

Maíra Moreira Morais

A proporção de Mata Atlântica remanescente no entorno de áreas urbanas relaciona-se à incidência de dengue?

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Álvaro E. Eiras

Co-orientador: Rogério P. Martins

Belo Horizonte

Instituto de Ciências Biológicas, UFMG

2011

Dedico essa dissertação a minha família:

Aos meus pais, Admilson e Maria,

meu irmão Gu, Vó Rita e à tia Iracilda.

SUMÁRIO

Sumário	2
Índice de Figuras	3
Índice de Anexos	4
Agradecimentos	5
Resumo	7
Abstract	9
Introdução Geral	11
Capítulo 1	
Introdução	19
Hipóteses.....	21
Materiais e Métodos	23
Resultados	34
Discussão	40
Capítulo 2	
Introdução	44
Hipóteses.....	47
Materiais e Métodos	48
Resultados	55
Discussão	60
Considerações Finais	64
Referências Bibliográficas	66
Anexos	79

1. ÍNDICE DE FIGURAS

- **CAPÍTULO 1**

Figura 1: Visualização da imagem classificada para cobertura vegetal de Mata Atlântica do Estado de Minas Gerais, com a distribuição dos municípios da amostra no mapa do Estado.

Figura 2: Visualização da imagem classificada para cobertura vegetal de Mata Atlântica, do Estado de Minas Gerais, com a delimitação da área urbana.

Figura 3: Determinação da circunferência de influência a partir dos limites do perímetro urbano do município de Caparaó, MG

Figura 4: Determinação da área de influência a partir dos limites do perímetro urbano do município de Caparaó, MG

Figura 5: Regressão Linear simples entre a prevalência dos casos de Dengue e a Proporção de Mata Atlântica.

Figura 6: Regressão Linear simples entre a prevalência dos casos de Dengue e o tamanho da área de Mata Atlântica na metodologia dos 500 metros

Figura 7: Regressão Linear simples entre a prevalência dos casos de Dengue e a temperatura média dos municípios.

Figura 8: Regressão Linear simples entre a prevalência dos casos de Dengue e temperatura média mínima dos municípios.

Figura 9: Regressão Linear simples entre a prevalência dos casos de Dengue e o PIB dos municípios.

Figura 10: Regressão Linear simples entre a prevalência dos casos de Dengue e o IFDM dos municípios.

Figura 11: Regressão Linear simples entre a prevalência dos casos de Dengue e a população dos municípios.

- **CAPÍTULO 2**

Figura 1: Agrupamento de fragmentos nos ‘arquipélagos’ utilizados na amostragem.

Figura 2: “Buffer” ao redor dos ‘arquipélagos’ de vegetação e as armadilhas referentes à amostragem.

Figura 3: Circunferência ao redor da armadilha, funcionando como área amostral para aferir a vegetação ao redor das armadilhas ao longo da área urbana.

Figura 4: Mapa da infestação de *Aedes aegypti* baseado na captura realizada pelas armadilhas MosquiTrap

Figura 5: Mapa da infestação de *Aedes aegypti* baseado na captura realizada pelas armadilhas MosquiTrap

Figura 6: Média da captura de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* nas armadilhas situadas em diferentes distâncias do fragmento de Mata Atlântica mais próximo

Figura 7: Box plot da captura de *Ae. aegypti* nos períodos de chuva e seca durante o ano de 2009.

Figura 8: Box plot da captura de *Ae. albopictus* nos períodos de chuva e seca durante o ano de 2009.

Figura 9: Box plot da captura de *Ae. albopictus* nos períodos de chuva e seca durante o ano de 2009.

Figura 10: Regressão Linear Simples entre os casos de dengue e a captura de *Ae. aegypti*.

Figura 11: Regressão Linear Simples entre os casos de dengue e a captura de *Ae. albopictus*.

Figura 12: Captura de *Aedes albopictus* e *Aedes aegypti*, no ano de 2009, na área urbana de Governador Valadares e os casos de Dengue registrados nesse período.

Figura 8: Área urbana de Governador Valadares e os fragmentos da vegetação Mata Atlântica situados em seus arredores.

2. ÍNDICE DE ANEXOS

Tabela 2: Tamanho da população dos Municípios com registros de prevalência de Dengue em 2006, 2007 e 2008.

Tabela 3: Grupos de municípios separados a partir do tamanho populacional, dimensão do raio da ‘circunferência de influência’ e área total da circunferência.

3. AGRADECIMENTOS

Elaborar uma dissertação de mestrado exige um conjunto de parcerias para que haja sucesso e o mínimo de sanidade mental ao término do trabalho.

A primeira parceria que devo agradecer inicia-se com Anderson Latini, dizendo ‘sim, você pode, você tem esse potencial’, me fazendo acreditar em mim. E quando a busca começa, devo agradecer Rogério Parentoni por aceitar uma aluna perdida e confusa à procura de pesquisa, e com tamanha simpatia, abriu as portas da UFMG para que eu seguisse em frente. Álvaro Eiras, por também receber uma desconhecida e permitir que o trabalho fosse levado adiante, mesmo sabendo que ecólogos são loucos e pensam muito diferente! David e Daniela por serem luzes no fim do túnel (sim, vocês sempre estavam lá!). E Marcelo Resende por me puxar as orelhas e acreditar no meu trabalho. Sem esquecer, lógico, de Leonardo e Cecília da Ecovec, tão dispostos a ajudar, vocês permitiram que o segundo capítulo dessa dissertação seguisse adiante com qualidade, sem vocês, as coisas teriam sido ainda mais complexas!

A segunda parceria, não menos importante e, com certeza, o que me impulsionou até aqui: a minha família. Os meus pais, que se empenharam em permitir que eu alcançasse o mestrado e levasse esse sonho adiante. Ao Gu por estar sempre me apoiando do seu jeito abstrato! E vó Rita, com força e fé, aplaudindo cada degrau vencido, tia Iracilda com toda a paciência e carinho com os quais me recebeu e tia Marília pelo apoio tão importante.

A terceira parceria, motivo de tantos risos e felicidade, inicia-se no curso de campo em 2009. A amizade e companheirismo de Fernanda e Cristiano, tão

importantes para manter meu equilíbrio mental durante essa dissertação! Sem esquecer de Marcela, divertida companheira dos dramas sobre de nós mesmas, pobres mestrandas: as luzes que se acendem sozinhas, as portas no caminho, as anomalias fisiológicas, tudo tão complexo! O curso de campo realmente mudou minha vida!

E a todos aqueles, que diretamente ou indiretamente influenciaram esse trabalho: Fred, pela paciência na secretaria (e Cris, que entrou depois, mas ajudou muito também), Renato Assunção e Bruno Godoy pelo auxílio com estatística, Tânia pelo apoio e por me apresentar meu fiel escudeiro, David. Ao Gui pela prestatividade absurda!

Sem esquecer do CNPq, pelo auxílio financeiro através da bolsa de mestrado concedida em 2010, à U.S. Fish and Wildlife Management pelo auxílio financeiro tão importante para realização das análises estatísticas e à FUMP, pela assistência durante o ano de 2009. A Vinícius por me auxiliar com a obtenção de parte dos dados e ao IEF-MG (Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais) por permitir o uso das imagens classificadas da vegetação Mata Atlântica nesse trabalho.

Muito obrigada, se não fossem vocês, eu não teria chegado até aqui!

4. RESUMO

O desmatamento altera as paisagens e resulta em modificações nas condições bióticas e abióticas dos remanescentes de vegetação e principalmente das áreas desmatadas. Tais modificações podem alterar os habitats ocupados por vetores aumentando a ocorrência de doenças vinculadas aos ambientes onde ocorreram as fragmentações ou às novas áreas devastadas. Considerando a dengue como uma doença transmitida por vetores, sua ocorrência pode diminuir em locais com cobertura vegetal, através da diminuição da capacidade vetorial do mosquito vetor, resultado de condições ambientais menos favoráveis ao ciclo de vida dos mesmos. Os remanescentes de vegetação podem também ser um agravante para ocorrência da dengue, funcionando como refúgio para os mosquitos no período que a área urbana torna-se inadequada para a sobrevivência dos mesmos. Neste trabalho, foram realizados dois estudos, separados em dois capítulos. No primeiro capítulo, foi utilizada a prevalência de Dengue em 67 municípios, analisando se há relação entre a doença, a cobertura vegetal, tamanho populacional, IFDM e o PIB. Através de Regressões Linear, as seguintes hipóteses foram analisadas: **i)** A proporção da vegetação Mata Atlântica no entorno dos municípios terá influência na prevalência da doença? Foram realizadas duas metodologias nessa hipótese: a) A partir das dimensões e do tamanho populacional do município, obteve-se um raio em torno da área urbana, chamada “área de influência”, dentro da qual toda a vegetação de Mata Atlântica foi aferida. b) A partir de um “buffer” de 500 metros em torno da área urbana da cidade, aferindo-se todos os fragmentos de vegetação que tocassem o “buffer”. Todo fragmento que tocou o buffer foi inteiramente

medido. Não houve efeito da área de Mata Atlântica sobre a incidência de Dengue em ambas as amostragens ('área de influência': $n = 67$, $p = 0,15$, $R^2 = 0,06$; "buffer": $n = 67$, $p = 0,1$, $R^2 = -0,01$). **ii)** O tamanho populacional dos municípios terá influência na proporção da população doente? Não houve relação entre as variáveis ($n = 67$, $p = 0,09$, $R^2 = 0,1$). **iii)** O PIB per capita dos municípios terá influência na proporção da população doente? Houve relação entre as variáveis ($n = 67$, $p = 0,00$, $R^2 = 0,42$). **iv)** O IFDM dos municípios terá influência na proporção da população doente? houve relação entre o as variáveis: $n = 67$, $p = 0,70$, Inclinação = $-1,24$, $R^2 = -0,01$.

O segundo capítulo utilizou dados de coleta da armadilha MosquiTrap, no município de Governador Valadares, MG, para observar se há áreas preferenciais de forrageamento de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em relação os fragmentos da vegetação de Mata Atlântica, imersas na área urbana e ao seu redor. Também foi observado se há diferenças de captura em relação à quantidade de vegetação (arborização urbana) ao redor da armadilha. Testou-se as seguintes hipóteses: **i)** Há diferença de captura dos mosquitos em relação à distâncias que as armadilhas estão dos fragmentos e à quantidade de arborização no entorno delas? Para as análises com *Ae. albopictus*, utilizou-se Regressão Múltipla e não foi observada relação significativa (Distâncias: $p = 0,2118$, Inclinação = $0,00$; $R^2 = 0,03$; Área de Vegetação: $p = 0,0921$, Inclinação = $0,00$, $R^2 = 0,03$). Considerando o vetor *Ae. aegypti*, utilizou-se Regressão Logística Múltipla e também não houve relação entre a presença de sua captura com as distâncias dos fragmentos e com as áreas de cobertura vegetal ao redor da armadilha (Distâncias: $p = 0,30$; Área de

Vegetação: $p = 0,989$). **ii)** Há diferença na captura dos vetores nos períodos de seca e chuva? Utilizou-se Test T para amostras dependentes e não foi observada diferença estatística na captura dos mosquitos nos dois períodos: *Ae. aegypti* ($t = -1,854$, $p = 0,07$); *Ae. albopictus* ($t = 1,31$, $p = 0,19$). **iii)** Há relação entre a captura dos vetores e os casos de dengue? Foi utilizada Regressão Simples e houve relação significativa entre a captura de *Ae. aegypti* e os casos de dengue ($p = 0,027$, Inclinação = $1,71$, $R^2 = 0,41$). No entanto, não houve relação entre a captura de *Ae. albopictus* e os casos de dengue ($p = 0,16$, Inclinação = $-1,27$, $R^2 = 0,13$).

Esses resultados, em conjunto, evidenciam que o clima, a sazonalidade e os fatores socioeconômicos são mais relevantes que a presença ou quantidade de vegetação para a transmissão da doença e devem ser considerados no planejamento de medidas de controle do vetor *Ae. aegypti*. No entanto, é necessário estudos que abordem a importância dos fragmentos de vegetação no ciclo de vida dos mosquitos, já que no interior e nas bordas da vegetação as condições bióticas e abióticas são muito distintas das áreas urbanas, podendo a vegetação servir como local de refúgio para os mosquitos no período que as condições da área urbana tornam-se desfavoráveis.

5. ABSTRACT

Deforestation alters the landscape and resulting in a change in biotic and abiotic conditions of the remaining vegetation and mostly deforested areas. Such changes may alter the habitats occupied by vectors increasing occurrence of diseases linked to the environments in which there were fragmentation or new areas devastated. Considering the dengue vector-borne disease, its occurrence may decrease in areas with vegetation cover, by reducing the vectorial capacity of mosquito vectors, the result of environmental conditions less favorable to the life cycle of the same. The remnants of vegetation can also be an aggravating factor for the occurrence of dengue, functioning as a haven for mosquitoes during the urban area becomes unsuitable for survival. In this work, two studies were performed, separated into two chapters. In the first chapter, we used the prevalence of Dengue in 67 counties, examining whether there is a relation between the disease, land cover, population size, PIB and IFDM. Through simple regressions, the following hypotheses were examined: **i)** the proportion of vegetation in the vicinity of the Atlantic cities will influence the prevalence of the disease? There were two methodologies such circumstances: **a)** From the dimensions and size of county population, we obtained a radius around the urban area, called "area of influence" within which the entire Atlantic Forest vegetation was measured. **b)** from a buffer of 500 meters around the area of the town, checking out all the fragments of vegetation that touch the buffer. Every piece that touched the buffer has been fully measured. No effect of the Atlantic Forest on the

incidence of dengue in both samples ("area of influence": $n = 67$, $p = 0.15$, $R^2 = 0.06$, "buffer": $n = 67$, $p = 0.1$, $R^2 = -0.01$). **ii)** The municipal populations will influence the proportion of people sick? There was no relationship between variables ($n = 67$, $p = 0.09$, $R^2 = 0.1$). **iii)** PIB per capita of cities will influence the proportion of people sick? There was a relationship between variables ($n = 67$, $p = 0.00$, $R^2 = 0.42$). **iv)** The IFDM municipalities will influence the proportion of people sick? was no relationship between the variables: $n = 67$, $p = 0.70$, slope = -1.24, $R^2 = -0.01$.

The second chapter collected data MosquiTRAP trap in the city of Governador Valadares, to see if there are preferred foraging areas of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in relation fragments of Atlantic Forest vegetation, immersed in the urban area and its surroundings. It was also noted that there are differences in catch relative to the amount of vegetation (urban forestry) around the trap. We tested the following hypotheses: **i)** There is difference of catch of mosquitoes in relation to the distances that the traps are fragments and the amount of trees in the surrounding areas? For analysis with *Ae. albopictus*, we used multiple regression and no significant relationship was observed (Distance: $p = 0.2118$, slope = 0.00, $R^2 = 0.03$; Area Vegetation: $p = 0.0921$, slope = 0.00, $R^2 = 0.03$). Considering the vector *Ae. aegypti*, we used multiple logistic regression and there was no relationship between the presence of his capture with the distances of the fragments and areas of vegetation around the trap (Distance: $p = 0.30$; Area Vegetation: $p = 0.989$). **ii)** There is a difference in the capture of the vectors in periods of drought and rain? We used t test for dependent samples and there was

no statistical difference in the capture of mosquitoes in two periods: *Ae. aegypti* ($t = -1.854$, $p = 0.07$), *Ae. albopictus* ($t = 1.31$, $p = 0.19$). **iii)** There is a relationship between capture and vectors of dengue cases? Simple regression was used and there was a significant relationship between the capture of *Ae. aegypti* and dengue fever ($p = 0.027$, slope = 1.71, $R^2 = 0.41$). However, there was no relationship between the capture of *Ae. albopictus* and dengue fever ($p = 0.16$, slope = -1.27, $R^2 = 0.13$).

These results, taken together, show that the climate, seasonal and socioeconomic factors are more relevant than the presence or amount of vegetation for disease transmission and should be considered when planning measures to control the vector *Ae. aegypti*. However, it is necessary studies that address the importance of fragments of vegetation in the life cycle of mosquitoes, since the interior and edges of vegetation biotic and abiotic conditions are very different from urban areas, the vegetation may serve as a place of refuge for mosquitoes in the period that the conditions of the urban area becomes unfavorable.

8. INTRODUÇÃO GERAL

Estima-se que, até o final do século passado, grande parte dos biomas tropicais tenha sido destruída em função de modificações antropogênicas significativas, como o estabelecimento de áreas agrícolas (FAO, 1993). Atualmente, a Mata Atlântica é um dos biomas tropicais mais fortemente ameaçados: mais de 80% dos fragmentos, têm tamanho reduzido, sendo menores que 50 hectares, muito fragmentados e isolados, além de conterem apenas cerca de 1% de sua vegetação original sob a forma de Unidades de Conservação (Ribeiro et al., 2009). Assim, o processo de fragmentação da vegetação Mata Atlântica resultou em um mosaico composto por áreas em diversos estágios de sucessão (Saunders et al., 1991; Conservação Internacional do Brasil, 2000).

O impacto da fragmentação é quase imediato sobre certas populações de organismos. Entretanto, algumas conseqüências negativas do isolamento dos fragmentos nem sempre são óbvias e, por isso, devem ser avaliados com bastante cautela. A fragmentação pode alterar, por exemplo, o funcionamento de processos ecológicos, tais como a polinização e a predação, além de promover alterações microclimáticas, resultantes de mudanças na radiação luminosa e/ou na umidade, características fundamentais para muitos organismos (Laurence, 1991, 1994; Young and Mitchell, 1994).

Prejuízos como estes podem fazer com que a fragmentação de habitats resulte, também, na perda de serviços prestados ao homem pelos componentes dos ecossistemas (Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica, 2006).

Estes serviços resultam dos benefícios economicamente mensuráveis que os seres humanos recebem dos ecossistemas, o que permite a chamada valoração do meio natural (Costanza & Daly, 1992; Costanza *et al.*, 1997). Entre os diversos serviços ambientais, pode-se citar a disponibilidade de alimentos, combustível, fibras, água e recursos genéticos; os serviços que dão suporte a outros tipos de serviços, tais como a gênese de solos e ciclos de nutrientes; os serviços culturais, tais como o desenvolvimento cognitivo, atividades de recreação e valor espiritual e/ou religioso, além de outros benefícios não materiais que o homem pode obter utilizando-se da natureza; e, finalmente, há os chamados serviços de regulação, tais como a manutenção da qualidade do ar, o controle da erosão, de secas e enchentes, a depuração da água e o controle de doenças (Mainka *et al.*, 2005).

A fragmentação dos ambientes naturais e, portanto, a diminuição dos serviços de ecossistemas, podem afetar a saúde da população humana no planeta e de populações locais (Avaliação Ecológica do Milênio, 2006). Assim, não é surpresa que estudos sobre a distribuição geográfica de parasitas e de doenças transmitidas por vetores revelem a existência de sinergismo entre a destruição de florestas tropicais, a perda de biodiversidade e impactos potenciais em saúde humana (Marques, 1995). As alterações ambientais podem modificar diretamente a estrutura das populações e as comunidades de vetores e ‘hospedeiros’ de doenças transmitidas ao homem e aos animais, em função de alterações na intensidade das relações entre predadores, competidores e espécies-chave, espécies-praga e patógenos, o que têm contribuído para a ressurgência de doenças infecciosas transmissíveis (McMichael *et al.*, 2003).

Comunidades muito ricas em espécies caracterizam-se pela diversidade de hospedeiros de doenças transmitidas por vetores, mas, estes podem ter baixa eficiência em transmitir agentes etiológicos (espécies-reservatório incompetentes), um fenômeno conhecido como “efeito de diluição” (Hudson et al., 1995; Ostfeld & Keesing, 2000; Schmidt & Ostfeld, 2001; LoGuidice et al., 2003; Dobson et al., 2006; Keessing et al., 2006). Entretanto, comunidades de hospedeiros ricas em espécies-reservatório, mesmo sendo esses incompetentes, podem aumentar a densidade de vetores, já que podem proporcionar um maior número de fontes alimentares, ou seja, maior quantidade de recurso do que é encontrado em comunidades mais pobres em espécies. Tais comunidades possibilitam a ocorrência de população de vetores com maior probabilidade de se alimentarem e, portanto, transmitir doenças do que populações que ocorrem em comunidades mais pobres em espécies. Assim, as características das comunidades podem, simultaneamente, decrescer a prevalência de infecções, como também, aumentar a densidade da população de vetores. Isto gera efeitos imprevisíveis na transmissão de doenças frente às alterações ecológicas que modificam a estrutura de tais comunidades (Schmidt & Ostfeld, 2001).

Há estudos que relacionaram a fragmentação de florestas à variabilidade climática e à transmissão de doenças, tal como o aumento na transmissão de malária observado em regiões desmatadas da África (Matola *et al.*, 1987; Lindblade *et al.*, 2000). Este aumento foi justificado pela influência positiva do incremento da temperatura ambiente local, causada pela ausência da vegetação, que diminuiu o tempo de desenvolvimento e aumentou a produtividade larval do

vetor, além de promover aumentos na taxa reprodutiva dos mosquitos. Não apenas a densidade de larvas e adultos dos mosquitos aumenta em áreas desmatadas, mas também a frequência de picadas e, conseqüentemente, a eficiência de transmissão da doença pelo o vetor (Yaw *et al.*, 2006). As alterações de temperatura podem levar os casos de malária, na África, de zero a uma situação epidêmica (Hay *et al.*, 2004). Estes estudos demonstraram que alterações na cobertura vegetal podem afetar as condições abióticas locais com conseqüências para a transmissão de doenças transmitidas por vetores.

