

Aspectos sócioeconômicos e climáticos que impactam a ocorrência de dengue no Brasil: análise municipal de 2008 a 2011 por regressões quantílicas para dados em painel

Socioeconomic and climate aspects that impact the dengue occurrence in Brazil: municipal analysis of 2008 to 2011 by quantile regression for panel data

DOI:10.34117/bjdv6n5-311

Recebimento dos originais: 19/04/2020

Aceitação para publicação: 16/05/2020

Vitor Borges Monteiro

Faculdade de Economia, Administração, Atuariais e Contabilidade - FEAAC/UFC

Departamento de Finanças

Endereço: Rua Marechal Deodoro, 400, 4º andar. Fortaleza, Ceará.

CEP 60.020-060. Fone: (085) 3366-7590.

E-mail: vitorborges@ufc.br

Jair Andrade Araújo

Mestrado Acadêmico em Economia Rural -MAER/UFC

Departamento de Economia Agrícola - Campus do Pici–Bloco 826.

Endereço: Fortaleza, Ceará CEP 60455-900 Brasil. Fone: (085) 3366-9716.

E-mail: jairandrade@ufc.br

RESUMO

Este trabalho investiga a relação entre variáveis socioeconômicas e climáticas sobre a incidência de dengue no Brasil, para os anos de 2008 a 2011 nos municípios brasileiros. Utiliza-se uma metodologia econométrica de regressões quantílicas para dados em painel, proposto por Koenker (2004). Os resultados preliminares indicam que as principais variáveis socioeconômicas que impactam casos de dengue são despesa em saneamento básico e densidade demográfica, com impactos negativos e positivos, respectivamente, para todos os níveis de quantis. Já as principais variáveis climáticas que impactam a ocorrência de dengue são precipitação total, temperatura máxima e umidade, com impactos crescentes nos quantis. O trabalho corrobora com a literatura, reforçando a relação da incidência de casos de dengue com fatores socioeconômicos e climáticos, entretanto, apresenta essa relação sobre os quantis de incidência de casos dengue.

Palavras Chaves: Dengue, Regressão Quantílica, Dados em Painel.

ABSTRACT

This work investigates the relationship between socioeconomic and climatic variables on the incidence of dengue in Brazil, for the years 2008 to 2011 in Brazilian municipalities. through an econometrics methodology of quantile regressions for panel data, proposed by Koenker (2004). Preliminary results indicate that the main socioeconomic variables that impact dengue cases are expenditures on basic sanitation and population density, with negative and positive impacts, respectively, for all levels of quantiles. Already as main climatic variables that impact the occurrence of dengue are a maximum temperature, rains and humidity, with increasing impacts on quantiles. The work corroborates with the literature, reinforcing a relationship of dengue cases with socioeconomic and climatic indicators, however, presents this relation on the quantiles of dengue cases

Key Words: Dengue, Quantile Regression, Panel Data.

1. INTRODUÇÃO

A dengue é um importante problema de saúde pública mundial com incidência crescente e disseminação geográfica. Estimativas recentes indicam que cerca de 3,5 bilhões de pessoas, cerca de 55% da população mundial, vivem em países em risco de infecção por dengue (BEATTY et all, 2007). A dengue está entre as doenças infecciosas mais importantes em muitos países nos trópicos e subtropicais. A transmissão do vírus da dengue ocorre principalmente através de picadas de mosquitos, *Aedes aegypti*, que se alimentam preferencialmente de sangue humano, e são freqüentemente encontrados dentro e ao redor das habitações (HARRINGTON et all, 2001). A dengue tornou-se um grande problema de saúde pública internacional devido ao aumento da distribuição geográfica e à transição da transmissão epidêmica com longos intervalos interepidêmicos para alterações endêmicas e sazonais (GIBBONS e VAUGHN, 2002). Ciclos sazonais e plurianuais em incidências de dengue variam ao longo do tempo e do espaço

A Dengue é uma doença infecciosa causada pelo vírus de mesmo nome, um arbovírus da família Flaviviridae, gênero Flavivírus e que inclui quatro tipos imunológicos: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-41. Os sintomas incluem febre, dor de cabeça, dores musculares e articulares e uma erupção cutânea característica. Em uma pequena proporção de casos, a doença pode evoluir para a dengue hemorrágica com risco de vida, resultando em sangramento, baixos níveis de plaquetas sanguíneas, extravasamento de plasma no sangue ou até diminuição da pressão arterial a níveis perigosamente baixos. A sua transmissão é através do mosquito *Aedes aegypti*. É a mais importante arbovirose que afeta o ser humano, constituindo-se em sério problema de saúde pública no mundo

