmissor do dengue (TAUIL, 2001).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Além disso, em 2022 os bairros que apresentaram maiores números de casos, segundo o Boletim Epidemiológico da semana (49), foram São Pedro (205), Santa Helena (185), Altinópolis (122), Santa Rita (90) e Conjunto Sir (84 casos). Os bairros citados possuem maior extensão e estão localizados em regiões com alta densidade populacional. Sendo assim, os resultados obtidos coincidem com o estudo realizado pelo Instituto Oswaldo Cruz que afirma que, a presença do vetor da dengue é mais comum em áreas urbanas e a infestação é mais intensa em regiões com alta densidade populacional.

Para o estudo não houve a participação de especialistas e as definições dos critérios e pesos foram obtidos após os levantamentos por meio da pesquisa bibliográfica. Após a determinação dos critérios, foram obtidos os pesos, através da calculadora online AHP Priority Calculator. O critério de Descarte irregular de resíduos recebeu peso 0,127; cobertura e uso da terra, 0,269; pluviosidade, 0,475; temperatura, 0,083; e altitude, 0,046. Com os valores encontrados, espera-se ainda, gerar o mapa dos bairros mais vulneráveis à ocorrência da doença, por meio do Sistema de Informação Geográfica, a fim de analisar se o resultado final coincidirá com os casos notificados nos boletins epidemiológicos dos últimos 5 anos.

Tabela 2 – Associação de fatores no processo hierárquico analítico (AHP)

Fatores	Matriz de Decisão				
	Descarte de resíduos sólidos	Cobertura e uso da terra	Pluviosidade	Temperatura	Altitude
Descarte de resíduos sólidos	1	0,5	0,2	2	3
Cobertura e uso da terra	2	1	1	2	5
Pluviosidade	5	1	1	8	9
Temperatura	0,500	0,5	0,12	1	2
Altitude	0,330	0,2	0,11	0,5	1

	Cat.	Prioridade	Rank	(+)	(-)
1	Descarte irregular de resíduos	12,70%	3	2,50%	2,50%
2	Cobertura e uso da terra	26,90%	2	11,20%	11,20%
3	Pluviosidade	47,50%	1	15,90%	15,90%
4	Temperatura	8,30%	4	2,90%	2,90%
5	Altitude	4,60%	5	0,50%	0,50%

Fonte: AHP Priority Calculator, 2023

## CONCLUSÕES:

Os resultados parciais desta pesquisa mostraram que os fatores climáticos como pluviosidade, temperatura e o uso e ocupação do solo e o descarte indevido de resíduos sólidos se confirmam como principais influência na disseminação da dengue para a zona urbana do município de Governador Valadares. Sendo assim, a análise dos casos notificados aliado com os fatores climáticos mencionados no estudo, apresenta-se como uma ferramenta que auxiliará no combate do problema.

Com os resultados finais, será possível apresentar uma análise do conjunto de dados que possibilitarão identificar os locais com maior vulnerabilidade à reprodução do *Aedes aegypti* na zona urbana de Governador Valadares, além de contribuir para a previsão da epidemia e fornecer subsídios técnicos que poderão auxiliar na elaboração de um sistema de vigilância mais eficiente. Vale ressaltar que, com os resultados, será possível identificar como os fatores ambientais e sociais serão determinantes para a reprodução do vetor.

Logo, as ações governamentais para o controle da dengue necessitam da participação efetiva da sociedade durante todo o ano e não apenas no verão, período de maior ocorrência. Ainda, para que haja implicações relevantes na saúde pública, é necessário investir na melhoria das condições de urbanização, educação da população e coleta regular de lixo. Assim este trabalho demonstra ter grande relevância, pois seus resultados poderão auxiliar os gestores de saúde pública na elaboração de políticas municipais e de comunidades locais no combate e controle, mais eficiente, da dengue.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AHP Priority Calculator. Disponível em: < <https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php?lang=en>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

BARATA, Eudina AM de Freitas et al. População de *Aedes aegypti* (L.) em área endêmica de dengue, Sudeste do Brasil. *Rev. Saúde Pública.* 35(3):237-42, 2001.

BESERRA, Eduardo B. et al. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. *Neotropical Entomology* 35(6):853-860. November – December 2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde. 408 p. ISBN: 85-7346-045-8, 2004.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. Dengue: aspectos epidemiológicos, diagnóstico e tratamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde. 20p.: il. (Série A. Normas e Manuais Técnicos, nº 176), 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Programa Saneamento Básico / Ministério da Saúde. Brasília: Ministério da Saúde..48 p.: il. (Série C. Projetos, Programas e Relatórios; n. 57) ISBN 85-334-0421-, 2002..