Considerando-se o meio urbano como área de estudo, um fenômeno conhecido como UHI (do inglês “*Urban Heat Island*”) pode explicar alterações locais de temperatura (Arnfield, 2003). Estas alterações são resultado da perda de permeabilidade do solo e da retirada da vegetação, que reduzem a evapotranspiração e aumentam a absorção de energia solar pela superfície terrestre (Buyantuyev & Wu, 2010) Em contrapartida, áreas recobertas por vegetação, próximas de áreas urbanas, reduzem o calor latente em seus arredores, produzem áreas sombreadas e, deste modo, contribuem para reduzir a temperatura (Jonsson, 2004; Spronken-Smith, 1996). A diferença de temperatura entre áreas pavimentadas e áreas recobertas por vegetação está entre 7°C e 9°C, dependendo do período do ano, no caso da região metropolitana de Phoenix, no Arizona, Estados Unidos (Buyantuyev & Wu, 2010). Essas alterações resultantes das diferenças de cobertura do solo resultam em um grande mosaico de temperaturas, no qual pontos mais quentes poderiam favorecer a diminuição do tempo de duração do ciclo de vida de mosquitos vetores.

Aumentos de temperatura podem gerar mudanças nos índices pluviométricos, o que também pode resultar em modificações locais ou regionais na estrutura populacional de organismos. Estas alterações também podem ocasionar mudanças estruturais nos habitats ocupados por vetores de doenças e afetar a sua localização espacial (latitudes e altitudes), temporal (sazonal e interanual) e histórica (Khasnis & Nettleman 2005; Laferty, 2009).

Atualmente muitas doenças humanas são restritas ou têm maior prevalência em regiões tropicais e subtropicais (Ostfeld, 2009). A concentração das doenças de maior interesse para saúde pública nos trópicos pode ser consequência da incapacidade dessas doenças se estenderem para as regiões temperadas em virtude de sua especificidade de vetores e/ou de reservatórios animais (Wolf et al. 2007). Assim, o entendimento da ecologia dos vetores e reservatórios em regiões tropicais pode ser a chave para prever os efeitos das alterações ambientais sobre doenças infecciosas transmissíveis que acometem as populações humanas (Laferty, 2009).

- **Arboviroses**

Quando a transmissão de um vírus entre o reservatório e o hospedeiro humano é realizada por intermédio de um artrópode, a doença resultante é considerada uma arbovirose (Schmidt & Ostfeld, 2001). Para uma arbovirose existir e se propagar, o artrópode precisa ser suficientemente generalizado na escolha de hospedeiros, selecionando não-humanos ('reservatório') e humanos como fonte de recursos, acompanhando o ciclo de vida do agente etiológico.

No Brasil ocorrem diversas arboviroses, transmitidas, principalmente, por mosquitos e que, frequentemente, apresentam explosões de incidência (Consoli & Oliveira, 1994). Mosquitos são muito sensíveis a mudanças de temperatura e a alterações que resultam do aquecimento de seu ambiente, o que promove o aumento de suas taxas reprodutivas, da frequência de picadas, prolonga seu período de reprodução e encurta a maturação dos microrganismos patógenos transportados por eles (Epstein *et al.*, 1998; Focks & Barrera, 2007, Câmara *et al.*, 2009).

- **Dengue**

O mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* Linnaeus (1762) (Diptera: Culicidae), considerado o principal vetor da dengue, é uma espécie de origem africana, que foi re-introduzida no Brasil em 1985 (Soper, 1963; Rodhain & Rosen, 1997). Por ser um vetor domiciliado, utiliza-se de diversos tipos de criadouros cuja água independe diretamente da chuva e, dessa forma, são menos afetados pela sazonalidade (Watts *et al.* 1985). O pico de transmissão da doença, no período chuvoso, parece não se relacionar com a densidade do vetor, mas com o aumento da sobrevivência dos mosquitos adultos nas condições de temperatura e umidade desta estação (Gubler 1989). A maior sobrevivência contribui para aumentar a probabilidade de que fêmeas infectadas completem o período de replicação do vírus, tornando-se infectantes (Gubler 1989).

Outro possível vetor da Dengue é *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse (1895), espécie também de origem africana e introduzida no Brasil (Foratini, 2002) e que possui capacidade de transmitir os 4 sorotipos causadores da Dengue,

comprovada em condições experimentais (Mitchell et al.; 1987). Os habitats ocupados por este mosquito são diferentes daqueles ocupados pelo *A. aegypti*: *Ae. albopictus* é registrado em áreas situadas a altitudes comparativamente mais elevadas, com temperaturas médias mais baixas. Além disso, enquanto o *A. aegypti* apresenta alta endofilia (facilmente encontrado no interior das moradias humanas), o *A. albopictus* tem hábitos peridomiciliares e silvestres (Eiras 2005).

Dentre as arboviroses, a Dengue é hoje uma das mais importantes do mundo. Cerca de 2,5 bilhões de pessoas correm risco de se infectar, particularmente, nos países tropicais onde a temperatura e a umidade elevadas são favoráveis à proliferação do mosquito vetor (WHO, 2003). Entre as doenças ressurgentes, a dengue é a que se constitui no mais grave problema de saúde pública do Brasil (Tauil 2002). Além das facilidades de proliferação e disseminação do vetor, associadas às condições atuais de vida urbana, o combate ao mosquito é limitado (Chieffi 1985). Somado a isso, existe a transmissão vertical do vírus da dengue, que constitui-se da transmissão que ocorre da fêmea para seus ovos, por exemplo (Khin & Than, 1983). A transmissão vertical é relevante na prevalência e sobrevivência do vírus na natureza (Vilela et al.; 2010) Medidas de controle, tais como, o uso de inseticidas, ações educativas e de manejo ambiental, geralmente, não são eficientes para controlar as populações do vetor (Carvalho et al. 2004).

Dois exemplos sobre as dificuldades para controlar a dengue são os de Singapura e Cuba. Desde o início da década de 1990, Singapura registrou baixo número de pessoas com positividade de anticorpos para o vírus da dengue em sua

população (soroprevalência), mantendo o controle da incidência da doença por cerca de 15 anos. Entretanto, recentemente, houve a ressurgência de dengue, apesar dos baixos níveis de infestação larval registrado nas residências (Ooi *et al* 2006). Em Cuba, ocorreu situação semelhante: mesmo depois da redução da presença de larvas nas residências a 0,01%, houve nova explosão nos casos da doença em 2006 (Kyle & Harris 2008). Apesar destes países serem considerados como modelos em programas efetivos de erradicação da doença, a mesma não pode ser eliminada, em virtude da sua constante reintrodução, por meio do fluxo de pessoas provenientes de áreas infectadas. Além disso, a baixa imunidade da população, resultante do sucesso no controle do vetor nestes países, torna mais elevada o nível de suscetibilidade destes ao vírus reintroduzido (Kyle & Harris 2008).

A eficiência do controle da dengue depende da motivação das comunidades e de seu conhecimento de práticas para redução dos locais de oviposição do mosquito (Kyle & Harris, 2008). No entanto, o aumento do tamanho das populações humanas e a conseqüente urbanização sem planejamento, infraestrutura e abastecimento de água resultam no aumento de reservatórios de água, tais como, vasilhames de plástico que, sem a coleta de lixo, são descartados ao ar livre (Gubler, 1997; Knudsen & Silloft, 1992; Rodain & Rosen, 1997), o que contribui para a existência de numerosos locais de oviposição para o *Aedes* (Kyle & Harris 2008). Portanto, o combate à dengue deve considerar não apenas o aumento do tamanho das populações humanas, mas também, de locais disponíveis

para o crescimento das larvas do vetor, além da disseminação do mosquito e do vírus para novas regiões geográficas (Kyle & Harris, 2008).

9. CAPÍTULO 1

A proporção de Mata Atlântica remanescente no entorno de áreas urbanas correlaciona-se à incidência de dengue?

I. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a ampliação das atividades humanas resultam em áreas urbanas grandes e contínuas, substituindo a cobertura vegetal, alterando a paisagem e afetando a epidemiologia de doenças transmitidas por vetores.

São conhecidas relações positivas entre locais com baixa cobertura vegetal, altas densidades populacionais e a alta frequência de *A. aegypti* (Braks et al., 2003). Essa relação ocorre, primeiramente, porque áreas com maior concentração de indivíduos e forte adensamento populacional, grande diversidade econômica, alta densidade de lotes vazios e deficiência no sistema de coleta de esgoto, favorecem a transmissão de dengue (Santos 1999, Barrera et al. 2000, Tauil 2001). Geralmente essas características estão associadas com áreas de expansão urbana descontrolada, onde a vegetação é substituída por ocupação antrópica, em áreas carentes de saneamento e infraestrutura, fatores relevantes na incidência de dengue (Gubler, 1994).

Tais características das áreas urbanas podem influenciar o ciclo de vida do mosquito por favorecerem a capacidade vetorial do *Ae. aegypti* (Reisen, 1989), ou seja, alterarem a propriedade do vetor de transmitir a infecção ao homem em condições naturais. A capacidade vetorial depende da combinação de fatores relativos à competência vetorial dos mosquitos, somado a outros fatores como a densidade, antropofilia, taxa de picadas, taxa de sobrevivência diária e tempo de incubação do vírus no organismo vetor (Forattini, 1992).

Além disso, não só as características das populações humanas podem alterar a capacidade vetorial, mas também a presença da vegetação, que pode influenciar diretamente na diminuição da capacidade vetorial do mosquito (Matola *et al.*, 1987, Lindblade *et al.*, 2000, Yaw *et al.*, 2006).

Nos locais onde a vegetação foi retirada há alterações referentes às condições de temperatura que tendem a aumentar em locais onde não há cobertura vegetal (Jonsson, 2004; Spronken-Smith, 1996; Buyantuyev & Wu, 2010). A influência da vegetação ocorre, principalmente, no interior e há alguns metros da borda dos fragmentos, mas essa influência pode alcançar distâncias maiores, havendo registros de aumento de 1° C a cada 500 metros de afastamento da borda da vegetação (Upmanis *et al.*, 1998). Mesmo com alterações tão pequenas na temperatura do ambiente, a sensibilidade dos mosquitos à temperatura (Epstein *et al.*, 1998; Focks & Barrera, 2007, Câmara *et al.*, 2009) torna possível o efeito da vegetação sobre o ciclo de vida do vetor.

Existem, também, alterações bióticas quando consideramos locais com presença e ausência de vegetação, sendo que a ausência de vegetação diminui a diversidade local, altera o equilíbrio entre espécies e pode favorecer algumas populações, inclusive de espécies transmissoras de doenças (McMichael *et al.*, 2003).

Logo, as alterações ambientais resultantes da redução da cobertura vegetal e as características populacionais e econômicas dos municípios podem modificar a transmissão da dengue em ambientes urbanos.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sensoriamento remoto e computação moderna tem sido novas ferramentas utilizadas para estudar a epidemiologia de paisagem de arboviroses (Reisen, 2009). Nesse estudo, o uso de SIG e sensoriamento remoto foi integrado com informações sobre a incidência de dengue, as temperaturas médias e a distribuição da vegetação Mata Atlântica nos municípios de Minas Gerais, para verificar se existe relação entre esses fatores que possa caracterizar a ocorrência da doença nessa região. Os objetivos desse trabalho foram: (i) verificar se existe relação entre a temperatura e a prevalência da doença; (ii) verificar se existe relação entre a cobertura vegetal e a prevalência de dengue e (iii) verificar se existe relação entre o PIB, IFDM e o tamanho populacional com a prevalência de dengue.

II. HIPÓTESES E PREVISÕES:

- Hipótese 1: A prevalência dos casos de dengue está relacionada à temperatura média dos municípios?

Previsão: Quanto mais elevadas forem as temperaturas médias e temperaturas médias mínimas dos municípios, maior será a proporção de incidência de dengue.

- Hipótese 2: A prevalência dos casos de dengue está relacionada à proporção de cobertura vegetal ao redor dos municípios?

Previsão: Quanto maior for a proporção de áreas com cobertura de mata ao redor dos municípios, menor será a proporção da população doente.

- Hipótese 3: A prevalência dos casos de dengue está relacionada ao PIB dos municípios?

Previsão: Quanto maior for o valor do PIB dos municípios, menor será a proporção da população doente.

- Hipótese 4: A prevalência dos casos de dengue está relacionada ao IFDM dos municípios?

Previsão: Quanto maior for o valor do IFDM dos municípios, menor será a proporção da população doente.

- Hipótese 5: A prevalência dos casos de dengue está relacionada ao tamanho populacional dos municípios?

Previsão: Quanto maior for o tamanho populacional do município, maior será a proporção de incidência de dengue.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados 67 municípios do Estado de Minas Gerais (listados na Tabela 1 anexa), localizados dentro do domínio da Mata Atlântica. Apenas foram incluídos na amostragem municípios que possuíam originalmente 100% de cobertura vegetal deste bioma, segundo dados disponíveis no site da Fundação SOS Mata Atlântica (<http://www.sosmatatlantica.org.br>).

Os dados de incidência de dengue utilizados neste trabalho, disponibilizados pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), são dados municipais, sem distinção entre diferentes distritos. Com isso, haveria a possibilidade de aferirmos a área de vegetação ao redor da sede do município e os casos estarem mais relacionados a algum de seus distritos. Sendo assim, também foram excluídos da amostra municípios que possuíam distritos presentes no registro do IBGE.

Considerando-se que os vetores da dengue *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* são espécies introduzidas no Brasil (Soper, 1963, Forattini, 2002) e, portanto, não ocorrendo naturalmente na área amostral, foram incluídos na amostra apenas os municípios que já haviam apresentado algum caso de dengue registrado entre os anos de 2001 a 2008. O SINAN disponibiliza dados anuais e autóctones, o que permite a observação dessa série histórica (desde 2001 até o ano de 2008), incluindo na amostra apenas os municípios que apresentaram registros da doença e, deste modo, onde o vetor já está presente. No entanto foram considerados na amostra apenas os registros de incidência de casos autóctones dos anos de 2006,

2007 e 2008, sendo as imagens de satélite correspondentes a 2007 e os anos de 2006 e 2008 também foram incluídos em função da precariedade dos dados de incidência.

Para o teste da previsão da primeira hipótese, foram utilizados os dados das temperatura originados das Normais Climatológicas que é uma série histórica de dados obtidos a partir dos dados de temperatura registrados de 1961 a 1990, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nesse trabalho foram utilizadas temperaturas médias e temperaturas médias mínimas desse período, considerando que esses dados não são específicos para cada município, e sim, dados regionais, obtidos por estações meteorológicas. A utilização desses dados visou determinar o padrão climático de temperaturas dentro do qual os municípios estão situados, visto que o trabalho aborda municípios de diferentes regiões no estado de Minas Gerais. Como não existem dados mais recentes das Normais Climatológicas, optou-se por utilizar esses dados, pois mesmo com a defasagem de tempo, os dados permitem a determinação de um padrão de clima, já que representam 30 anos contínuos de dados coletados.

Para aferir a cobertura remanescente de Mata Atlântica nos municípios foram utilizadas imagens classificadas quanto à vegetação, cedidas pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG). Estas imagens mostram apenas os fragmentos de Mata Atlântica (sem distinção entre fragmentos de mata primários e secundários) sendo, portanto, excluídas outras formações vegetais que

pudessem ser confundidas com os fragmentos, sendo as imagens de satélite utilizadas para a classificação referentes ao ano de 2007 (Figura 1).

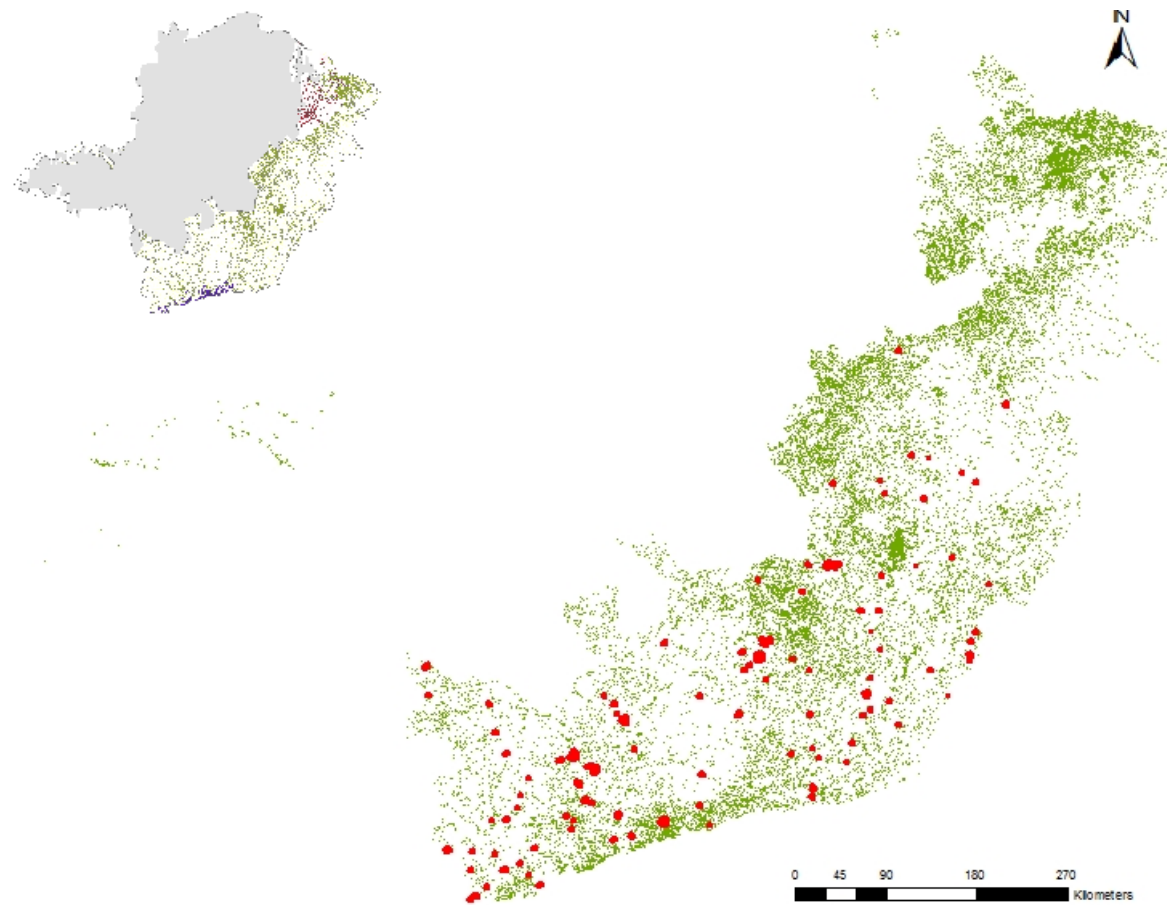


Figura 1: Imagem da cobertura vegetal de Mata Atlântica (em verde) do Estado de Minas Gerais, com a distribuição dos municípios na área amostral(em vermelho).

Para possibilitar as análises necessárias para o teste das hipóteses propostas, foram incluídos apenas municípios para os quais estavam disponibilizadas imagens de alta definição no Google Earth, sem nuvens encobrendo a área urbana e, além disso, foram eliminados municípios que possuíam áreas urbanas que sobrepunham a área urbana de outros municípios.

Inicialmente as imagens dos municípios selecionados foram coletadas como amostras no Google Earth. No software Arcgis 9.3 essas imagens foram georreferenciadas, obteve-se as dimensões e limites da área urbana. Foi considerado “perímetro urbano” toda extensão que tivesse ocupação antrópica, seja por meio de construções civis, loteamentos, fábricas, dentre outros. Essa delimitação gerou um contorno que foi sobreposto à imagem da Mata Atlântica classificada (Figura 2).

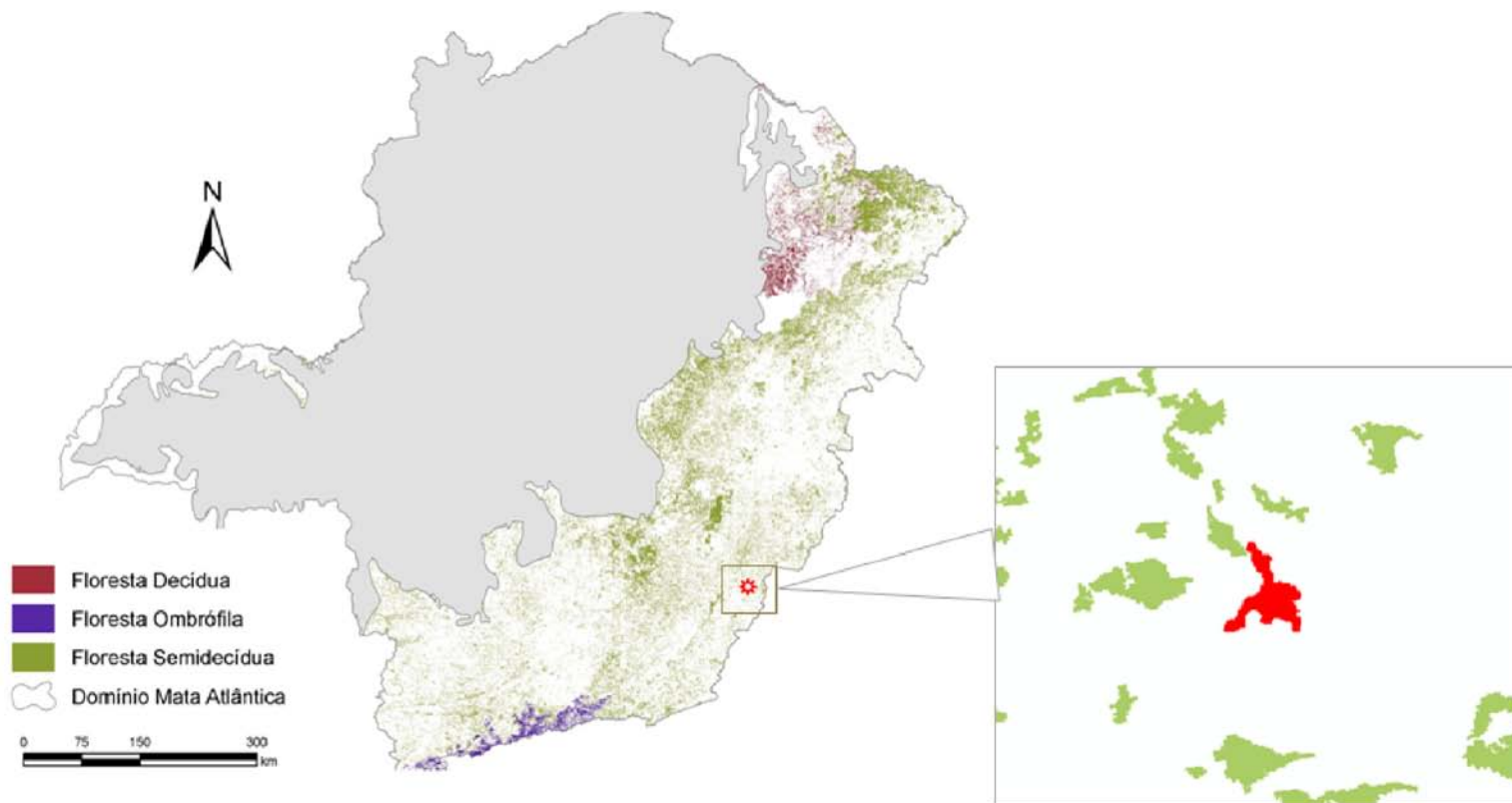


Figura 2: Visualização da imagem classificada para cobertura vegetal de Mata Atlântica (em verde) e sua localização no estado de MG, com o limite da área urbana sobreposto na imagem (em vermelho). Município de Caparaó. Fonte: Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF – MG)

A área total dos municípios não foi utilizada nesta amostragem, mas sim, uma “área de influência” com base nas dimensões da área urbana dos municípios, além de dados populacionais dos mesmos. Os fragmentos de mata foram aferidos apenas nos limites destas áreas. Como o padrão da distribuição espacial do *Ae. aegypti* depende de diversos fatores ambientais, naturais ou artificiais, não sendo uniforme para as diferentes localidades infestadas (Gomes et al., 2005), a “área de influência” considerou a possibilidade de dispersão deste vetor

Determinou-se o raio da circunferência da “área de influência” dentro da qual a vegetação foi aferida. Para tal considerou-se a dimensão da área urbana, que em sua extensão contém áreas desmatadas utilizadas para expansão de áreas habitadas, além de diversas outras formas de interferência como depósitos de lixo, terrenos abandonados, etc. Pode-se supor que existe uma área ao longo das margens do perímetro urbano que sofre influência da urbanização. Sendo assim, um dos fatores considerados na amostragem foi o maior comprimento da área urbana de cada município, ou seja, a maior distância entre as extremidades do perímetro urbano.