A ausência de uma vacina preventiva eficaz, de tratamento etiológico e quimioprofilaxia efetivos a torna uma doença sempre perigosa, pois rapidamente se alastra uma epidemia. As dificuldades de combater a mosquito, em grandes e médias cidades, são muitas. Há facilidades para sua proliferação e limitações para reduzir seus índices de infestação, geradas pela complexidade da vida urbana atual. As mudanças demográficas ocorridas nos países subdesenvolvidos, a partir dos anos 60, geradas por intenso fluxo migratório rural-urbano, resultaram em crescimento desordenado das cidades, nas quais se destacam a carência de habitação e saneamento básico.

Segundo Tauil (2001), cerca de 20% da população das grandes e médias cidades estão vivendo em favelas, cortiços ou em áreas de invasão, locais sem acesso a saneamento, abastecimento d'água e coleta seletiva de lixo. Ademais, as grandes cidades tropicais e subdesenvolvidas sofrem constantemente pela falta de abastecimento de água e conseqüentemente há a necessidade de armazená-la precariamente, além disso, a ausência de destino adequado do lixo, propicia a

¹ <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/informacoes-tecnicas-dengue>. Acesso em 23/11/2015.

proliferação de criadouros potenciais do *Aedes aegypti*, ou seja, depósitos improvisados para água potável e recipientes em que a água é acumulada, constituídos principalmente por latas, plásticos e garrafas usadas.

Por outro lado, a população mundial vem crescendo e cada vez mais a sociedade precisa de indústrias para abastecer o consumo, o resultado é o aumento exponencial da produção de lixo das grandes cidades, com embalagens descartáveis, pneus etc. O destino dos lixos das grandes cidades vem sendo pauta de debates em saúde pública, pois os números são alarmantes.

O resultado de todos esses fatores, falta d'água, saneamento, habitação, lixo, densidade demográfica, aquecimento global, enfim, todos esses fatores socioeconômicos e climáticos que constituem ambientes perfeitos para a proliferação do mosquito e, conseqüentemente, da Dengue, podem estar relacionados com o comportamento desta doença no Brasil.

O Objetivo deste trabalho é verificar quais variáveis socioeconômicas e climáticas impactam a ocorrência de dengue no Brasil através de painel de dados entre 2008 e 2011 nos municípios brasileiros, através de uma metodologia econométrica de regressões quantílicas para dados em painel, proposto por Koenker (2004). O Brasil é um país perfeito para a análise pois é heterogêneo do ponto de vista econômico, étnico, cultural, social e climático, o que pode representar uma importante contribuição para o estudo empírico que tenta explicar o comportamento do dengue, e pesquisa leva em consideração todos os municípios no Brasil. Além disso, outra contribuição da pesquisa refere-se a análise dos *quantis* de ocorrência de dengue, em painel, o que pode evidenciar uma maior precisão dos fatores causadores da doença.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção serão apresentados vários trabalhos, em ordem cronológica, que estudaram a problemática da dengue com viés socioeconômico e climático. Inicialmente, será abordado trabalhos realizados no Brasil, por último será apresentado alguns estudos realizados no mundo, principalmente em Taiwan, Vietnã, Austrália e Tailândia.

Da Costa e Natal (1998), fizeram uma análise da incidência de dengue na cidade de São José do Rio Preto, SP, durante epidemia (sorotipo I) ocorrida no primeiro semestre de 1995. A cidade foi dividida em unidades geográficas definidas a partir de variáveis socioeconômicas, tendo como base o setor censitário do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), através de análise de agrupamento. Calculou-se o coeficiente de correlação linear entre o coeficiente de incidência de dengue (CI) e variáveis socioeconômicas. O CI de dengue variou de forma inversa com o padrão socioeconômico da unidade, ou seja, a região com piores indicadores sociais apresentou maior

incidência de casos da doença. Discutiu-se a significância da densidade populacional e dos serviços de saneamento ambiental, no nível de incidência.

Tauil (2001) argumenta que os aglomerados urbanos modernos apresentam, nos países pobres, deficiências de saneamento básico, habitação e abastecimento d'água. A falta de abastecimento de água, inclusive, leva a necessidade de armazená-la, que, feita precariamente, tal como pela ausência de destino adequado do lixo, ocorre a proliferação de criadouros potenciais do *Aedes aegypti*. Discute também que atividades de combate à epidemia precisam de mão-de-obra e, o ajuste fiscal dos governos, nos diferentes níveis, tem impedido a contratação de pessoal de forma mais duradoura, não se dispondo de servidores treinados e experientes, reduzindo a qualidade destas atividades.