CASTRO, Jackeline de Siqueira et al. Utilização de SIG e análise multicritério para seleção de áreas com potencial para a construção de universidades e loteamentos universitários. *Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba*, v. 21, nº 3, p.652-657, jul-set, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702015000300037>>. Acesso em 14 set. 2022.

CLIMA-DATA.ORG. Clima: Governador Valadares. 2022. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/governador-valadares-2879/t/mar%C3%A7o-3/>>. Acesso em 03 abr. 2023.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Saneamento e Saúde. Série Fiocruz – Documentos Institucionais / Coleção Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. ISBN: 978-85-8110-067-8, 2018.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Conheça as características do *Aedes aegypti*. Secretaria de Estado da Saúde do Espírito Santo, 2020. Disponível em: < <https://saude.es.gov.br/Not%C3%ADcia/conheca-as-caracteristicas-do-aedes-aegypti#:~:text=Com%20menos%20de%20um%20cent%C3%ADmetro,e%20das%2016h%20%C3%A0s%2019h.>>>. Acesso em: 22 mai. 2023.

GUIMARÃES, C. M. DE O. Novos valores, velhas questões: o planejamento urbano em Governador Valadares. Tese (Doutorado Ciências Humanas: sociologia e política)—Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Brasileiro de 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/governador-valadares/panorama>>. Acesso em: 5 set. 2022.

LONGARAY, Andrade et al. Análise multicritério de decisão e sua aplicação na gestão da saúde: uma proposta de revisão sistemática da literatura. *Exacta*, vol. 14, núm. 4, pp. 609-618. São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81049426005>>. Acesso em 11 jun. 2023.

MEIRA, Mara Cristina Ripoli et al. Influência do clima na ocorrência de dengue em um município brasileiro de tríplex fronteira. *Cogit. Enferm. [Internet]*. 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/ce.v26i0.76974>>. Acesso em: 08 mai. 2023.

NATAL, Delsio. Bioecologia do *Aedes aegypti*. *Biológico*. São Paulo, v.64, n.2, p.205-207, jul./dez., 2002.

PAIVA, Camilla Adriane de et al. Determinação da suscetibilidade espacial à Febre Amarela usando uma análise multicriteria. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, Vol. 114, 2019. Disponível em: <<https://orcid.org/0000-0001-9501-3645>>. Acesso em: 25 abr. 2023

PREFEITURA MUNICIPAL DE GOVERNADOR VALADARES. Plano Municipal de Saneamento Básico. N° de f. 90. maio de 2015.

SAATY, T. L. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill International, 1980.

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Dengue. Guia de Vigilância Epidemiológica. Caderno 9. Mato Grosso do Sul, 2010. Disponível em: < [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/uploads/2010/01/dengue\\_%20guia\\_vig\\_epid.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/uploads/2010/01/dengue_%20guia_vig_epid.pdf)>. Acesso em: 07 mai. 2023.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE - SMS/GV. Boletim Epidemiológico Arboviroses 09/2022 - Governador Valadares. Disponível em: <[https://www.valadares.mg.gov.br/abrir\\_arquivo.aspx/Boletim\\_Epidemiologico\\_Arboviroses\\_20\\_12\\_2022?cdLocal=2&arquivo=%7B25CE1C2E-7BAD-4A07-6EEE-EABC1D26A5E7%7D.pdf](https://www.valadares.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Boletim_Epidemiologico_Arboviroses_20_12_2022?cdLocal=2&arquivo=%7B25CE1C2E-7BAD-4A07-6EEE-EABC1D26A5E7%7D.pdf)>. Acesso em 06 mai. 2023.

SOUSA, Romario Rosa de; BLATT, Moema Couto Silva; NASCIMENTO, José Abel do. Uma análise da maior epidemia de dengue clássica acontecida na cidade de Cuiabá-MT. Revista Eletrônica do Curso de Geografia – Campus Jataí-UFG. Jataí-GO. n.19, jul-dez,2012. ISSN 1679-9860.

TAUIL, Pedro Luiz. Urbanização e ecologia do dengue. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 17(Suplemento):99-102,2001.

ZAMBON, Katia Livia. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. Pesquisa Operacional, v. 25, n. 2, p. 183-199, maio a agosto de 2005. Versão impressa ISSN 0101-7438/ versão online ISSN 1678-5142.

ZARA, Ana Laura de Sene Amâncio et. al. Estratégias de controle do Aedes aegypti: uma revisão. Epidemiol. Serv. Saude, Brasília, 25(2):391-404, abr-jun 2016. Disponível em < doi: 10.5123/S1679-49742016000200017>. Acesso em 18 abr. 2023.