Entretanto, utilizar apenas o valor do maior comprimento como base para estabelecer o raio é tendencioso, pois o tamanho da população humana, fator importante na dinâmica da transmissão de arboviroses (Tauil, 2001), não está representado desta forma. Um município pode ter a área urbana alongada, formada por ruas estreitas e contínuas e ter uma população pequena em relação a outro município que tem o formato arredondado, comprimento da maior diagonal parecido com o primeiro e, no entanto, possuindo população muito maior. Portanto, foram estabelecidos grupos de municípios reunidos de acordo com dados populacionais: até 5.000 habitantes, de 5.001 a 10.000,

de 10.001 a 15.000, de 15.001 a 25.000, de 25.001 a 35.000 e acima de 35.000. Para cada um destes grupos obteve-se a média do comprimento das suas extremidades mais distantes. Este valor médio foi multiplicado por 2, para obter uma área que incluísse todas as extremidades dos municípios, mesmo daqueles mais alongados (Tabela 2). O valor encontrado para cada grupo correspondeu ao raio da “área de influência” que foi disposta ao redor dos municípios, uma forma de amostragem que considera o conjunto “área urbana-população”. No software Image J 1.43u realizou-se a aferição do tamanho dos fragmentos presentes ao redor da área urbana dos municípios a partir de duas metodologias criadas para determinar a área dentro da qual a vegetação seria aferida. Todo fragmento ou parte de fragmento de Mata Atlântica presente no interior da circunferência foi aferido (Figura 3).

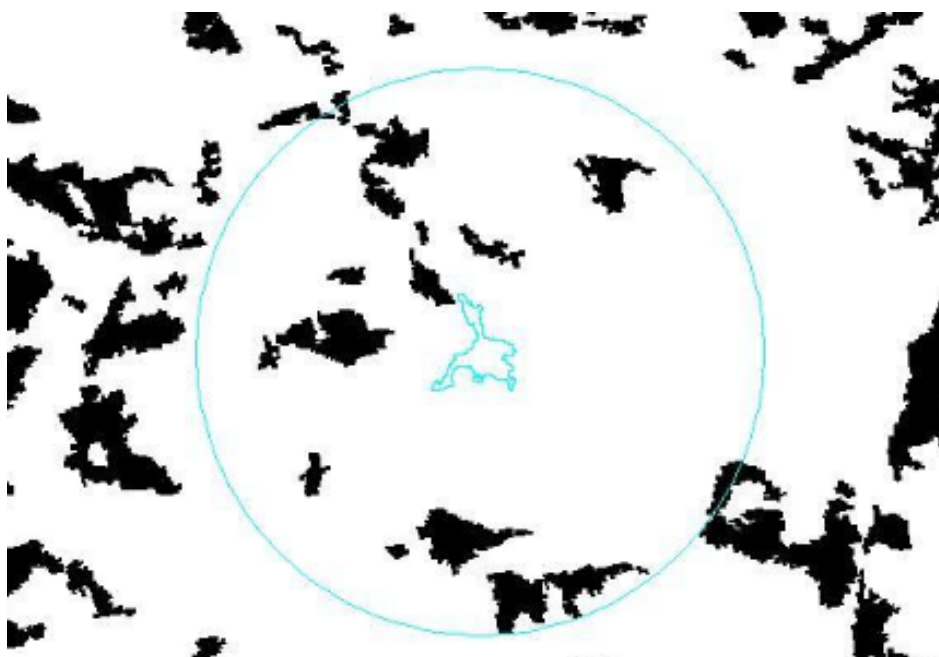


Figura 3: Determinação da “área de influência” a partir dos limites do perímetro urbano do município de Caparaó, MG. O município ao centro e a circunferência, ambos em azul e os fragmentos de Mata Atlântica em preto.

Após obter as áreas com cobertura vegetal presentes nas “áreas de influência”, foi obtida a Proporção de Mata Atlântica (PMA), a partir da razão entre a área de mata atlântica presente na circunferência e a área total da circunferência ($PMA = \frac{\text{Área dos fragmentos remanescentes}}{\text{Área total da circunferência}}$). Na Tabela 2 anexa é possível visualizar o raio e a área das circunferências para cada grupo de municípios.

Uma segunda metodologia foi utilizada para determinação de outra “área de influência”, baseada em um “buffer” ou contorno dentro da qual foi aferida a área de vegetação. A partir das imagens georreferenciadas dos municípios, sobrepostas às imagens da mata atlântica, foi estabelecida uma área ao longo do limite do perímetro urbano, a uma distância de 500 metros de seu contorno. Esta distância tem como base a chamada “área de amortecimento” ao redor de unidades de conservação (Lei nº 9.985/2000, artigo 2º), considerando-se a área urbana como um fragmento influenciado pela paisagem que o circunda. Além disso, a distância de 500 metros é aceitável dentro do que foi observado sobre a dispersão do vetor (Maciel-de-Freitas & Lourenço-de-Oliveira, 2009). Todos os fragmentos existentes dentro deste limite de 500 metros ou que o tocassem tiveram sua área total aferida e comparada aos casos de incidência de dengue. Esta metodologia foi realizada no software Image J (Figura 4).

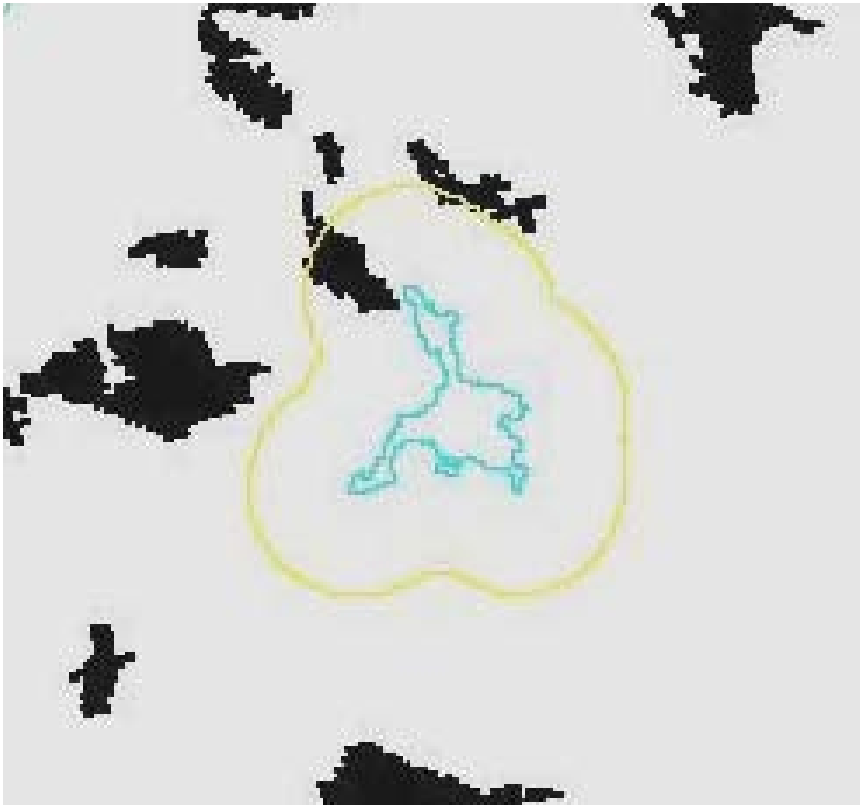


Figura 4: Determinação da 'área de influência', em amarelo, a partir dos limites do perímetro urbano do município de Caparaó, MG, em azul.

A utilização de ambas as metodologias permite obter dados considerando perspectivas diferentes. A circunferência tem o objetivo de obter a aferição de uma área padrão, próxima da área urbana. Por intermédio da padronização das áreas em relação à dimensão da área urbana e o tamanho populacional do município foi possível compararmos toda a amostra de municípios com diferentes tamanhos de área urbana e tamanhos populacionais.

Por meio da utilização da metodologia dos 500 metros, além da possibilidade de comparar toda a amostra, há a possibilidade de aferirmos o tamanho total dos fragmentos e não só a parte contida na área amostral. Se houver alguma relação entre a

vegetação e a incidência das doenças, é necessário compreender se a influência da vegetação ocorre em virtude da concentração da vegetação próxima à área urbana ou em função da presença de grandes fragmentos próximos das áreas urbanas.

Os dados socioeconômicos utilizados neste trabalho foram PIB per capita, tamanho populacional e o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM). Este último foi utilizado em substituição ao índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios (IDH-M) porque o IDH-M disponibilizado é do ano 2000, um dado desatualizado 7 anos em relação à amostra. O IFDM foi criado pelo Sistema FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro) e supre a inexistência de um parâmetro para medir o desenvolvimento socioeconômico dos municípios e distingue-se por ter periodicidade anual, recorte municipal e abrangência nacional, utilizando como parâmetros emprego e renda, educação e saúde. Além disso, as fontes de dados do IFDM são oficiais e sua metodologia permite a comparação quantitativa serial e temporal dos municípios analisados.

Os valores de altitude, PIB per capita e tamanho populacional dos municípios foram obtidos através do site do IBGE (<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>). O IFDM foi obtido no site do Sistema FIRJAN (<http://www.firjan.org.br/>).

Análise dos dados

Em todas as análises realizadas foram empregadas regressões lineares simples. A partir dos dados de incidência obteve-se a prevalência dos casos em cada ano, por 10.000 habitantes e obtida a média dessa prevalência. Para isso utilizou-se o tamanho populacional do ano de 2009, disponibilizado pelo IBGE.

Na amostragem que utiliza a circunferência de influência obteve-se a proporção de Mata Atlântica a partir da razão da área de Mata Atlântica e a área total da circunferência de amostragem dos municípios. Entretanto, para a metodologia dos 500 metros, não foi necessária a transformação, foram utilizados os dados brutos, em m².

Para testar as previsões das demais hipóteses foram utilizados os dados de incidência de dengue transformados e dados brutos de temperatura, PIB, IFDM, altitude e população. A análise dos resíduos das regressões mostrou que a variação dos dados seria adequada para o método utilizado. As análises foram efetuadas por meio do software R (<http://www.R-project.org>).

IV. RESULTADOS

Considerando-se as temperaturas médias dos municípios, houve relação positiva e significativa entre a temperatura média e a prevalência de dengue ($n = 67$, $p = 0.00$, Inclinação (\log) = 5,2, $R^2 = 0,17$) (Figura 5). Também houve relação positiva e significativa entre a temperatura média mínima e a prevalência de Dengue ($n = 67$, $p = 0.00$, Inclinação (\log) = 3,4 , $R^2=0,16$) (Figura 6).

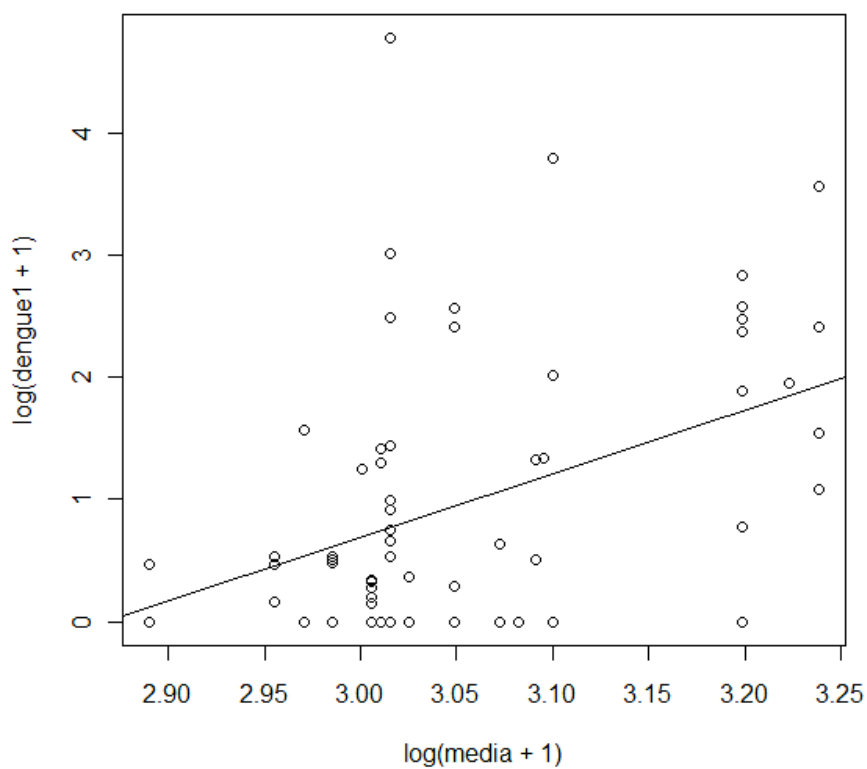


Figura 5: Relação entre a prevalência dos casos de Dengue [$\log (\text{dengue1} + 1)$] e as temperaturas médias [$\log (\text{media}+1)$], em 67 municípios do Estado de Minas Gerais

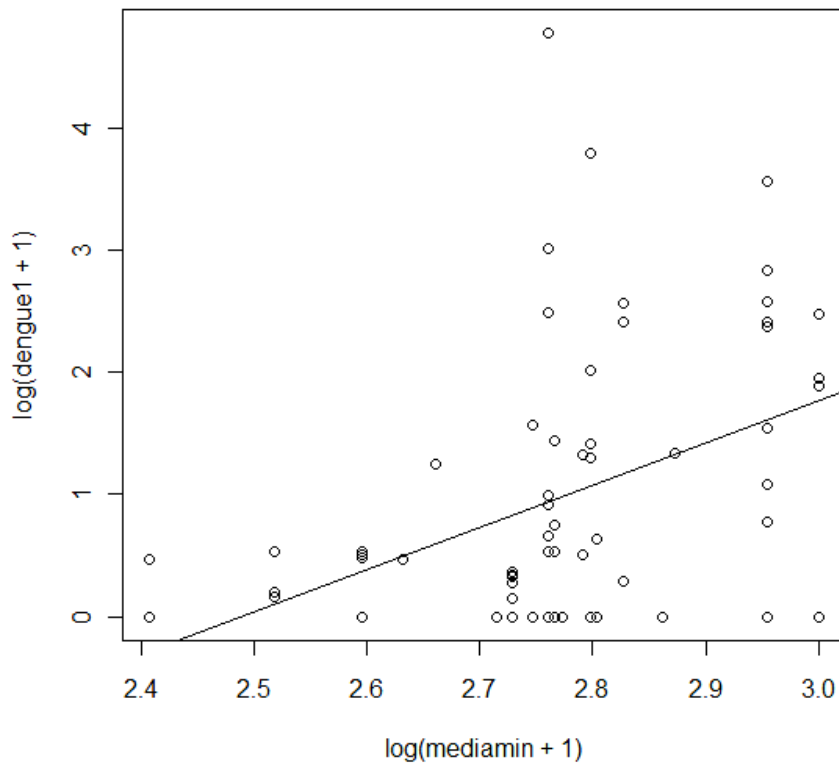


Figura 6: Relação entre a prevalência dos casos de Dengue [$\log(\text{dengue1} + 1)$] e as temperaturas médias mínimas [$\log(\text{mediamin} + 1)$], em 67 municípios do Estado de Minas Gerais

Não houve relação significativa entre a cobertura vegetal de mata atlântica e a prevalência dos casos de dengue nos dois métodos de estimativa. Para as análises com a metodologia da 'área de influência', obteve-se: $n = 67$, $p = 0.46$, Inclinação (log) = -1,14, $R^2 = 0,00$ (Figura 7). Fazendo-se as análises com a metodologia dos 500 metros, obteve-se: $n = 67$, Inclinação (log) = 0,00, $p = 0.95$, $R^2 = -0,01$ (Figura 8).

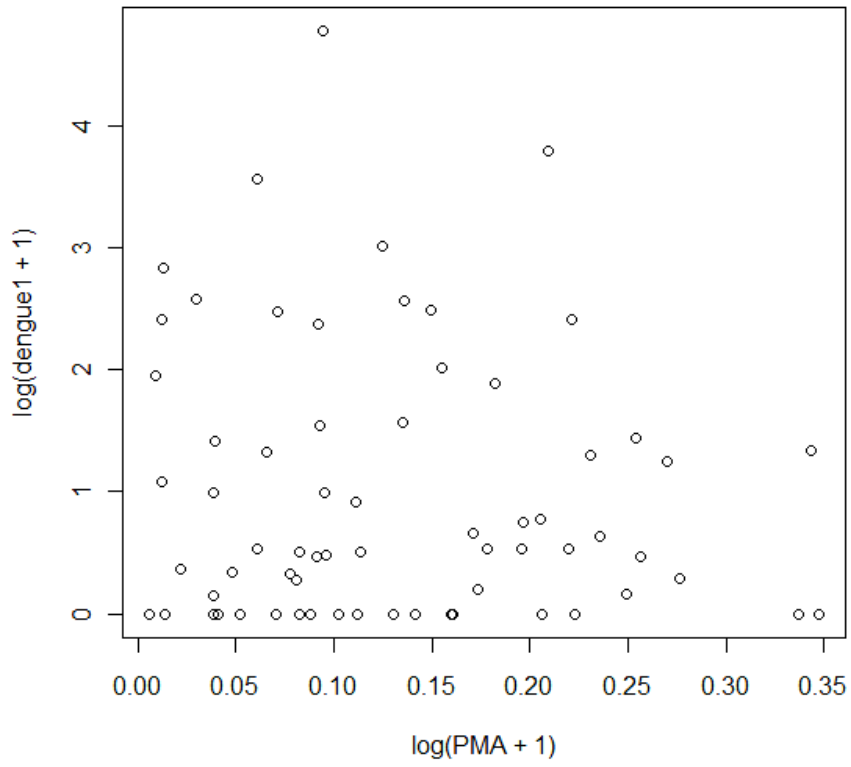


Figura 7: Relação entre a prevalência dos casos de Dengue [$\log(\text{dengue1} + 1)$] e a Proporção de Mata Atlântica [$\log(\text{PMA} + 1)$], em 67 municípios do Estado de Minas Gerais

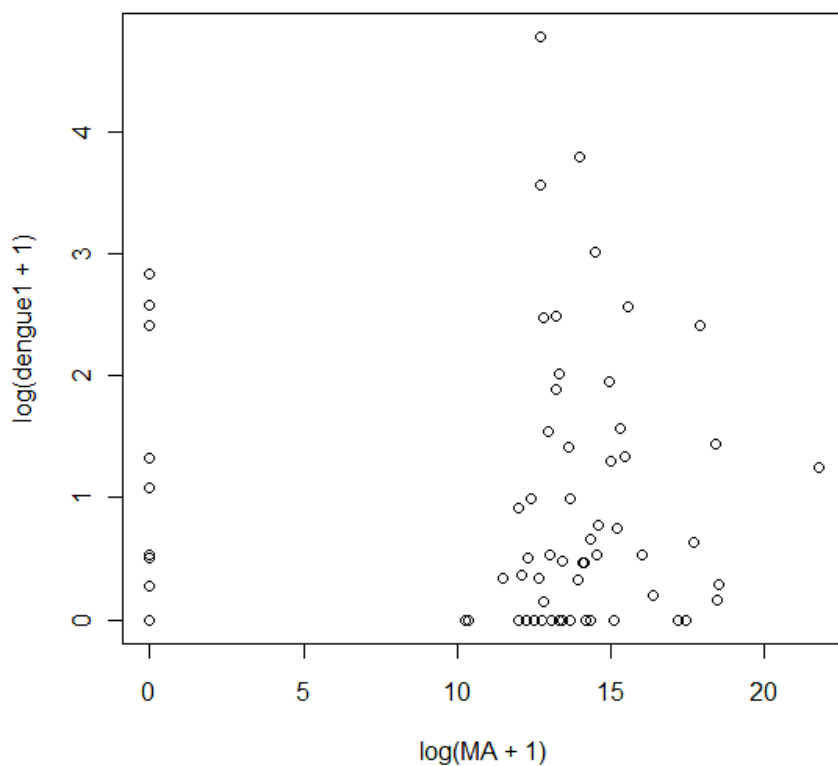


Figura 8: Relação entre a prevalência dos casos de Dengue [$\log(\text{dengue} + 1)$] e a quantidade de Mata Atlântica [$\log(\text{MA} + 1)$], em 67 municípios do Estado de Minas Gerais

Ao contrário do que se esperava, houve relação positiva entre o PIB e a prevalência de dengue: $n = 67$, $p = 0.03$, Inclinação (\log) = 0,51, $R^2 = 0,05$ (Figura 9) e não houve relação entre o IFDM e a prevalência de dengue: $n = 67$, $p = 0.70$, Inclinação (\log) = -1,24, $R^2 = -0,01$ (Figura 10).