Ainda nesta esteira, Tauil (2002) argumenta que o controle da dengue deve ser estabelecido com base nos conhecimentos científicos e técnicos disponíveis. Assim, não sendo possível evitar casos de dengue em áreas infestadas pelo *Aedes aegypti*, é possível prevenir epidemias de grandes dimensões por meio do aprimoramento da vigilância epidemiológica, e é possível e factível reduzir a letalidade da doença, dos níveis atuais de 5 a 6% para cerca de 1% das formas graves. A elaboração e execução de planos estratégicos de organização da assistência aos casos suspeitos de dengue têm mostrado, tanto em outros países, como em algumas cidades brasileiras, ser um instrumento muito útil na redução da letalidade.

Para Souza et al (2007), existem vários modelos estatísticos na literatura para explicar a incidência da dengue. Porém, há divergências a respeito da real validade de modelos baseados em fatores climáticos e de modelos baseados em variáveis relativas ao combate a doença, pois a variabilidade apresentada por estas variáveis não são suficientes para explicar satisfatoriamente o comportamento estatístico da incidência do dengue. Então, sugere um modelo de defasagem distribuída (MDD) para estudarem o fenômeno no Estado da Paraíba. O MDD supõem que a variável resposta Y será explicada pela presença de uma variável X no mesmo instante de tempo t e também pelos instantes anteriores (t-1, ...). Dentre os vários modelos testados, dois apresentaram resultados aparentemente interessantes. Um modelo MDD usando-se pluviometria não foi validado sob o ponto de vista estatístico. Um outro usando-se o número de municípios com dengue apresentou resultados estatísticos válidos e satisfatórios, mostrando que o padrão de incidência se repete a cada ano nos municípios, mostrando uma forte relação socioeconômica. Além disso, sob o ponto de vista das Secretarias Estaduais de Saúde, é um modelo viável que permite com uma única fonte de informação estabelecer um modelo com resultados estatísticos interessantes e de boa acurácia.

Mondini e Neto (2007), assim como Da Costa e Natal (1998), analisaram o comportamento da dengue em São José do Rio Preto, Estado de São Paulo. Os casos de dengue confirmados entre setembro de 1990 a agosto de 2002 foram geocodificados e agrupados segundo setores censitários

urbanos. Um fator socioeconômico foi gerado por meio da técnica de análise de componentes principais, agrupando os setores censitários em quatro níveis socioeconômicos. Os coeficientes de incidência foram calculados, por ano e quadriênio, para cada um dos agrupamentos de setores censitários, considerando-se o período entre setembro de um ano a agosto do ano seguinte. São apresentados mapas temáticos dos setores agrupados nos quatro níveis socioeconômicos com os respectivos coeficientes de incidência da doença. A análise de componentes principais produziu um fator socioeconômico responsável por 87% da variação total de casos. Entretanto, em alguns anos não foi verificada relação entre a ocorrência de dengue e níveis socioeconômicos, assim, discutem que essa questão precisa ser mais bem estudada e, talvez, dependa da realidade de cada município. É importante que sejam verificadas as relações espaciais entre a transmissão de dengue e outras variáveis, como o grau de imunidade da população; a efetividade das medidas de controle; o grau de infestação pelo vetor; os hábitos e atitudes da população, entre outros.

Flauzino et al (2009) fez um interessante estudo descritivo sobre a catalogação das fontes bibliográficas dentro dessa problemática. Analisou os estudos que abordaram o tema dengue e geoprocessamento juntamente com indicadores socioeconômicos e ambientais na busca de uma melhor compreensão do comportamento da doença. Conduziu-se uma busca nas bases MEDLINE, SciELO, Lilacs e banco de teses CAPES com os termos “dengue, sistema de informação geográfica, análise espacial, geoprocessamento, sensoriamento remoto e indicadores socioeconômicos e ambientais”. Também foi conduzida uma busca manual de artigos selecionados das listas de referências. Foram incluídos todos os trabalhos publicados nos idiomas inglês, português ou espanhol até dezembro de 2007 que abordaram o tema dengue e geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais. Os estudos foram agrupados conforme tipo (inquérito sorológico ou estudo com dados secundários) e unidade espacial de análise (município, distritos sanitários, bairros, regiões administrativas, setores censitários e quarteirões). Foram avaliados 22 estudos, todos da América Latina (19 do Brasil). Seis eram inquéritos sorológicos e 16 utilizaram dados secundários. A pobreza não foi fator preponderante para o risco da doença. A heterogeneidade espacial de condições de vida e incidência esteve presente em 15 dos 16 trabalhos com dados secundários.