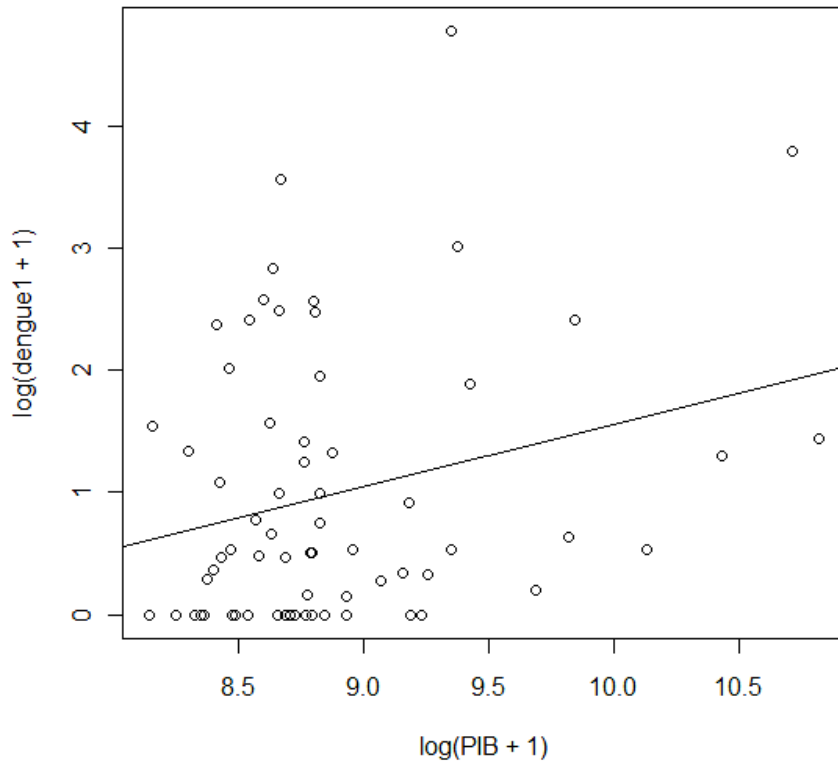


Figura 9: Relação entre a prevalência dos casos de Dengue [$\log(\text{dengue1} + 1)$] e o PIB per capita [$\log(\text{PIB} + 1)$], em 67 municípios do Estado de Minas Gerais

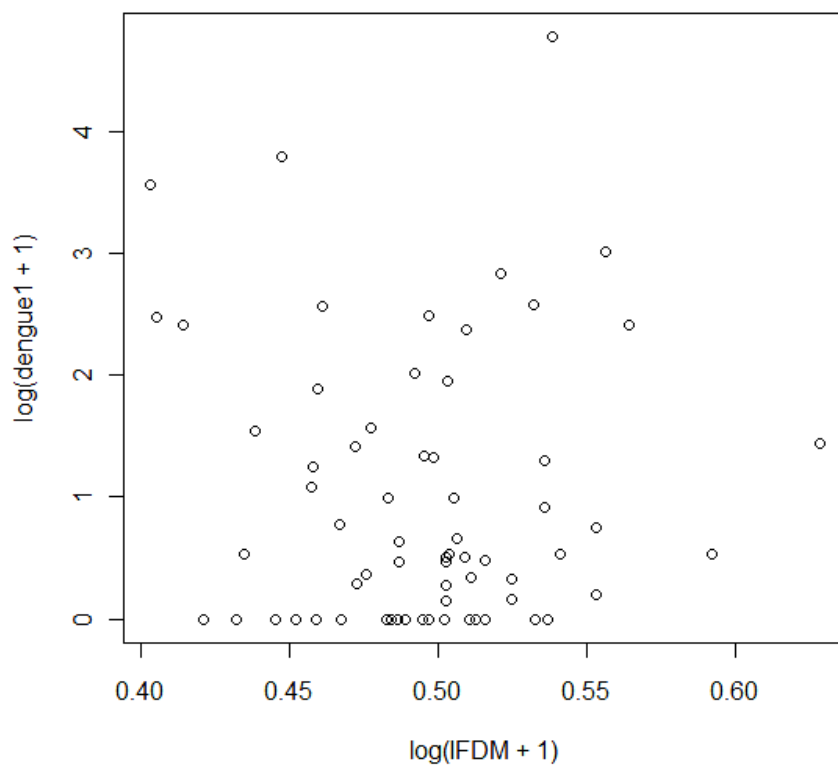


Figura 10: Relação entre a prevalência dos casos de Dengue [$\log(\text{dengue1} + 1)$] e o IFDM [$\log(\text{IFDM} + 1)$], em 67 municípios do Estado de Minas Gerais

Não houve relação significativa entre o tamanho populacional dos municípios e a proporção dos casos de Dengue: $n = 67$, $p = 0.32$, Inclinação (\log) = 0,13 , $R^2 = 0,00$ (Figura 11).

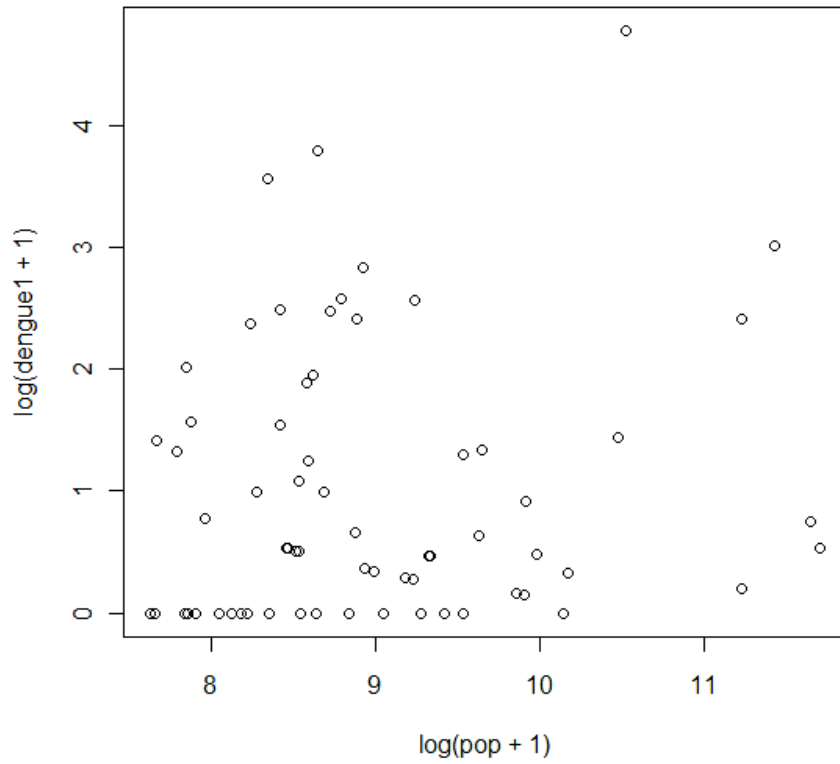


Figura 11: Relação entre a prevalência dos casos de Dengue [$\log(\text{dengue1} + 1)$] e o tamanho populacional [$\log(\text{pop} + 1)$], em 67 municípios do Estado de Minas Gerais

V. DISCUSSÃO

Numa abordagem regional, as temperaturas demonstraram ter influência sobre a incidência da doença nos municípios estudados, havendo um padrão de aumento de casos em relação a temperaturas médias mais altas (**Figura 5 e 6**). Em se tratando de locais onde a maioria dos criadouros do vetor se encontra dentro e ao redor das residências, temperaturas maiores e alta umidade contribuem para a sobrevivência dos mosquitos adultos (Halstead, 2008). Além disso, as temperaturas mais quentes reduzem o período de maturação dos patógenos transportados por esses vetores (Focks & Barrera 2007, Câmara et al., 2009) e temperaturas médias mais baixas são conhecidamente importantes na determinação da sazonalidade da transmissão de Dengue (Yasuno & Tonn 1970).

Diversos estudos demonstraram que áreas com remanescentes de vegetação têm efeitos sobre as condições de temperatura ao seu redor (Jauregui 1975; Oke 1989; Jauregui 1990–1991; Ahmad 1992; Spronken-Smith 1994, Jonson 2004). Entretanto, não foi observada relação entre vegetação e a doença nos municípios estudados.

Nessa abordagem, é importante considerar que a ocorrência de uma doença, neste caso, uma arbovirose, depende de três elementos críticos: vetores competentes e infectados, reservatórios competentes e hospedeiros susceptíveis (Pavloskiy 1966). Nos municípios estudados, a ocorrência da doença nos anos anteriores à amostragem demonstra a existência dos vetores previamente infectados. Somado a isso, a presença humana corresponde aos reservatórios competentes e aos hospedeiros susceptíveis.

Portanto, as características da população de cada município, como a qualidade das casas e a infraestrutura municipal (Gubler, 1994) devem ser mais relevantes na dinâmica da transmissão da Dengue do que as condições ambientais causadas pela vegetação. Isso se deve ao fato dos elementos críticos para ocorrência da Dengue estarem presentes nessas características, independentes da vegetação. Além disso, a influência da vegetação sobre a temperatura em áreas urbanas ocorre no interior e a alguns metros da borda dos fragmentos (Upmanis et al., 1998) e os vetores possuem capacidade de dispersão (Marques et al., 2009; Gomes et al., 2005), podendo forragear e ovipor em áreas que considerem mais favoráveis. A influência pontual da vegetação pode ser insuficiente para alterar o ciclo da transmissão da doença de forma perceptível neste estudo, considerando que nem todos os criadouros e mosquitos adultos sofrerão do mesmo modo o efeito das alterações causadas pela presença da vegetação.

O mosquito *Ae. aegypti* é uma espécie generalista, com grande capacidade adaptativa e altas taxas reprodutivas (Wallis et al., 1983), o que favorece sua sobrevivência em locais onde as condições ambientais não são as mais adequadas. Além disso, o mosquito é definido como domiciliado (Watts et al., 1985), ou seja, com hábitos voltados para área de ocupação antrópica, forrageando, principalmente, onde existem habitações e que fornecem locais de oviposição. Sendo assim, mesmo que as condições ambientais não sejam favoráveis, o vetor será preferencialmente encontrado nas áreas urbanas que, para ele, são pontos com recursos abundantes para reprodução e alimentação, pelo menos durante o período chuvoso.

Já *Ae. albopictus* tem hábito peridomiciliar procurando por áreas de vegetação para oviposição (Eiras, 2005). É também uma espécie generalista, sendo capaz de se adaptar a diversos ambientes nas zonas temperadas e tropicais, inclusive em ambientes

que sofreram distúrbios (Rai, 1991). Pelo fato de ainda apresentar preferência por ovipor em áreas de vegetação, pode sofrer uma influência maior da vegetação no ciclo de transmissão da Dengue através deste vetor, mas, como o trabalho utiliza dados secundários, não seria possível detectar esta relação.

A influência de fatores socioeconômicos na transmissão da Dengue já foi observada em diversos estudos, nos quais há maior risco de ocorrência da doença em áreas de maior concentração de indivíduos, grande diversidade econômica, forte adensamento populacional, alta densidade de lotes vagos (terrenos baldios) e áreas com deficiência no sistema de coleta de esgoto (Santos 1999, Barrera et al. 2000, Tauil 2001).

Assumimos o PIB per capita como uma variável econômica dos municípios, predizendo que um PIB per capita mais alto poderia resultar em mais investimentos em saneamento, melhorando a qualidade das casas e a infraestrutura das áreas residenciais, relevantes na incidência de Dengue (Gubler, 1994). Como variável socioeconômica dos municípios, consideramos o IFDM, que aborda as características emprego e renda, educação e saúde. No entanto, o PIB per capita pode não explicar diretamente a incidência da doença, porque ele não apresenta a desigualdade a qual uma população pode estar sujeita (Buss & Pelegrini Filho, 2007), assim como o IFDM que também não é capaz de mensurar a heterogeneidade das condições da população. Mesmo um município com PIB e IFDM relativamente altos podem ter muitas áreas deficientes em saneamento e coleta de esgoto que favorecem a ocorrência do vetor e, portanto, podem ser mais susceptíveis à Dengue.

Além disso, investimentos em infra-estrutura urbana e saneamento básico, principalmente das áreas mais carentes, nem sempre, são prioridade dos governos

municipais. Somado a isso, é importante a implementação de programas de educação ambiental que motivem a população a fazer um controle larval efetivo através da redução dos criadouros do vetor (Kyle & Harris, 2008), que podem estar presentes mesmo nas áreas mais ricas.

O entendimento da ecologia dos vetores é um passo importante no controle de doenças como a Dengue. É importante entender a relevância de características socioeconômicas e imunológicas das populações humanas, mas também é parte da ecologia dos vetores a relação que os mesmos apresentam com a vegetação remanescente nas proximidades da área urbana. Neste estudo, não foi encontrada relação direta da proporção de fragmentos e a prevalência da doença. Entretanto, as diferenças bióticas e abióticas oferecidas pela presença da vegetação na área urbana oferecem condições significativas para alterações na ecologia de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* e possíveis modificações na transmissão de Dengue. Há a possibilidade do aumento na transmissão de Dengue ou sua redução, o que pode ser observado em novos estudos mais específicos para observar o comportamento, a reprodução e sobrevivência do vetor em relação aos fragmentos de vegetação.

10. CAPÍTULO 2

Há diferença na captura de *Aedes* em relação à distância dos fragmentos imersos na área urbana de Governador Valadares, MG?

I. INTRODUÇÃO

A dengue está presente em mais de 100 países; estima-se que ocorram de 80 a 100 milhões de infecções e 22.000 mortes ao ano e que mais de 2,5 bilhões de pessoas corram o risco de contrair o vírus da doença (WHO, 2003). No continente americano, o Brasil é o país mais afetado em número de casos de dengue, sendo responsável por, aproximadamente, 70% dos casos notificados (Maciel et. al, 2008). Isso justifica a doença ter se tornado uma das maiores prioridades de saúde pública no Brasil, a partir do final da década de 1990 (Secretaria de Vigilância em Saúde, 2004). A inexistência de uma vacina eficaz contra a doença (Tauil, 2002) torna o controle do vetor o único elemento vulnerável da cadeia de transmissão da Dengue (Costa 2008).

O vetor *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) é responsável pela transmissão de Dengue. Já foi provado que, pelo menos em condições experimentais, o mosquito *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Skuse, 1894) possui a capacidade de transmitir todos os 4 sorotipos da Dengue (Mitchell et al.; 1987).

Os mosquitos adultos machos de *Aedes*, normalmente, dispersam 100 metros do local de onde emergiram. Já as fêmeas têm sua dispersão relacionada com sua oviposição e fonte de alimentação sanguínea, percorrendo distâncias variadas, de acordo com a oferta de criadouros, podendo se estender por grandes distâncias, como 800 metros, por exemplo (Marques et al., 2009).

A capacidade de dispersão dos *Aedes* permite a existência de áreas de maior concentração do vetor e de suas larvas, numa distribuição heterogênea na paisagem (Gomes et al., 2005). A preferência pode estar associada ao tipo de cobertura de solo (ex.: áreas residenciais ou proximidade de áreas com vegetação) ou a fatores

socioeconômicos da população (ex.: se há abastecimento de água, coleta de lixo) (Santos 1999, Barrera et al. 2000, Tauil 2001).

Como a ocorrência de Dengue está vinculada à ecologia do vetor e variáveis ambientais, além da ecologia dos hospedeiros (Forattini, 1992), e reconhecendo as populações humanas como hospedeiros, sabemos que suas características sócio-econômicas influenciam a transmissão da doença (Maciel, 2008, Donalísio & Glasser, 2002; Kuno, 1995). Isso ocorre porque a população humana favorece a heterogeneidade de ambientes para ocorrência e reprodução do *Aedes* e é de grande relevância determinar os locais de preferência de forrageamento dos vetores para estabelecer medidas de controle mais efetivas e específicas.

As atuais medidas de vigilância do vetor *Ae. aegypti*, a nível nacional, ocorrem através da coleta ativa de larvas em campo (Fundação Nacional de Saúde, 2001). Outra possibilidade de vigilância seria a utilização de armadilhas de oviposição (ovitrapas), que constituem-se num método mais sensível do que a coleta de larvas (Focks, 2003; Gomes, 1998; Braga et al., 2000; Gama et al., 2007). No entanto, a coleta de ovos do mosquito não permite a quantificação das populações do vetor (Focks, 2003).

Baseado nas observações feitas a respeito do comportamento das fêmeas nas ovitrapas, foi desenvolvida a armadilha MosquiTrap que utiliza o atraente de oviposição sintético AtrAedes, capturando, principalmente, fêmeas grávidas do *Ae. aegypti* (Favaro et al. 2006). Os mosquitos são presos a uma placa adesiva e, quando mortos, ficam em posição lateral, facilitando a identificação em campo (Eiras & Resende, 2009).

A utilização de uma armadilha como a MosquiTrap, mais sensível que a pesquisa larvária, principalmente na estação seca, quando essa última não identifica a

presença de *Ae. aegypti* (Gama et al., 2007), não soluciona o problema envolvido com a necessidade de aliar as informações obtidas em campo com o planejamento de medidas de controle do vetor. Portanto, foi criado o Sistema de Monitoramento Inteligente (Eiras & Resende, 2009), que constitui-se de ferramentas que permitem a captura e identificação do vetor adulto com a MosquiTRAP, sem necessidade de identificação laboratorial. Além disso, o MI-Dengue permite a gravação e envio de dados em planilhas eletrônicas, fornecendo os índices entomológicos e mapas georreferenciados sobre a infestação de *Ae. aegypti*. Aliando esses dados georreferenciados à internet, o sistema permite a orientação de medidas de controle mais específicas pelos gestores municipais de saúde (Eiras & Resende, 2009)

Sendo assim, selecionamos a MosquiTrap como ferramenta para amostrar adultos de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* em Governador Valadares, com os seguintes objetivos: (i) observar se existiam áreas preferenciais de forrageamento dos vetores em relação à proximidade dos fragmentos de Mata Atlântica remanescentes na área urbana do município, (ii) Analisar se há correlação entre a captura do vetor nas armadilhas e a incidência de Dengue no município de Governador Valadares.

II. HIPÓTESES

- Hipótese 1: Haverá diferença de captura de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* nas diferentes distâncias de posicionamento das armadilhas em relação aos fragmentos.

Previsão: A captura de *Ae. aegypti* será maior quanto maior forem as distâncias. Já *Ae. albopictus* demonstrará relação inversa, tendo maior captura nas áreas próximas da vegetação.

- Hipótese 2: Haverá diferença de captura de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* nas diferentes quantidades de arborização ao redor das armadilhas

Previsão: A captura de *Ae. aegypti* será maior quanto menor forem as áreas ocupadas por vegetação urbana. Já *Ae. albopictus* demonstrará relação inversa, tendo maior captura onde as áreas de vegetação forem maiores.

- Hipótese 3: Haverá diferença de captura de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* nas diferentes estações (seca e chuva).

Previsão: A captura dos mosquitos será maior durante o período de chuva.

- Hipótese 2: Haverá relação entre a captura do vetor e a incidência de dengue em Governador Valadares.

Previsão: Quanto maior for a captura, provavelmente, maiores serão as populações dos vetores e portanto maiores as chances de transmissão da doença.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Governador Valadares localiza-se na região leste do Estado de Minas Gerais, na região do Vale do Rio Doce e possui população de 263.594 habitantes, segundo o censo de 2010 e encontra-se a 18° 51' 12" latitude sul e 41° 56' 42" longitude oeste. A cidade tem uma altitude média de 455,85 metros e conta com um relevo predominantemente ondulado e cobertura original de Mata Atlântica.

O clima de Governador Valadares é tropical, com estação seca ocorrendo durante o inverno, segundo a classificação de Köppen (Köppen & Geiger, 1928). Nos pontos mais altos pode apresentar características típicas de clima tropical de altitude, com diminuição de chuvas no inverno e temperatura média anual de 24,6°C, tendo invernos secos e amenos (raramente frios) e verões chuvosos com temperaturas moderadamente altas.

Para obtenção das informações a respeito das áreas de preferência para forrageamento dos vetores, foram utilizados dados referentes às armadilhas MosquiTrap, do sistema MI-Dengue, no município de Governador Valadares (MG). O município foi selecionado por possuir fragmentos localizados na área urbana e próximos a ela, o que permite observar se existia a preferência de forrageamento dos vetores considerando a vegetação imersa no ambiente antrópico, que é o objetivo principal do trabalho.

Inicialmente, foram selecionados os fragmentos que participariam da amostragem, sendo incluídos todos que estavam na área urbana. Após a seleção dos fragmentos, prosseguiu-se a formação dos “arquipélagos” de fragmentos, que consistem

em grupos de fragmentos muito próximos. Vários “buffer” foram dispostos ao redor dos fragmentos da amostragem. Esses “buffer” tinham a distância de 250 metros. Se o “buffer” tocasse ou englobasse outro fragmento, este seria incluído no “arquipélago” (Figura 1).

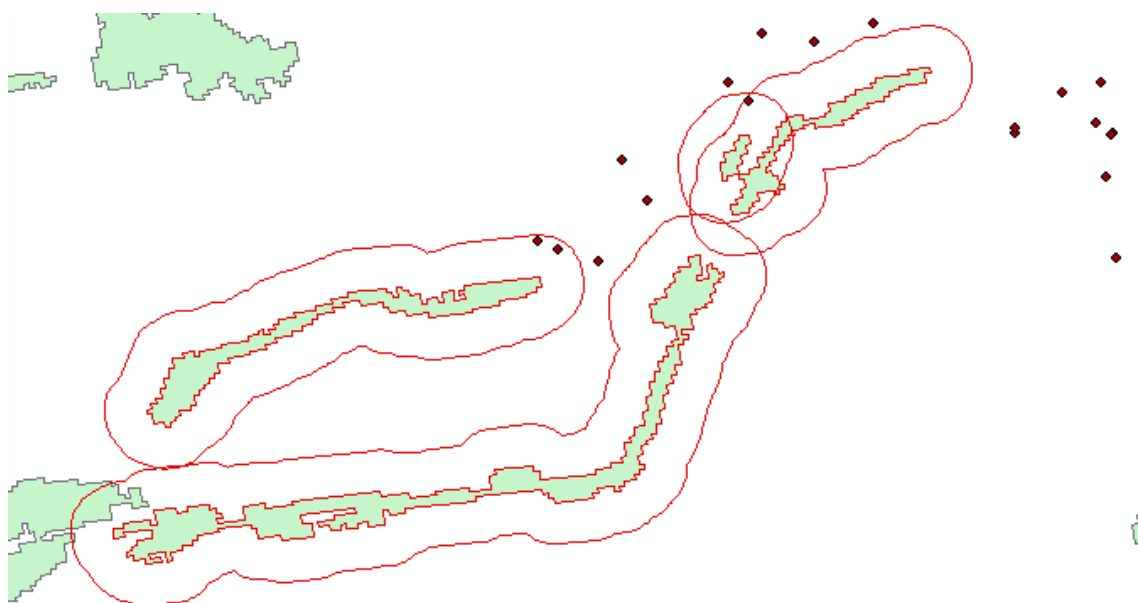


Figura 1: Agrupamento de fragmentos próximos 250 metros ou menos. Fragmentos situados na área urbana do município de Governador Valadares, MG. Os pontos são armadilhas no município de Governador Valadares (MG), colocadas durante o período de março a dezembro de 2009

Por não conhecermos as condições exatas do ambiente e não testarmos a capacidade de dispersão do vetor em Governador Valadares, consideramos o valor médio observado, em torno de 200 metros (Maciel-de-Freitas & Lourenco-De-Oliveira, 2009; Trpis and Hausermann, 1975, 1986; Service, 1997; Muir and Kay, 1998; Harrington et al., 2005), acrescentando 50 metros, para estipular os “buffer” ao redor dos fragmentos. Esse procedimento considera que a distância de 250 metros pode ser

percorrida pelos mosquitos durante o forrageamento e, portanto, fragmentos com tal proximidade podem funcionar como um “arquipélagos” de vegetação.

A partir da formação dos ‘arquipélagos’, seguiu-se a coleta de dados. Ao redor dos arquipélagos, foi estabelecido um “buffer” de 1.000 metros e todas as armadilhas contidas nos limites desse “buffer” foram consideradas como amostras. Os 1.000 metros foram utilizados porque na literatura, é reconhecida a influência da vegetação sobre a temperatura, sendo que a uma distância de 1000 metros a temperatura pode se acrescer cerca de 2° C em áreas urbanizadas (Upmanis et al., 1998), estando dentro desse limite uma distância possível de ser percorrida na dispersão de *Ae. aegypti*. A distância de cada armadilha com o fragmento mais próximo foi obtida e comparada à captura de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* (Figura 2).

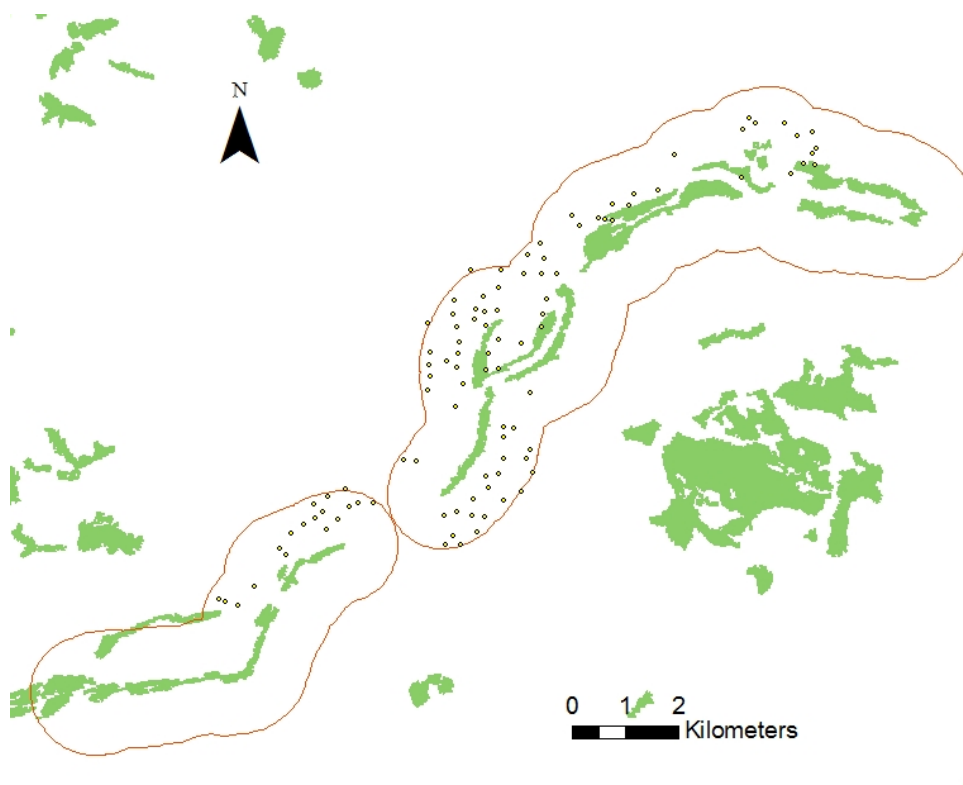


Figura 2: ‘Buffer’ (em vermelho) ao redor dos ‘arquipélagos’ de vegetação (em verde) e as armadilhas referentes à amostragem realizada de março a dezembro de 2009, no município de Governador Valadares, MG.

Como a vegetação apresentada na classificação da Mata Atlântica cedida pelo IEF, utilizada nesse trabalho, não considera árvores isoladas, foi realizada outra amostragem para incluir áreas arborizadas, jardins e praças. Esses pontos de vegetação urbana podem ser relevantes para os mosquitos, já que podem abrigá-los durante o tempo que não realizam forrageamento a procura de alimento, ou mesmo, corresponder a sua área de ocupação durante todo seu ciclo de vida.

Nessa amostragem, foi utilizado o software Google Earth Pro, no qual os pontos de localização das armadilhas, em coordenadas geográficas, foram situados na imagem de satélite através de marcadores. A partir de cada marcador, foi estabelecida uma circunferência de raio 100 metros e aferida toda vegetação contida nessa circunferência (Figura 3). A quantidade de vegetação ao redor de cada armadilha foi comparada à coleta dos mosquitos.

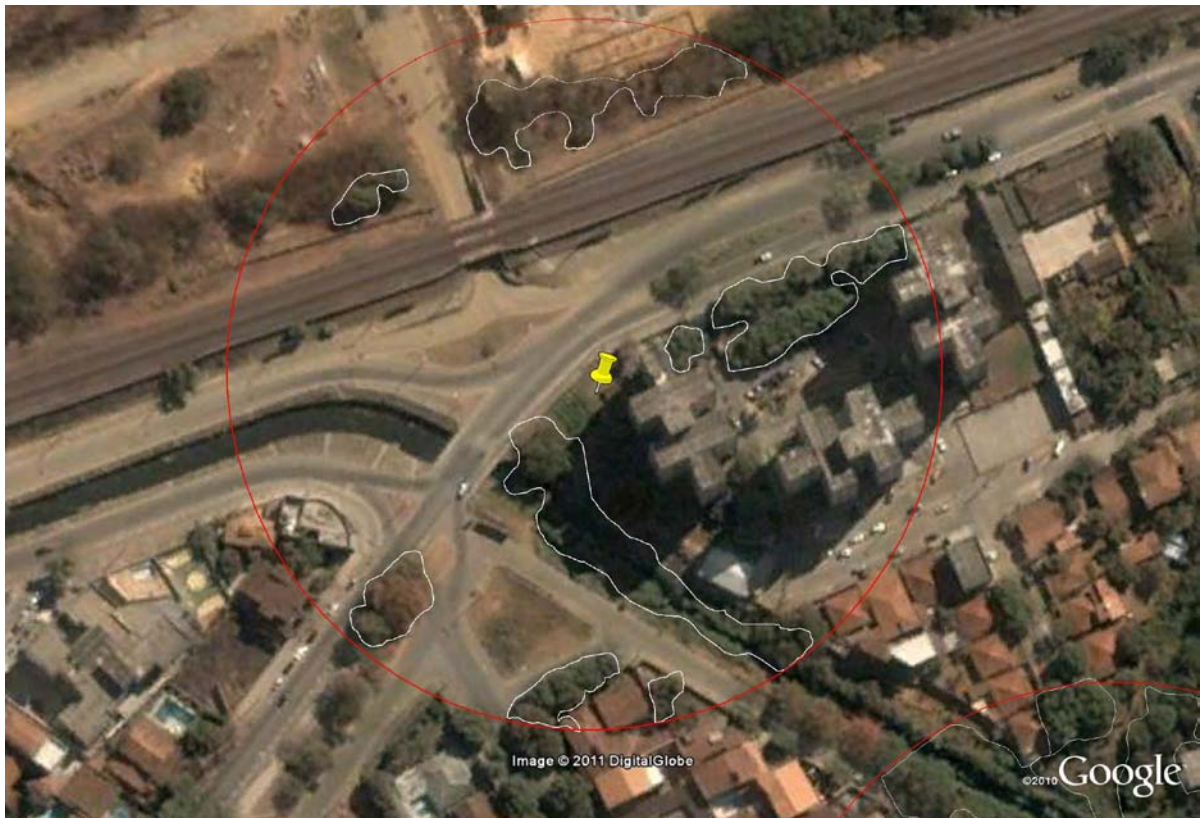


Figura 3: Circunferência (em vermelho) ao redor da armadilha (em amarelo). Contornados em branco os pontos com arb referentes à amostragem realizada de março arização urbana, no município de Governador Valadares, MG.

Consideramos a possibilidade dos hábitos de forrageamento do mosquito se alterarem de acordo com o período de coletas e dividimos os dados em período de seca e chuva. Os meses de março, outubro e dezembro compreendem o período de chuva. O período de seca incluiu os meses de abril a setembro de 2009.

A armadilha MosquiTrap e o sistema MI-Dengue

A armadilha MosquiTRAP consiste de um recipiente negro e fosco (33cm de altura por 15 cm de largura), dividido em duas partes: uma base mais baixa, preenchida com aproximadamente 300 ml de água da torneira e uma parte superior com uma forma

de abertura do funil, facilitando a entrada do mosquito e dificultando sua saída. Uma placa pegajosa e inodora (cartão adesivo) detém os mosquitos capturados e é anexada a partir da linha de água na base inferior até a parte superior da armadilha. O dispositivo que libera o atraente de oviposição sintético (AtrAedes) é anexado ao cartão adesivo (Eiras & Resende, 2009).

Os dados mensais de coleta dos mosquitos foram obtidos por meio de planilha eletrônica instalada em computadores de mão, utilizando o programa Geo – Dengue. Estes dados foram transferidos automaticamente para o banco de dados do município. A planilha eletrônica permitiu a gravação dos dados do agregado familiar (endereço, CEP, e lugar onde armadilha foi instalada na residência), os dados sobre mosquitos adultos capturados e seus respectivos números por armadilha instalados nas residências de cada bloco no município de Governador Valadares. Os mosquitos capturados na armadilha foram identificados com o auxílio de uma lupa de campo (20x). Só foram considerados nesse trabalho os mosquitos *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, tanto fêmeas como machos, identificados até o nível de espécie.

Para relacionar os dados de incidência com a captura dos vetores, foram utilizados os dados de incidência de Dengue dos meses de março de 2009 a janeiro de 2010, disponibilizados pelo site do SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação - <http://dtr2004.saude.gov.br/sinanweb/index.php>) e o número total de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* capturados em cada mês. Efetuou-se uma análise relacionando os dados de captura de um mês com o mês seguinte de incidência (ex. casos de dengue de abril com dados de captura dos dois mosquitos em março), considerando que a transmissão e o aparecimento dos primeiros sintomas não ocorrem imediatamente após

o contato do vetor com o hospedeiro humano. Portanto, foi considerado um período de um mês (ou quatro semanas) entre a captura dos mosquitos e a incidência da doença.

As planilhas com os dados de captura foram cedidos pela empresa Ecovec S.A. (Belo Horizonte, MG, Brasil).

Tratamento dos dados

Para avaliar se existe relação entre a captura dos mosquitos *Ae. albopictus* nas armadilhas com a distância dos fragmentos e a quantidade de vegetação ao redor da armadilha, usou-se Regressão Múltipla. Em relação aos mosquitos *Ae. aegypti*, em função da sua baixa captura em Governador Valadares, optou-se por utilizar Regressão Logística Múltipla, para avaliar se havia relação da captura do vetor com a distância dos fragmentos e a quantidade de vegetação ao redor das armadilhas.

Testando se havia diferença na captura dos mosquitos em relação às estações chuva (meses de março, outubro, novembro e dezembro) e seca (meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro), utilizou-se Test T para amostras dependentes, relacionando a captura de mosquito, em cada uma das armadilhas no período de seca e chuva.

Para avaliar se existia relação entre os dados de captura de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* e a incidência de Dengue em Governador Valadares, efetuou-se uma Regressão Simples para comparar a captura de cada mosquito com os dados de incidência.

As análises foram efetuadas no software R (R version 2.11.1, 2010).

IV. RESULTADOS

A captura dos mosquitos através das armadilhas MosquiTRAP, instaladas no município de Governador Valadares, durante o ano de 2009, revelaram baixa infestação pelo *Ae. aegypti* (Figura 3) e uma grande captura de *Ae. albopictus* (Figura 4).

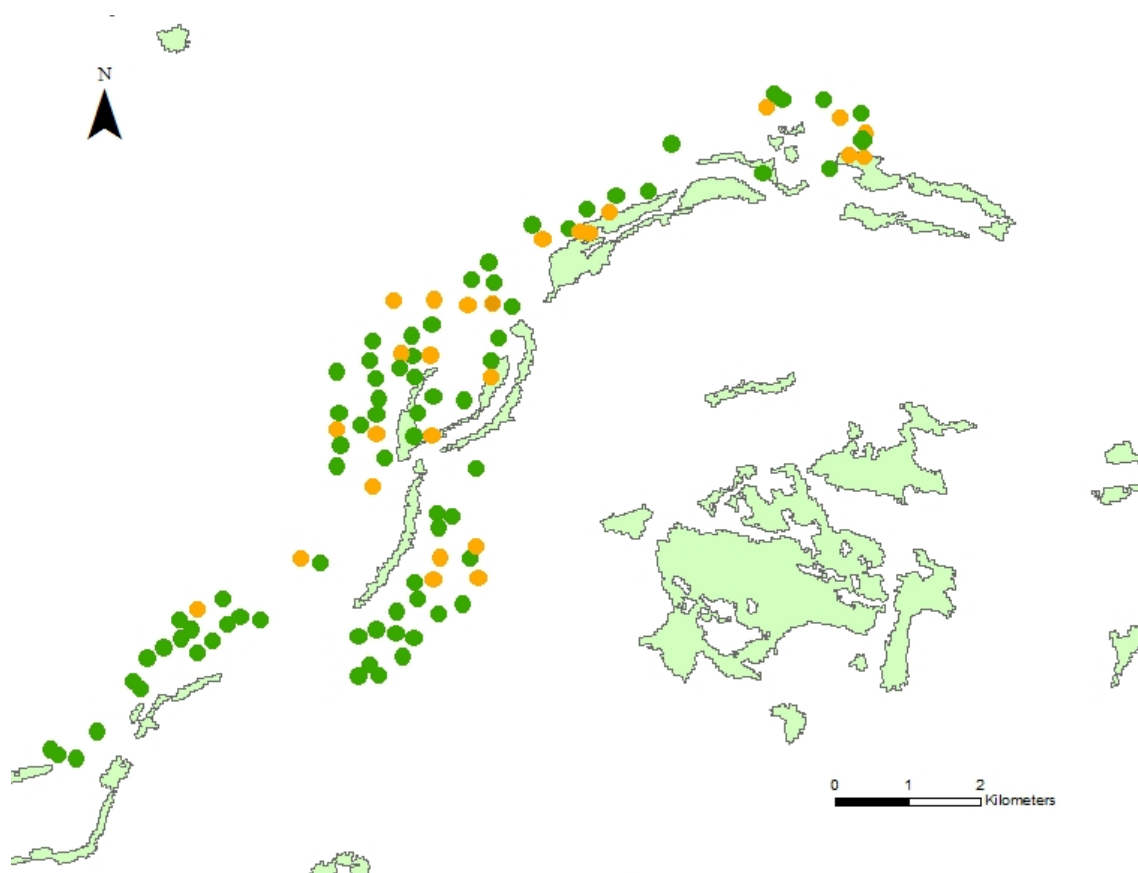


Figura 3: Captura de *Ae. aegypti* nas armadilhas de Governador Valadares, MG, ao longo do ano de 2009. Pontos verdes representam as armadilhas que não tiveram a captura do mosquito e em laranja as armadilhas que capturaram 1 ou mais mosquitos.

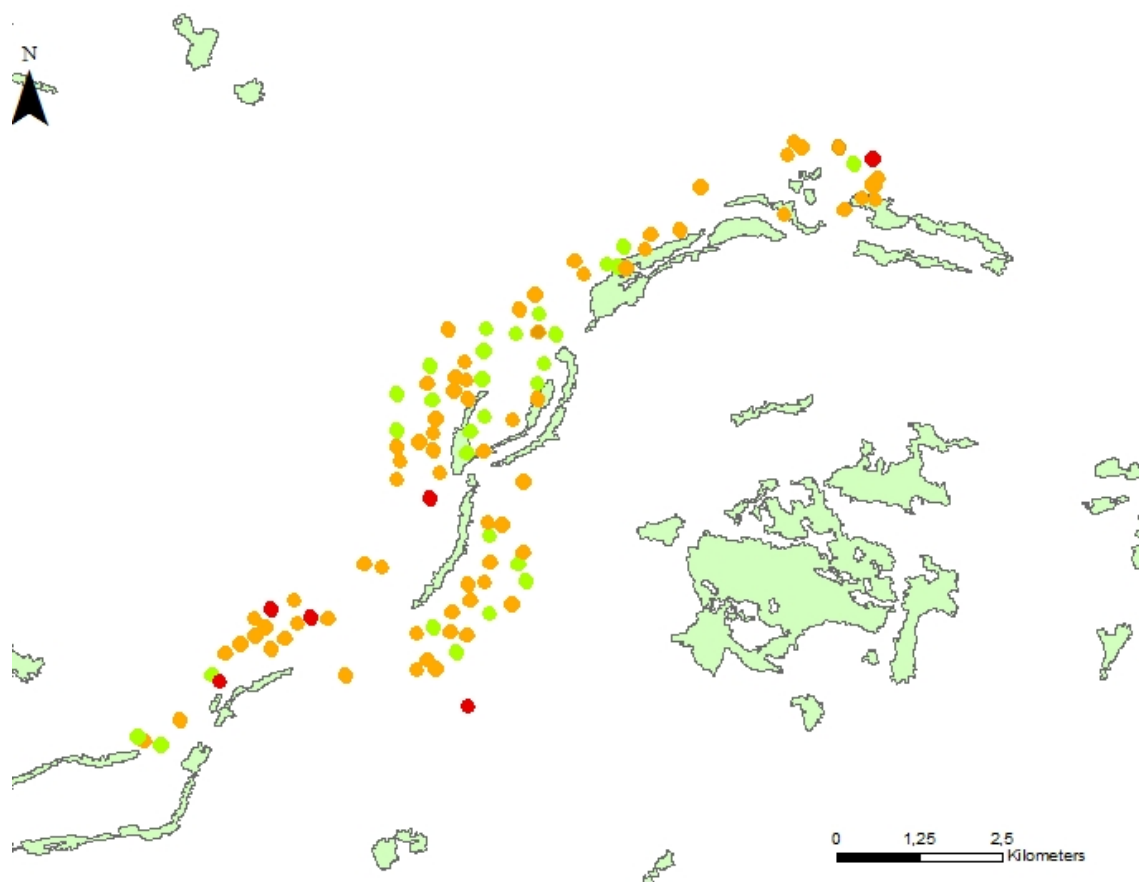


Figura 4: Captura de *Ae. albopictus* nas armadilhas de Governador Valadares, MG, ao longo do ano de 2009. Pontos verdes representam as armadilhas que não tiveram captura do mosquito, em laranja as armadilhas que capturaram de 1 a 9 mosquitos capturados e em vermelho as armadilhas que capturaram mais de 10 mosquitos.

As coletas do vetor demonstraram a inexistência de áreas preferenciais para forrageamento dos mosquitos (Figura 5). Analisando a captura nas diferentes distâncias nas quais as armadilhas estavam situadas, não foi observada diferença estatística na captura de *Ae. albopictus* nas armadilhas em relação às distâncias dos fragmentos e às áreas de vegetação urbana contida ao redor da armadilha (Distâncias: $p = 0,2118$, Inclinação = 0,00; $R^2 = 0,03$; Área de Vegetação: $p = 0,0921$, Inclinação = 0,00, $R^2 = 0,03$), Figura 6. Considerando o vetor *Ae. aegypti*, também não houve relação entre a presença de sua captura com as distâncias dos fragmentos e com as áreas de cobertura

vegetal ao redor da armadilha (Distâncias: $p = 0,30$; Área de Vegetação: $p = 0,989$),

Figura 7.

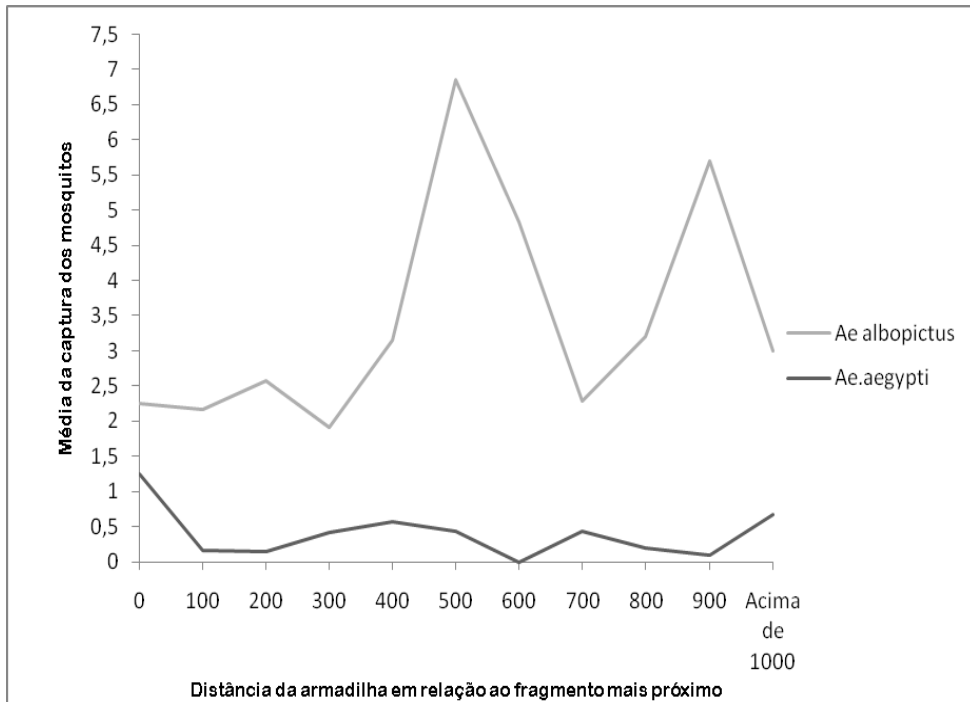


Figura 5: Média da captura de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* nas armadilhas situadas em diferentes distâncias do fragmento de Mata Atlântica mais próximo. Coletas realizadas no município de Governador Valadares, MG, ao longo do ano de 2009.

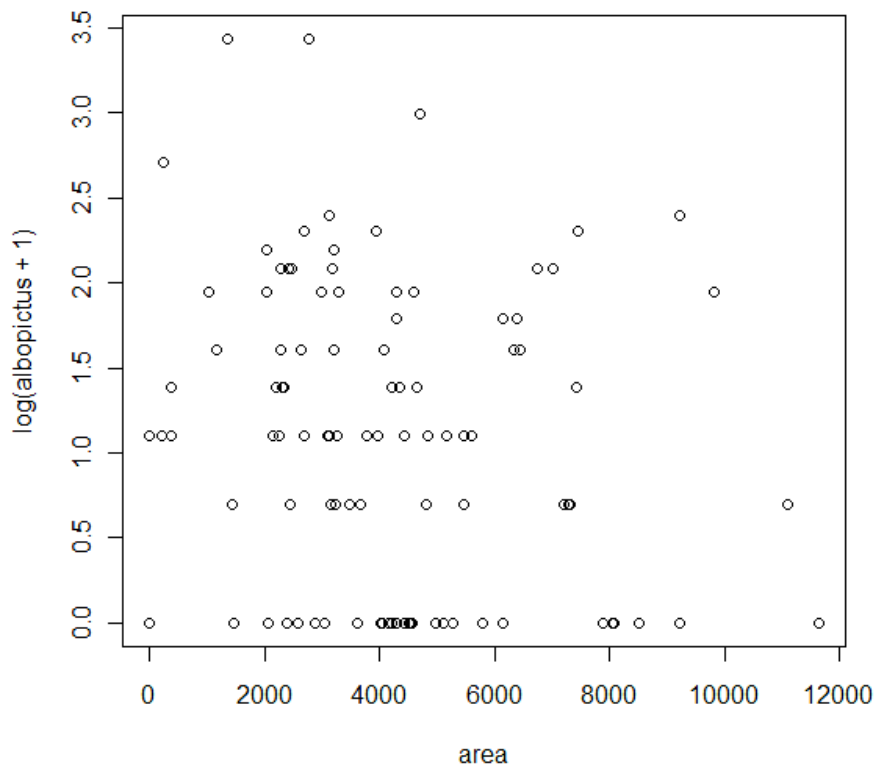


Figura 6: Relação entre a captura de *Ae. albopictus* [$\log(\text{albopictus} + 1)$] e a área de vegetação (arborização urbana) contida ao redor das armadilhas [area] instaladas no município de Governador Valadares ao longo do ano de 2009.

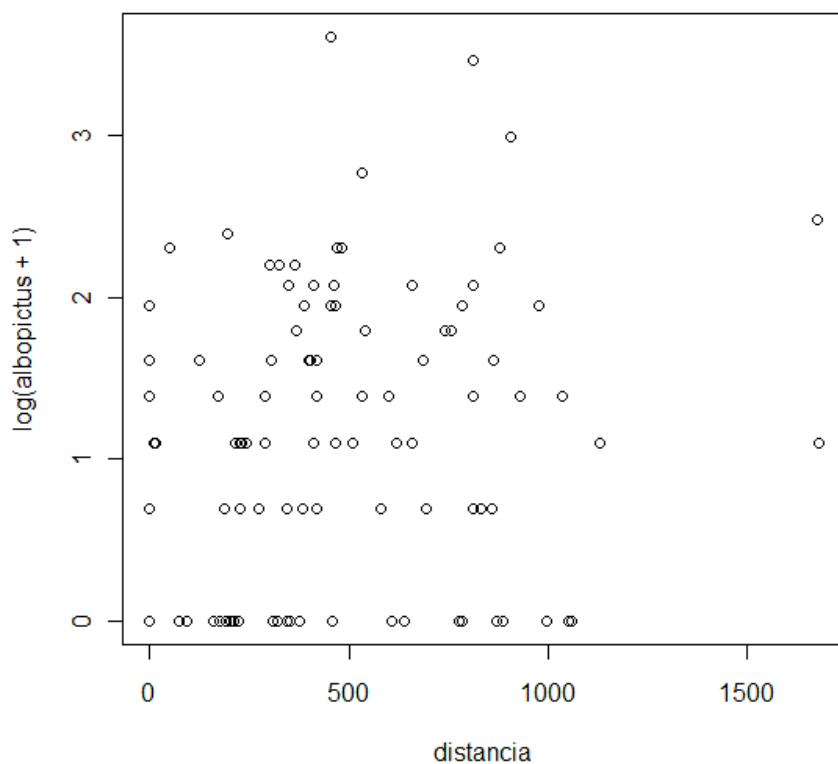


Figura 7: Relação entre a captura de *Ae. albopictus* [$\log(\text{albopictus} + 1)$] e a distância das armadilhas até o fragmento de vegetação mais próximo. Armadilhas instaladas no município de Governador Valadares ao longo do ano de 2009.

Dividindo-se a captura em período de chuva e seca, não houve diferença estatística significativa na captura de *Ae. aegypti* nos dois períodos ($t = -1,854$, $p = 0,07$), Figura 8. Também não houve diferença estatística significativa na captura de *Ae. albopictus* nos dois períodos ($t = 1,31$, $p = 0,19$), Figura 9.

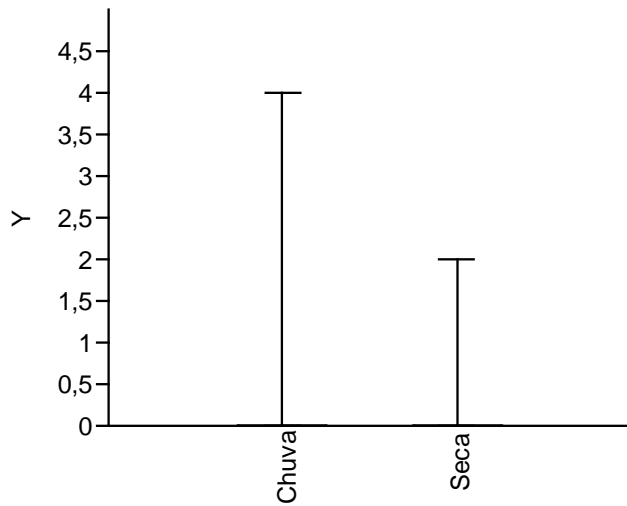


Figura 8: Captura de *Aedes aegypti* nas estações de Chuva e Seca ao longo do ano de 2009 nas armadilhas situadas no município de Governador Valadares, MG.

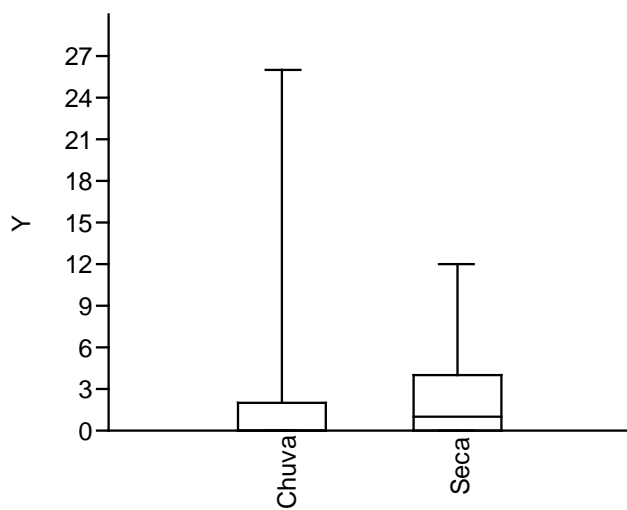


Figura 9: Captura de *Aedes albopictus* nas estações de Chuva e Seca ao longo do ano de 2009 nas armadilhas situadas no município de Governador Valadares, MG.

Houve relação entre a captura do vetor *Ae. aegypti* e os casos de Dengue ($p = 0,027$, Inclinação = 1,71, $R^2 = 0,41$), Figura 10. No entanto, não houve relação entre a captura de *Ae. albopictus* e os casos de dengue do mês seguinte ($p = 0,16$, Inclinação = -1,27, $R^2 = 0,13$). A captura dos mosquitos e os casos de dengue estão representados na Figura 11.

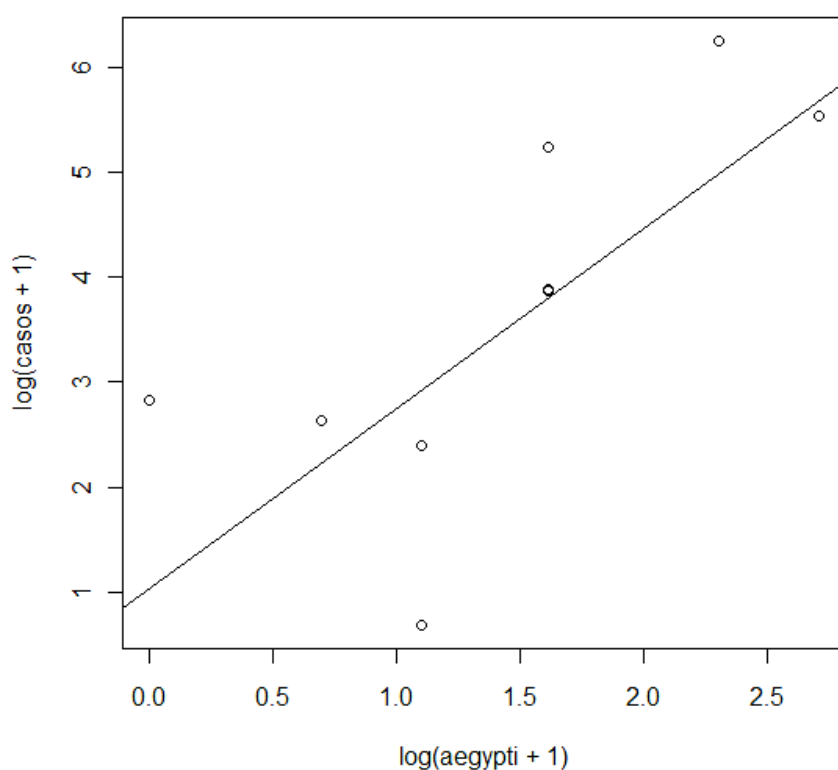


Figura 10: Relação entre os casos de dengue ($\log(\text{casos} + 1)$) a captura de *Ae. aegypti* ($\log(\text{aegypti} + 1)$), organizados em coleta de um mês relacionada aos casos de dengue do mês seguinte, ao longo do ano de 2009, no município de Governador Valadares, MG.

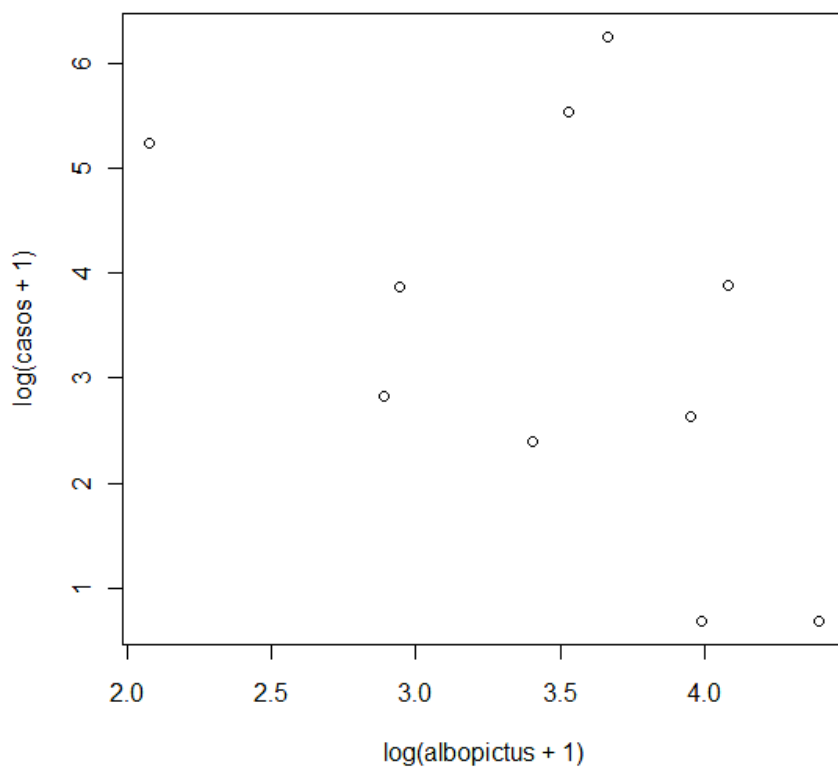


Figura 11: Relação entre os casos de dengue ($\log(\text{casos} + 1)$) a captura de *Ae. albopictus* ($\log(\text{lbopictus} + 1)$), organizados em coleta de um mês relacionada aos casos de dengue do mês seguinte, ao longo do ano de 2009, no município de Governador Valadares, MG.

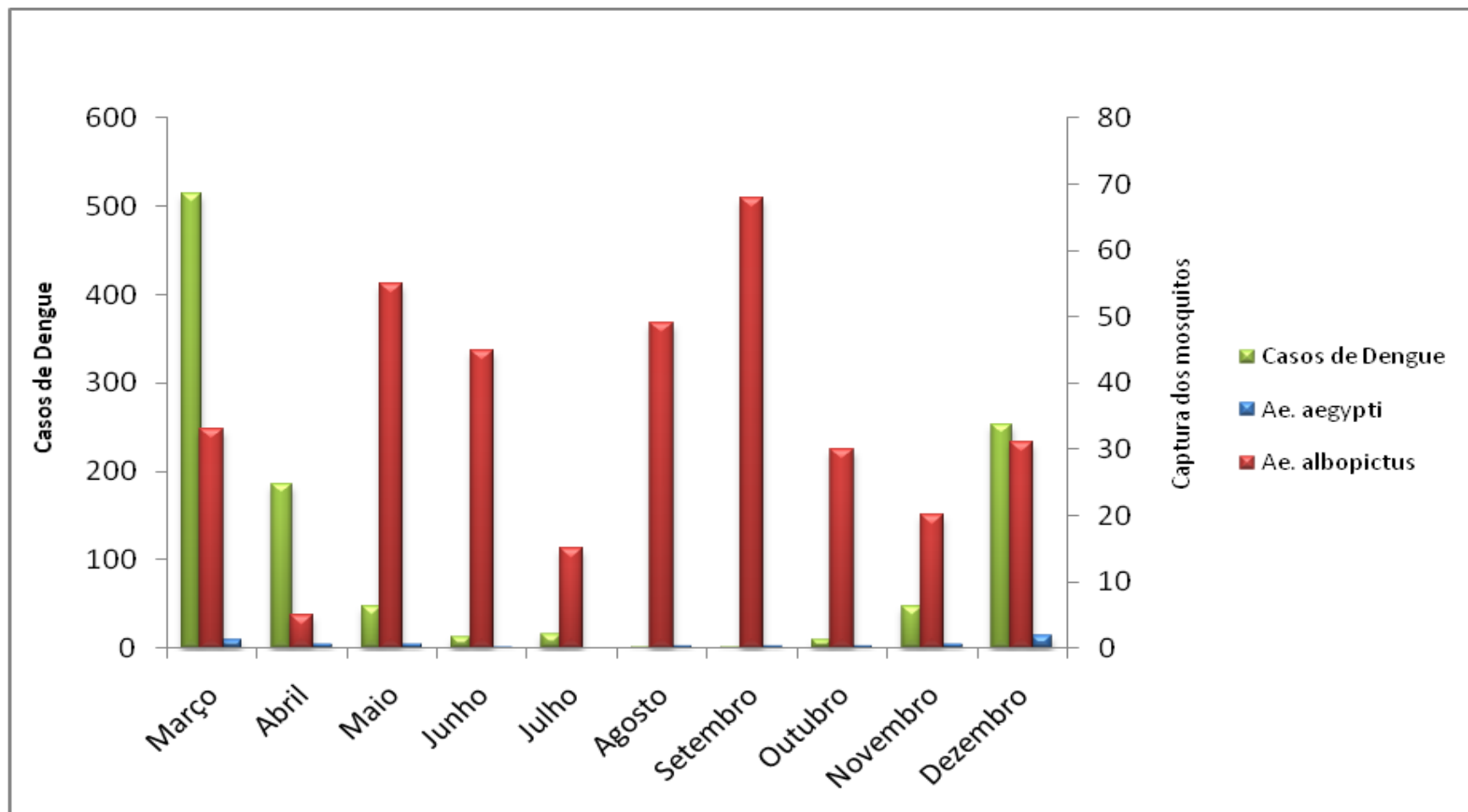


Figura 12: Captura de *Aedes albopictus* e *Aedes aegypti*, no ano de 2009, na área urbana de Governador Valadares e os casos de Dengue registrados nesse período.

V. DISCUSSÃO

A distribuição dos mosquitos *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, segundo os dados obtidos nesse trabalho, não ocorre de maneira dependente da vegetação, tanto em relação aos fragmentos de Mata Atlântica, quanto à arborização do município de Governador Valadares. Apesar dos mosquitos não demonstrarem diferença de captura em relação às áreas de vegetação, tais áreas podem oferecer criadouros naturais (Zequi, et al., 2005). Sendo assim, possivelmente, podem servir de abrigo para mosquitos adultos (Silva, & Lozovei, 1996), principalmente nos períodos de seca, quando as populações do vetor *Ae. aegypti* diminuem nas áreas urbanas por causa das condições ambientais desfavoráveis (Gubler, 1989). Sendo assim, outros estudos podem obter dados que possam demonstrar relevância da vegetação no ciclo de vida dos mosquitos e no ciclo da transmissão da doença.

A redução na captura de *Ae. albopictus* observada em abril e julho se dá ao fato de haverem menos dados de coleta nesses meses, nos quais em algumas semanas as armadilhas não foram inspecionadas. Excetuando-se os dados desses dois meses, observa-se um número relativamente estável de *Ae. albopictus* capturados durante o período de seca, com um pico de captura em setembro e a diminuição nos meses que recomeçam as chuvas, a partir de outubro.

Na literatura há vários estudos demonstrando a existência de competição entre *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* (Gubler et al., 1982; Joyce, 1961; Nasci et al., 1989). Em alguns estudos, foi observada superioridade competitiva de *Ae. albopictus* sobre *Ae. aegypti* em fases larvais em campo (Juliano, 1998; Braks et al., 2004) e em laboratório

(Murrell and Juliano, 2008). A coexistência de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, no município de Governador Valadares, pode estar gerando uma situação de competição entre as duas espécies, o que pode ser a explicação para a diminuição da população de *Ae. albopictus* quando aumenta a população de *Ae. aegypti* de outubro a dezembro de 2009, correspondente ao período em que retornam as chuvas (Figura 11).

O período de chuvas é importante para a transmissão da doença, por favorecer a sobrevivência dos mosquitos através da temperatura e umidade (Gubler, 1989) e aumentar da oferta de criadouros que armazenam água durante esse período na área urbana, tão importantes na reprodução dos mosquitos (Kyle & Harris, 2008). Além disso, ovos dos mosquitos *Ae. aegypti*, resistentes à dessecação, podem eclodir em contato com a água parada advinda dessas chuvas (Marque et al., 2009) e podem permitir o aumento da população do vetor e o aumento da sua captura, como ocorrido no município a partir do mês de outubro. O aumento de sua população pode gerar competição por locais de oviposição e reduzir a população de *Ae. albopictus*.

A domiciliação de *Ae. aegypti* já é reconhecida (Watts et al., 1985), mas é surpreendente a captura elevada de *Ae. albopictus* em toda a extensão da área urbana, um mosquito que, geralmente, possui hábitos silvestres (Eiras, 2005). É ainda mais surpreendente, quando consideramos o pouquíssimo número de fragmentos e seus tamanhos tão reduzidos ao redor da área urbana de Governador Valadares, como pode ser visto na Figura 13.

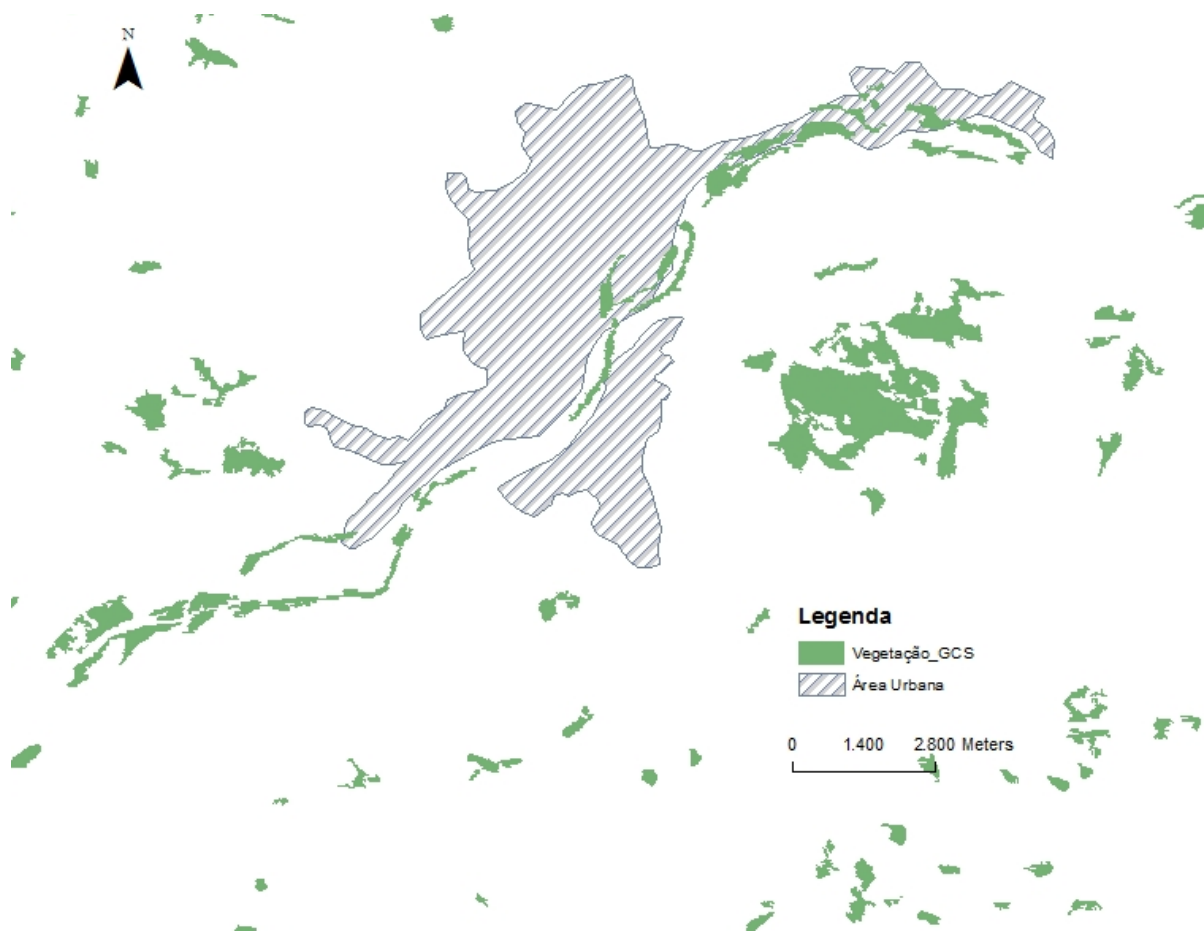


Figura 13: Área urbana de Governador Valadares e os fragmentos da vegetação Mata Atlântica situados em seus arredores.

O *Ae. albopictus*, nos estudos de sua distribuição, está associado a ambientes com vegetação ou próximo a ela, preferencialmente encontrado em área rural-urbana, ocupando nichos ecológicos naturais e grande diversidade de áreas antrópicas (Gomes et al.,1999). No entanto, é verificado um processo de colonização da área urbana, com o mosquito aumentando a extensão de sua ocupação no sentido da vegetação para a área antrópica (Albuquerque et al., 2005). Evidentemente este processo está consolidado na área urbana de Governador Valadares, na qual o mosquito *Ae. albopictus* não apresenta maior captura nas áreas próximas de vegetação. Esse processo, somado ao encontro de

larvas infectadas com o vírus da dengue no estado de Minas Gerais (Serufo et al., 1993) aumenta a importância epidemiológica do mosquito que ainda não é considerado vetor da dengue no Brasil.

Segundo os resultados desse trabalho, apenas o mosquito *Ae. aegypti* está relacionado com os casos de dengue. Tendo em vista a grande população de *Ae. albopictus*, esperava-se que esse mosquito estivesse mais ligado à transmissão de dengue do que *Ae. aegypti*, que possui uma população bem menor ao longo de todo o ano de 2009. Isso se deve ao fato das populações de *Ae. aegypti* serem comprovadamente infectadas pelo vírus e, provavelmente, mais competentes na transmissão da dengue. Entretanto, a existência de uma população expressiva de *Ae. albopictus*, mesmo não sendo competente como *Ae. aegypti*, pode manter a transmissão viral “silenciosa” ao longo do período de seca, quando *Ae. aegypti*, encontra-se ausente ou em baixas populações. É necessário verificações posteriores das populações de *Ae. albopictus*, quanto à infecção pelos sorotipos do vírus da dengue, estabelecendo assim, sua importância epidemiológica em relação à dengue em Governador Valadares

As observações e os resultados desse trabalho iniciam o entendimento sobre a ecologia de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* em Governador Valadares. No entanto, são observações preliminares, que dependem de aprofundamento sobre outros aspectos da ecologia do vetor *Ae. aegypti* e do papel de *Ae. albopictus* na transmissão, seja como possível vetor ou como competidor com o *Ae. aegypti*. Além disso, há a necessidade de estudos relacionados às condições socioeconômicas e de características imunológicas da população e a importância desses fatores na transmissão de Dengue no município.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A coerência entre os resultados dos dois capítulos demonstra a importância da capacidade de dispersão e da adaptação a diversas condições ambientais dos vetores da Dengue para a transmissão da doença. O fato dos vetores não serem capturados distantes dos fragmentos de vegetação ou nas áreas menos arborizadas, demonstra sua capacidade de dispersarem a procura de criadouros e alimento disponíveis na paisagem, inclusive em áreas próximas ou imersas em vegetação. Assim, a transmissão da doença parece não sofrer influência da existência e da proximidade da vegetação nas áreas urbanas, podendo, inclusive, os fragmentos servirem como refúgio, aumentando o desafio do combate ao vetor.

Como o único ‘elo’ susceptível da cadeia de transmissão da Dengue é o combate ao vetor e as medidas de controle efetuadas pelas secretarias de saúde têm se mostrado ineficientes na diminuição da incidência da doença, existe a necessidade de planejamento específico de combate a doença para cada município. Mais precisamente, são necessárias medidas preventivas direcionadas para cada área de um município, considerando a susceptibilidade da população de cada localidade, baseado em suas condições socioeconômicas, imunológicas e seu acesso aos serviços de saneamento básico e saúde.

O entendimento da ecologia dos vetores e da situação das populações humanas é, portanto, o verdadeiro ‘elo’ frágil da cadeia de transmissão. Seu conhecimento permite o planejamento de medidas efetivas de controle, capazes de antecederem a

reinfestação das áreas urbanas no período de chuvas, quando a transmissão volta a ser crítica e resulta em explosões de casos da doença. O investimento em pesquisa, a implementação de métodos de levantamento das populações do vetor mais sensíveis e o planejamento sério e envolvimento da população são a única possibilidade de controle e erradicação da Dengue nos municípios brasileiros.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S. A. Some effects of urban parks on air temperature variations in Kuala Lumpur, Malaysia, Paper presented at the 2nd Tohwa University International Symposium, CUTEST'92, 7–10 September 1992, Fukuoka, Japan. Preprints from Tohwa Institute for Sciences, Tohwa University 1992, 107–108.
- Albuquerque C. M. R. de, Melo-Santos, M. A. V., Bezerra M. A. S., Barbosa R. M.R., Silva D.F. e Silva E. *Primeiro registro de Aedes albopictus em área da Mata Atlântica, Recife, PE, Brasil* Rev. Saúde Pública. 2000, 34 (3): 314-15.
- Almeida M.C.M., Caiaffa W.T., Assunção R.M., Proietti F.A. Spatial vulnerability to dengue in a Brazilian urban area during a 7-year surveillance. *J Urban Health*. 2007; 84(3):334–45.
- Arnfield A.J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *Int J Climatol*. 2003; 23:1–26
- Avaliação Ecológica do Milênio. *Ecossistemas e Bem-Estar Humano*, 1 edn. 2006, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, Brasília.
- Badaro R. Current situation in regard to leishmaniasis in Brazil. In: *Research on Control Strategies for the Leishmaniasis; Proceedings of an International Workshop held in Ottawa, Canada 1 4 June 1987*. B.C. Walton et al. (eds). IDRC Manuscript Report 184e. Ottawa, Canada: International Development Research Centre. 1988; pp 91–100.
- Barrera R., Delgado N., Jiménez M., Villalobos I., Romero Y. Estratificación de una ciudad hiperendémica en dengue hemorrágico. *Ver Panam Salud Publica*. 2000; 8(4):225–33.

- Braga IA, Gomes AC, Nelson M, Mello RCG, Bergamaschi DP, Souza JMP. Comparação entre pesquisa larvária e armadilha de oviposição, para detecção de *A. aegypti*. Rev Soc Bras Med Trop 2000; 33: 347-53.
- Braks MAH, Honório NA, Lourenço-de-Oliveira R, Juliano AS, Lounibos LP. Convergent habitat segregation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in southeastern Brazil and Florida. J Med Entomol. 2003; 40:785-94
- Braks, M. A. H., N. A. Honorio, L. P. Lounibos, R. Lourenco- de-Oliveira, and S. A. Juliano. Interspecific competition between two invasive species of container mosquitoes in Brazil. Annals of the Entomological Society of America. 2004; 97: 130–139.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>>. Acesso em 05 de junho de 2009.
- Buss P. M. & Pellegrini Filho A. Saúde e seus Determinantes Sociais. Rev. Saúde Coletiva, Rio de Janeiro. 2007. 17(1):77-93.
- Buyantuyev A. & Wu J. Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic Patterns. Landscape Ecol. 2010; 25, 17–33.
- Câmara F. P, Gomes A. F., Santos G. T, dos, Câmara D. C. P. Clima e epidemias de dengue no Estado do Rio de Janeiro. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. 2009; 42:137-140.
- Camara, F. P.; Santos, G. T. É possível controlar a dengue? Rev. Soc. Bras. Med. Trop., Uberaba, 2010. v. 43, n. 6, dez.

- Carvalho, M. do S.L. de, E.D. Caldas, N. Degallier, P. de T.R. Vilarinhos, L.C.K. de Souza, M.A.C. Yoshizawa, M.B. Knox & C. Oliveira. Susceptibilidade de larvas de *Aedes aegypti* Públ. 38, 2004, 623-629.
- Chieffi P.P. Algumas questões decorrentes da re-introdução do *Aedes aegypti* no Brasil. Caderno de Saúde Pública do Rio de Janeiro, 1, 1985, 385-387.
- Conservação Internacional do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo & SEMAD/Instituto Estadual de Florestas - MG (2000). *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Consoli, R L de O & Roτραut A. G. B. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994 228p.
- Costa F. S., Silva J. J., Souza C. M., Mendes J. Dinâmica populacional de *Aedes aegypti* (L) em área urbana de alta incidência de dengue. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. 2008; 41:309-312.
- Costanza R. & Daly H.E. *Natural Capital and Sustainable Development. Conserv Biol*, 6, 1992, 37-46.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. & van den Belt M.. *The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature*, 387, 1997,253-260.
- Dobson, A. P., Cattadori, R.D. Holt, R. S. Ostfeld, F. Keesing, K. Krichbaum, J. R. Rohr, S. E. Perkins, and P. J. Hudson. Sacred cows and sympathetic squirrels:

- the importance of biological diversity to human health. 2006; PLoS Medicine 3, e231.
- Donalísio M.R., Glasser C. M. Vigilância Entomológica e Controle de Vetores do Dengue. Rev. Brasileira de Epidemiologia. 2002; 5:259-272.
- Eiras A. E. Culicidae. Em Parasitologia Humana. NEVES, D.P. MELO A. L. de, LINARDI P. M. & et al. 11o Edição. Editora Atheneu. 2005. pp. 355-368.
- Eiras, A. E.; Resende, M. C. Preliminary evaluation of the "Dengue-MI" technology for *Aedes aegypti* monitoring and control. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2009, 25 Sup 1:S45-S58.
- Epstein P.R., Diaz H.F., Elias S., et al.. *Biological and physical signs of climate change: focus on mosquito-borne diseases*. Bull Am Meteorol Soc. 1998; 78, 409-17
- FAO Forest Resources Assessment 1990: Tropical Countries, FAO Forestry Paper 112. 1993.
- Fávaro, E. A. ; Dibo, M. R. ; Mondini, A. ; Ferreira, A. C. ; Barbosa, A. A. C. ; Eiras, A. E. ; Barata, E. A. M. F. ; Chiaravalloti-Neto, F. . Physiological state of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* mosquitoes captured with MosquiTRAPs in Mirassol, São Paulo, Brazil. Journal of Vector Ecology, 2006; v. 31, p. 285-291.
- Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN. 2011. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CE9229431C90122A3B25FA534A2.htm>>. Acesso em 09 de março de 2011.
- Focks DA. A review of entomological sampling methods and indicators for dengue vectors. Geneva: World Health Organization; 2003. (Document WHO/TDR/IDE/Den/03.1).

- Forattini O.P. Ecologia Epidemiologia e Sociedade. São Paulo: Artes Médicas; 1992.
- Fundação Nacional de Saúde. Dengue. Instrução para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas. 3^a Ed. Brasília: Ministério da Saúde/Fundação Nacional da Saúde; 2001.
- Fundação SOS Mata Atlântica. 2009. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br/>>. Acesso em 15 de outubro de 2009.
- Gama RA, Silva EM, Silva IM, Resende MC, Eiras AE. Evaluation of the sticky MosquiTRAP™ for detecting *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) during the dry season in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Neotrop Entomol* 2007; 36: 294-302.
- Gomes AC, Bitencourt MD, Natal D, Pinto PLS, Mucci LF, Paula MB et al. *Aedes albopictus* em área rural do Brasil e implicações na transmissão de febre amarela silvestre. *Rev Saúde Pública* 1999;33:95-7.
- Gomes A. C. , Souza J. M. P., Bergamaschi D.P., Santos J. L. F. , Andrade V. R., Leite O. F., Rangel O., Souza S. S. L. , Guimarães N.S. N. e Lima V. L. C. Atividade antropofílica de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em área sob controle e vigilância. *Revista de Saúde Pública*. 2005; 39(2):206-10.
- Gomes, A.C. Medidas dos níveis de infestação urbana para *Aedes (Stegomyia) aegypti* e *Aedes (Stegomyia) albopictus* em programa de vigilância entomológica. *Inf Epidemiol SUS* 1998; 7:49-57.
- Gontijo, B.; Carvalho, Ribeiro M. L. American cutaneous leishmaniasis. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 2003; v. 36, n. 1, Uberaba, Jan.
- Gratz N. G. Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. *Med. Vet. Entomol.* 2004; 18, 215–27

- Gubler D. J. Dengue and dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global public health problem. See Ref. 1997; 45, pp. 1–22
- Gubler D.J., Trent D.W. Emergence of epidemic dengue/dengue haemorrhagic fever as a public health problem in the Americas. *Inf. Agents Dis.* 1994; 2:383–93.
- Gubler DJ-b. Dengue. In: Monath TP. *The arboviruses epidemiology and ecology*, vol.2, Boca Raton, Florida, 1989, CRC Press: 223-60.
- Gubler, D. J., Novak, R., Mitchell, C. J. Arthropod vector competence-epidemiological, genetic, and biological considerations. See Ref. 1982; 117a, pp. 343-78.
- Halstead S. B. Dengue Virus–Mosquito Interactions. *Annu. Rev. Entomol.* 2008. 53:273–91.
- Harrington, L. C., T. W. Scott, K. Lerdtusnee, R. C. Coleman, A. Costero, G. G. Clark, J. J. Jones, S. Kitthawee, P. Kittayapong, R. Sithiprasasna, and J. D. Edman. Dispersal of the dengue vector *Aedes aegypti* within and between rural communities. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2005; 72, 209-220.
- Hay, S. I., C. A. Guerra, A. J. Tatem, A. M. Noor, and R. W.Snow. The global distribution and population at risk of malaria: past, present, and future. *Lancet Infectious Diseases.* 2004; 4, 327–336.
- Hudson. P.J., R. Norman, M.K. Laurenson, D. Newborn, M. Gaunt, L. Jones, H.Reid, E. Gould, R. Bowers, and A. Dobson. 1995. Persistence and transmission of tick-borne viruses: *Ixopodes ricinus* and louping-ill virus in red Grouse populations.; *Parasitology* 111, 1995. S49-S58.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística - IBGE. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 10 de janeiro de 2010.

- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. 2009. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php#>>. Acesso em 01 de setembro de 2009.
- Jauregui, E. ‘Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city’, *Energy Build.* 1990–1991; 15(16), 457–463.
- Jauregui, E. Microclima del bosque de chapultepec, Bulletin No.6, Instituto de Geografia, University of Mexico (in Spanish). 1975.
- Jonsson P. Vegetation as an urban climate control in the subtropical city of Gaborone, Botswana. *Int J Climatol.* 2004; 24:1307–1322.
- Jonsson, P. Vegetation as an Urban Climate Control in the Subtropical City of Gaborone, Botswana. *Int. J. Climatol.* 2004; 24: 1307–1322.
- Joyce, C. R. Potentialities for accidental establishment of exotic mosquitoes in Hawaii. *Proc. Hawaii. Entomol. Soc.* 1961; 17:403-13.
- Juliano, S. A. Species introduction and replacement among mosquitoes: interspecific resource competition or apparent competition. *Ecology.* 1998; 79:255–268.
- Keasing, F., R. D. Holt, and R. S. Ostfeld. Effects of species diversity on disease risk. *Ecology Letters.* 2006; 9, 485-498.
- Khasnis A. A. & Nettleman M.D. Global Warming and Infectious Disease. *Archives of Medical Research.* 2005; 36, 689–696.
- Khin, MM, Than, KA., 1983. Transovarial transmission of dengue 2 virus by *Aedes aegypti* in nature. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 32(3):590-594.
- Knudsen AB, Slooff R. Vector-borne disease problems in rapid urbanization: new approaches to vector control. *Bull. WHO.* 1992; 70:1–6.

- Köppen, W.; Geiger, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- Kuno G. Review of the factors modulating dengue transmission. *Epidemiology Reviews*. 1995; 17(2):321-335.
- Kyle J. L., Harris E. Global Spread and Persistence of Dengue. *Annu Ver. Microbiol*. 2008; 62:71-92
- Lafferty, K. D. The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology*. 2009; 90, 888–900.
- Lainson R, Rangel EF. *Lutzomyia longipalpis* and the eco-epidemiology of American visceral leishmaniasis, with particular reference to Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2005; 100, 811-27.
- Laurance, W.F. Rainforest fragmentation and the structure of small mammal communities in tropical Queensland. *Biol. Conserv*. 1994; 69, 23-32.
- Laurence, W.F. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. *Biol. Conserv*. 1991; 57, 205
- Lindblade KA, Walker ED, Onapa AW, Katungu J, Wilson ML. Land use change alters malaria transmission parameters by modifying temperature in a highland area of Uganda. *Trop Med Int Health*. 2000; 5, 263–274
- LoGuidice, K., R. S. Ostifeld, K. A. Schmidt, and F. Keesing. The ecology of infectious disease: effects of host diversity and community composition on Lyme disease risk. *Proceedings of the national Academy of sciences (USA)*. 2003; 100, 567-571.
- Maciel I. J., Júnior J. B. S., Martelli C. M. Epidemiologia e desafios no controle do dengue. *Revista de Patologia Tropical*. 2008; 37: 111-118

- Maciel-de-Freitas, R.; Lourenco-De-Oliveira, R. Presumed unconstrained dispersal of *Aedes aegypti* in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 1, Feb. 2009 .
- Maciel-de-Freitas, R., Brocki Neto R., Gonçalves J. M., Codeço C. T. & Lourenço-de-Oliveira R. Movement of Dengue Vectors Between the Human Modified Environment and an Urban Forest in Rio de Janeiro. *J. Med. Entomol.* 2006; 43(6), 1112-1120.
- Marques M.B.. Emerging infectious diseases in the realm of complexity: implications for scientific and technological policies. *Caderno de Saúde Pública do Rio de Janeiro.* 1995; 11.
- Matola YG, White GB, Magayuka SA. The Changed Pattern of Malaria Andemicity and Transmission at Amani in the Eastern Usambra Mountains, North-eastern Tanzania. *Am J Trop Med Hyg.* 1987;90: 127-134.
- McMichael AJ, Campbell-Lendrum DH, Corvalán CF, et al., eds. Climate change and human health: risks and responses. Geneva: World Health Organization. 250, 2003.
- Medronho R. A geografia da dengue no Município do Rio de Janeiro: uma análise do geoprocessamento [dissertação]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz; 1993.
- Mendes ACG, Silva Júnior JB, Medeiros KR, Lyra TM, Melo Filho DA, Sá DA. Avaliação do Sistema de Informações Hospitalares-SIH/SUS como fonte complementar na vigilância e monitoramento de doenças de notificação compulsória. *Informe Epidemiológico do SUS.* 2000; 9(2): 67-86.

- Mitchell CJ, Miller BR, Gubler DJ. Vector competence of *Aedes albopictus* from Houston, Texas, for dengue serotypes 1 to 4, yellow fever and Ross River viruses. *J Am Mosq Control Assoc* 1987; 3 (4): 460-5.
- Muir, L. E., and Kay B. H.. *Aedes aegypti* survival and dispersal estimated by mark-release-recapture in northern Australia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1998; 58, 277-282.
- Murrell, E. G., and S. A. Juliano. The role of detritus type in interspecific competition and population distributions of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*. 2008; 45:375–383.
- Nasci, R. S., Hare, S. G., Willis, F. S. Interspecific mating between Louisiana strains of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in the field and laboratory. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 1989; 5:416-21.
- Oke, T.R. The micrometeorology of urban forest, *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 1989; B324, 335–349.
- Oliveira A. Estudos ecológicos de phlebotominae (Diptera: Psychodidae) em área urbana no município de Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul [Doctoral Dissertation]. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz; 2006.
- Ooi EE, Goh KT, Gubler DJ. Dengue prevention and 35 years of vector control in Singapore. *Emerg. Infect. Dis.* 2006; 12:887–93
- Ostfeld R. S. Climate change and the distribution and intensity of infectious diseases. *Ecology*. 2009; Vol. 90, No. 4
- Ostfield, R. S., and F. Keesing. Biodiversity and disease risk: the case of Lyme disease. *Conservation Biology* 14, 2000, 722-728.

- Pavloskiy E.N. The theory on natural focality of transmissible diseases of man. *Ruk. Parazitol. Cheloveka*. 1948; 2:915–38.
- Pope, K., P. Masuoka, E. Rejmankova, J. Grieco, S. Johnson, and D. Roberts. Mosquito habitats, land use, and malaria risk in Belize from satellite imagery. *Ecological Applications*. 2005; 15, 1223-1232.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>. 2010.
- Rai, K. S. *Aedes albopictus* in the Americas. *Annu. Rev. Entomol.* 1991. 36:459.
- Rangel E. F. & Vilela M. L. *Lutzomyia longipalpis* (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae) and urbanization of visceral leishmaniasis in Brazil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro. 2008; 24(12), 2948-2952.
- Reisen W. K.. Landscape Epidemiology of Vector-borne Diseases. *Annu. Rev. Entmol.* 2010; 55:461-83
- Reisen W. K. Estimation of vectorial capacity: relationship to disease transmission by malaria and arbovirus vectors. *Bull. Soc. Vector Ecol.* 1989; 14:39–40.
- Ribeiro M. C., Metzger J. P., Martensen A. C., Ponzoni F. J., Hirota M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* Volume 142, Issue 6, June 2009, Pages 1141-1153
- Rodhain F., Rosen L. Mosquito vectors and dengue virus-vector relationships. See Ref. 1997; 45, pp. 45–60
- Rodhain F., Rosen L. Mosquito vectors and dengue virus-vector relationships. See Ref. 1997; 45, pp. 45–60

- Ross R. Further Notes on Leishmania's bodies. *British Medical Journal*. 1903; 11:1401.
- Santos A. Geografia da dengue em Uberlândia (MG) na epidemia de 1999. *Caminhos de Geografia*. 2004; 3(11)35–52.
- Schmidt, K. A., and R. S. Ostfeld. Biodiversity and the dilution effect in disease ecology. *Ecology*. 2001; 82, 609-619.
- Schmidt, K.A. & Ostfeld R. S. Biodiversity and he Dilution Effect in Disease Ecology. *Ecology*. 2001; 83 (3), PP. 609-619
- Secretaria de Vigilância em Saúde. Situação da prevenção e controle das doenças transmissíveis no Brasil: Uma análise da situação de saúde, SAÚDE BRASIL. 2004.
- Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica. *Panorama da Biodiversidade Global 2*, 1 edn. MMA, Brasília. 2006.
- Serufo J.C., Oca H.M., Tavares V.A., Souza A.M., Rosa R.V., Jamal M.C. et al. Isolation of Dengue virus type 1 from larvae of *Aedes albopictus* in Campos Altos City, state of Minas Gerais, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 1993;88:503-4.
- Service, M. W. Mosquito (Diptera: Culicidae) dispersal the long and short of it. *J. Med. Entomol*. 1997; 34, 579D588.
- Sistema de Informação de Agravos de Notificação, disponível em: <http://dtr2004.saude.gov.br/sinanweb/index.php>. Acesso em 20 de outubro de 2009.
- Soper F.L. Erradicación en las Américas de los invasores africanos *Aedes aegypti* y *Anopheles gambiae*. *Bol. Of. Sanit. Panam*. 1963; 55, 259-266.
- Spronken-Smith R.A., Oke T.R. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *Int J Remote Sens*. 1998; 11:2085–2104.

- Spronken-Smith, R.A. Energetics and cooling in urban parks, Unpublished Ph.D. Thesis, The University of British Columbia, Vancouver. 1994; 204 pp. In: Upmanis, H. Eliasson, I., Lindqvist, S. The Influence of Green Areas on Nocturnal Temperatures in a High Latitude City (Goteborg, Sweden). Int. J. Climatol. 1998; 18: 681–700.
- Tauil P.L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. Caderno de Saúde Pública do Rio de Janeiro, 18, 2002.
- Tauil P.L. Urbanização e ecologia do dengue. Cad Saude Publica. 2001; 17(Supl):99-102.
- Terborgh J, Lopez L, Nunez P, Rao M, Shahabuddin G, Orihuela G, Riveros M, Ascanio R, Adler GH, Lambert TD, Balbas L. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. 2001; Science 294, 1923–1926.
- Trpis, M., and W. Hausermann. Demonstration of differential domesticity of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in Africa by mark-release-recapture. Bull. Entomol. Res. 1975; 65, 199Ð208
- Upmanis, H. Eliasson, I., Lindqvist, S. The Influence of Green Areas on Nocturnal Temperatures in a High Latitude City (Goteborg, Sweden). Int. J. Climatol. 1998; 18: 681–700.
- Vasconcelos PFC. Febre amarela. Sociedade Brasileira de Pediatria, Rio de Janeiro, 2000.
- Vilela APP, LB Figueiredo, JR dos Santos, Eiras AE, CA Bonjardim, PCP Ferreira, et al. vírus da Dengue I genótipo 3 em mosquitos *Aedes aegypti* e ovos, Brasil, 2005-2006. June 2010; Vol. 16, No. 6.

- Wallis G.P., Tabachnick W.J., Powell JR. Macrogeographic genetic variation in a human commensal: *Aedes aegypti*, the yellow fever mosquito. *Genet. Res.* 1983; 41:241–58
- Walsh, J. F., D. H. Molyneux, and M. H. Birley. Deforestation: effects on vector-borne disease. *Parasitology.* 1993; 106(Supplement), S55-S75.
- Watts DM, Harrison BA, Pantuwatana S, Klein TA et al. Failure to detect natural transovarial transmission of dengue viruses by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*(Diptera: Culicidae). *J, Med Entomol.* 1985; 22(3): 261-5
- Whitmore, T.C. & Sayer, J.A. Deforestation and species extinction in tropical moist forests, in *Tropical Deforestation and Species Extinction* (Whitmore, T.C. and Sayer, J.A., eds), Chapman &Hall. 1992. pp. 1-14
- WHO - World Health Organization. (2003) Dengue/dengue haemorrhagic fever prevention and control. Regional Office for South-East Asian. http://203.90.70.117/PDS_DOCS/B3360.pdf (11/09/2009).
- Wolfe, N. D., C. P. Dunavan, and J. Diamond. 2007. Origins of major human infectious diseases. 2007; *Nature* 447, 279–283.
- Yadon ZE, Rodrigues LC, Davies CR, Quigley MA. Indoor and peridomestic transmission of American cutaneous leishmaniasis in northwestern Argentina: A retrospective case-control study. *Am. J. Trop. Med. & Hyg.* 2003; 68, 519–526.
- Yasuno M, Tonn RJ. A study of biting habits of *Aedes aegypti* in Bangkok, Thailand. *Bull. WHO.* 1970; 43:319–25.
- Yaw A. Afrane, Goufa Zhou, Bernard W Lawson, Andrew K. Githeko, and Guiyun Yan. Effects of Microclimatic changes by deforestation on the Survivorship and

Reproductive Fitness of *Anopheles gambiae* in Western Kenya Highlands. Am J Trop Med Hyg. 2006; 74: 772-778

Young, A. and Mitchell, N. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. Conserv. Biol. 1994; 67, 63-72.

Zequi J. A. C., Lopes J., Medri I. M. (2005). Imaturos de Culicidae encontrados em recipientes instalados em mata residual no município de Londrina, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 22(3): 656-661

13.ANEXOS

Tabela 2: Municípios selecionados para amostra

Município	População 2009	Incidência de Dengue / 10.000 habitantes			Média da Prevalência de Dengue	Temperatura Média °C	Temperatura Média Mínima °C
		2006	2007	2008			
<i>Antônio Prado de Minas</i>	2070	0	0	0	0	23,5	18,2
<i>Casa Grande</i>	2129	0	0	0	0	19,4	14,9
<i>Rochedo de Minas</i>	2137	0	0	9,35	31	19,3	15,4
<i>Coronel Pacheco</i>	2427	0	0	8,24	27	21	15,3
<i>Arantina</i>	2538	0	0	0	0	19,2	14,1
<i>São José do Mantimento</i>	2579	0	19,38	0	65	21,2	15,4
<i>Simão Pereira</i>	2594	0	0	0	0	19,3	15,4
<i>Rio Doce</i>	2656	0	0	11,29	4	18,5	14,6
<i>Carmésia</i>	2712	0	0	0	0	20,8	14,9
<i>São Sebastião da Vargem Alegre</i>	2877	0	0	3,47	12	23,5	18,2

Continuação Tabela 1:

Município	População 2009	Incidência de Dengue / 10.000 habitantes			Média da Prevalência de Dengue	Temperatura Média °C	Temperatura Média Mínima °C
<i>Córrego Novo</i>	3138	0	0	0	0	21,2	16,5
<i>Carvalhópolis</i>	3380	0	0	0	0	19,6	14,3
<i>Catas Altas da Noruega</i>	3573	0	0	0	0	18,5	14,6
<i>Pedra do Anta</i>	3731	0	0	0	0	19,4	14,8
<i>Santana de Cataguases</i>	3785	0	18,49	10,56	97	23,5	18,2
<i>Ribeirão Vermelho</i>	3938	0	0	5,07	17	19,4	14,8
<i>Pescador</i>	4197	0	7,14	95,30	341	24,5	18,2
<i>Piedade de Ponte Nova</i>	4273	0	0	0	0	21,2	15,4
<i>Oratórios</i>	4538	0	0	33,05	110	19,4	14,8
<i>Santa Efigênia de Minas</i>	4568	2,18	0	8,75	4	24,5	18,2

Continuação da Tabela 1:

Município	População 2009	Incidência de Dengue / 10.000 habitantes			Média da Prevalência de Dengue	Temperatura Média °C	Temperatura Média Mínima °C
		2006	2007	2008			
<i>Caiana</i>	4733	2,11	0	0	7	18,8	12,4
<i>Natércia</i>	4773	0	2,09	0	7	18,2	11,4
<i>Catas Altas</i>	4795	0	0	2,08	7	19,4	14,9
<i>Caparaó</i>	4991	2,00	0	0	7	18,8	12,4
<i>Capitão Andrade</i>	5087	0	1,96	3,93	20	24,5	18,2
<i>Descoberto</i>	5126	0	1,95	0	7	21	15,3
<i>Aricanduva</i>	5140	0	0	0	0	20,1	15
<i>Ritópolis</i>	5149	0	0	0	0	19,2	14,1
<i>Braúnas</i>	5332	5,62	0	11,25	56	23,5	19,1
<i>Liberdade</i>	5397	0	7,41	0	2	19,1	13,3
<i>Joanésia</i>	5567	0	0	17,96	60	24,1	19,1

Continuação Tabela 1:

Município	População 2009	Incidência de Dengue / 10.000 habitantes			Média da Prevalência de Dengue	Temperatura Média °C	Temperatura Média Mínima °C
		2006	2007	2008			
<i>São José do Goiabal</i>	5743	20,89	104,47	5,22	435	21,2	15,4
<i>Cana Verde</i>	5915	0	1,69	3,38	17	19,4	14,8
<i>Naque</i>	6154	1,62	0	30,87	108	23,5	19,1
<i>Rodeiro</i>	6589	0	10,62	25,80	121	23,5	18,2
<i>Piedade de Caratinga</i>	6937	0	0	0	0	23,5	19,1
<i>Coimbra</i>	7209	0	0	2,77	9	19,4	14,8
<i>Alpercata</i>	7252	0	23,44	6,89	101	24,5	18,2
<i>Guidoval</i>	7523	3,98	1,32	42,53	16	23,5	18,2

Continuação Tabela 1:

Município	População 2009	Incidência de Dengue / 10.000 habitantes			Média da Prevalência de Dengue	Temperatura Média °C	Temperatura Média Mínima °C
		2006	2007	2008			
<i>Serrania</i>	7584	0	1,31	0	0	19,6	14,3
<i>Itapeva</i>	8073	1,24	0	0	4	19,2	14,3
<i>Virgínia</i>	8544	0	0	0	0	17,0	10,1
<i>São Gonçalo do Rio Abaixo</i>	9738	0	0	1,02	3	20,1	15,9
<i>Congonhal</i>	10261	0	0,97	0	3	19,2	14,3
<i>Bela Vista de Minas</i>	10333	0	30,96	4,83	119	20,1	15,9
<i>Conceição da Aparecida</i>	10771	0	0	0	0	20,6	15,5
<i>Bueno Brandão</i>	11212	0	0	1,78	6	18,2	12,9
<i>Pedralva</i>	11351	0	0	1,76	1	17,0	10,1
<i>Andrelândia</i>	12369	0	0	0	0	19,2	14,1
<i>Areado</i>	13864	0	0	0	0	19,6	14,3

Continuação Tabela 1:

Município	População 2009	Incidência de Dengue / 10.000 habitantes			Média da Prevalência de Dengue	Temperatura Média °C	Temperatura Média Mínima °C
		2006	2007	2008			
<i>Visconde do Rio Branco</i>	37228	1,07	2,68	347,58	1171	19,4	14,8
<i>João Monlevade</i>	75320	16,19	10,22	3,85	101	20,1	15,9
<i>Três Corações</i>	75776	0,26	0,26	0,13	2	19,2	11,4
<i>Lavras</i>	92542	1,08	48,51	8,64	194	19,4	14,8
<i>Conselheiro Lafaiete</i>	114579	0,96	0,69	1,65	11	19,4	14,9
<i>Varginha</i>	121785	0,08	1,64	0,41	7	19,4	14,8
<i>Espera Feliz</i>	21612	0	0	1,85	6	18,8	12,4
<i>Elói Mendes</i>	25532	0	0	0	0	19,6	14,3
<i>Cambuí</i>	26365	0	0,75	0,37	4	19,2	14,3
<i>Ouro Branco</i>	35475	1,40	3,38	4,79	32	19,4	14,9

Continuação Tabela 1:

Município	População 2009	Incidência de Dengue / 10.000 habitantes			Média da Prevalência de Dengue	Temperatura Média °C	Temperatura Média Mínima °C
<i>Matias Barbosa</i>	13872	0	3,60	4,32	26	19,3	15,4
<i>Itaú de Minas</i>	15257	0,65	1,31	0,65	1	20,6	15,5
<i>Raposos</i>	15521	0	0,64	7,73	3	21,1	16,7
<i>Lambari</i>	19244	0	0	0,51	2	18,2	11,4
<i>Monte Sião</i>	20135	0	0,49	0	2	19,2	14,3
<i>Perdões</i>	20228	0	1,48	2,96	1	19,4	14,8

Tabela 3: Grupos de municípios com a dimensão do raio da circunferência de influência e a área total da circunferência.

<i>Grupo de Municípios</i>	<i>Raio da circunferência de Influência</i>	<i>Área da circunferência (m²)</i>
<u>Até 5.000 habitantes</u>	2948 metros	27.330.356,17
<u>De 5.001 a 10.000 habitantes</u>	3808 metros	45.578.047,72
<u>De 10.001 até 15.000 habitantes</u>	5685 metros	101.828.231,29
<u>De 15.001 até 25.000 habitantes</u>	8196 metros	210.740.153,92
<u>De 25.001 até 35.000 habitantes</u>	15.065 metros	714.528.000,00
<u>Acima de 35.000 habitantes</u>	17.201 metros	931.467.918,07

Tabela 3:

Município	População 2009	Altitude (m)	IFDM	Temp.media °C	Temp. média min. °C	PMA	dengue	PIB per capita
Antônio Prado de Minas	2070	303	0,7036	23,5	18,2	5	0	5942
Arantina	2538	1050	0,6523	19,2	14,1	2	0	4851
Caiana	4733	750	0,5444	18,8	12,4	8	7	4775
Caparaó	4991	997	0,6531	18,8	12,4	8	7	6557
Carmésia	2712	551	0,6399	20,8	14,9	22	0	4274
Carvalhópolis	3380	870	0,7103	19,6	14,3	9	0	6444
Casa Grande	2129	970	0,6302	19,4	14,9	6	0	6134
Catas Altas	4795	745	0,7179	19,4	14,9	23	7	11469
Catas Altas da Noruega	3573	760	0,6202	18,5	14,6	40	0	3449
Coronel Pacheco	2427	484	0,646	21	15,3	8	27	7145
Córrego Novo	3138	400	0,5611	21,2	16,5	9	0	5748
Natércia	4773	920	0,6549	18,2	11,4	30	7	7759
Oratórios	4538	520	0,6434	19,4	14,8	17	110	5791
Pedra do Anta	3731	650	0,6266	19,4	14,8	13	0	4129
Pescador	4197	450	0,4968	24,5	18,2	6	341	5805
Piedade de Ponte Nova	4273	420	0,6397	21,2	15,4	8	0	4785
Ribeirão Vermelho	3938	800	0,6572	19,4	14,8	5	17	6803
Rio Doce	2656	378	0,6119	18,5	14,6	17	4	5568
Rochedo de Minas	2137	330	0,6029	19,3	15,4	4	31	6406

Santa Efigênia de Minas	4568	700	0,5499	24,5	18,2	10	4	3493
Santana de Cataguases	3785	240	0,6639	23,5	18,2	12	97	4499
São José do Mantimento	2579	360	0,6357	21,2	15,4	18	65	4745
São Sebastião da Vargem Alegre	2877	730	0,5952	23,5	18,2	19	12	5269
Simão Pereira	2594	480	0,5953	19,3	15,4	24	0	6941
Alpercata	7252	250	0,5129	24,5	18,2	1	101	5120
Aricanduva	5140	800	0,5238	20,1	15	43	0	3825
Braúnas	5332	920	0,5835	23,5	19,1	20	56	12359
Cana Verde	5915	850	0,6208	19,4	14,8	10	17	5794
Capitão Andrade	5087	228	0,58	24,5	18,2	1	20	4559
Coimbra	7209	720	0,6592	19,4	14,8	19	9	5606
Descoberto	5126	340	0,6633	21	15,3	12	7	6596
Guidoval	7523	302	0,6837	23,5	18,2	1	16	5650
Itapeva	8073	990	0,6673	19,2	14,3	5	4	9462
Joanésia	5567	450	0,6536	24,1	19,1	19	60	6780
Liberdade	5397	1170	0,5803	19,1	13,3	32	2	6375
Naque	6154	200	0,4994	23,5	19,1	8	108	6663
Piedade de Caratinga	6937	850	0,5716	23,5	19,1	25	0	4228
Ritópolis	5149	1010	0,5401	19,2	14,1	9	0	4785
Rodeiro	6589	320	0,7025	23,5	18,2	4	121	5443
São Francisco do Glória	5685	710	0,5822	18,8	12,4	4	0	9741
São Gonçalo do Rio Abaixo	9738	600	0,6044	20,1	15,9	32	3	4329

São José do Goiabal	5743	350	0,5644	21,2	15,4	23	435	44749
Serrania	7584	878	0,6095	19,6	14,3	2	0	4434
Virgínia	8544	940	0,6226	17	10,1	12	0	7542
Andrelândia	12369	1000	0,6437	19,2	14,1	1	0	6569
Areado	13864	810	0,6692	19,6	14,3	8	0	6025
Bela Vista de Minas	10333	690	0,5858	20,1	15,9	14	119	6630
Bueno Brandão	11212	1200	0,6525	18,2	12,9	10	6	4594
Conceição da Aparecida	10771	980	0,6749	20,6	15,5	17	0	5092
Congonhal	10261	860	0,6527	19,2	14,3	9	3	8689
Matias Barbosa	13872	474	0,7089	19,3	15,4	26	26	33815
Pedralva	11351	910	0,6274	17	10,1	30	1	5938
Cambuí	26365	904	0,6898	19,2	14,3	8	4	10470
Espera Feliz	21612	760	0,6749	18,8	12,4	10	6	5318
Monte Sião	20135	860	0,6527	19,2	14,3	4	2	7562
Perdões	20228	840	0,7089	19,4	14,8	12	1	9702
Itaú de Minas	15257	740	0,6274	20,6	15,5	25	1	18386
Lambari	19244	890	0,6898	18,2	11,4	28	2	6478
Raposos	15521	720	0,6411	21,1	16,7	41	3	4033
Elói Mendes	25532	889	0,666	19,6	14,3	15	0	10178
Ouro Branco	35475	1040	0,8743	19,4	14,9	30	32	49828
Conselheiro Lafaiete	114579	995	0,7388	19,4	14,9	2	11	6799
João Monlevade	75320	581	0,7574	20,1	15,9	5	101	18812

Lavras	92542	910	0,7441	19,4	14,8	1	194	11744
Três Corações	75776	864	0,7382	19,2	11,4	18	2	16098
Varginha	121785	925	0,8073	19,4	14,8	19	7	25089
Visconde do Rio Branco	37228	330	0,7133	19,4	14,8	10	1171	11508