Pereda et al (2011), buscou entender a influência do clima na incidência e distribuição espacial de dengue no Brasil e, a partir de tal influência, mapear e projetar tais efeitos nos gastos públicos com saúde (hospitalização e programas de combate) no curto e no longo prazo. Foram utilizados métodos econométricos de Poisson aplicados para dados em painel, para municípios brasileiros de 2000 a 2009. Resultados preliminares indicam que o aumento da temperatura impacta positivamente no risco de dengue no Brasil. No caso da relação entre dengue e quantidade de chuvas, o efeito estimado foi positivo, porém decrescente, chegando a ser negativo no caso de grandes

quantidades de chuvas para algumas das regiões analisadas. A umidade relativa média também foi importante para explicar a incidência de dengue. Outras variáveis socioeconômicas mostraram relação positiva entre pobreza e dengue em algumas regiões do Brasil.

Segundo Cabral e Freitas (2012) a dengue tornou-se um problema de saúde pública, desafiando o sistema de saúde brasileiro. Buscou investigar a distribuição espacial da dengue e sua relação com os fatores socioeconômicos e demográficos em 3878 municípios brasileiros no ano de 2010, ano recorde de casos de dengue e mortes causadas pela doença. A metodologia utilizada foram as Regressões Ponderadas Geograficamente. Os resultados mostram que a densidade demográfica parece fundamental para explicar o padrão de distribuição espacial dos casos de dengue e que, independentemente do nível de desenvolvimento, os municípios estão suscetíveis à proliferação dos casos de dengue. Diante disso, são necessárias políticas públicas integradas com a população e instituições privadas que visem a conscientização para as formas de proliferação para controlar a dengue.

Gomes et all (2015), buscaram entender a influência de variáveis climáticas e socioeconômicas na incidência da dengue nos municípios do estado de Minas Gerais. Os resultados das estimções mostraram indícios que o saneamento básico, o PIB e a densidade populacional influenciam positivamente na incidência da dengue. As variáveis climáticas (temperatura mínima e máxima, umidade e precipitação) não influenciam os casos de dengue. Além disso, concluíram que o controle da dependência espacial não deve ser considerado no caso da dengue, ou seja, o que ocorre num município não se relaciona com seus vizinhos no que tange à dengue.

A partir de agora será feito um levantamento de alguns trabalhos internacionais que abordaram a temática dos casos de dengue associados a fatores socioeconômicos e climáticos. Shang et all (2010) estudaram o comportamento da ocorrência de dengue com os fatores meteorológicos locais em Taiwan. Usando modelos de regressão logística e de Poisson, analisaram os casos de dengue bi-semanalmente confirmados em laboratório no período de 1998 a 2007, para identificar correlações entre dengue indígena e casos de dengue importados. Os resultados revelaram que a ocorrência de dengue indígena foi significativamente correlacionada com casos de dengue temporariamente retardados (2-14 semanas), temperaturas mais altas (6-14 semanas) e menor umidade relativa (6-20 semanas). Além disso, os casos de dengue importados e indígenas tiveram uma relação quantitativa entre si significativa no início das epidemias locais. No entanto, essa relação tornou-se menos significativa ao longo da epidemia.

Azil et all (2010) estudaram as influências meteorológicas sobre a abundância de mosquitos transmissores da dengue na Austrália. Foram realizadas análises de regressão linear múltipla utilizando dados meteorológicos e dados de coleta de *Aedes aegypti* feminino em armadilhas de

mosquito BG-Sentinel, colocadas em 11 locais de monitoramento em Cairns, no norte de Queensland. Resultados obtidos para coeficientes de regressão foram consideráveis ($R^2 = 0,64$ e $0,61$) para modelos de fator de longo prazo e mais curto, respectivamente. Fatores de longo prazo são associados significativamente à temperatura mínima média (atrasada de 6 meses) e a temperatura média diária (4 meses), explicando o aumento previsível da abundância de *Aedes aegypti* durante a estação úmida. Os fatores que explicam a flutuação da abundância no curto prazo foram a umidade relativa média durante as 2 semanas anteriores e a temperatura média diária atual. As variáveis de chuva não foram encontradas como fortes preditores de abundância de *Aedes aegypti* em modelos de longo ou curto prazo.

Thai *et all* (2010) estudaram a dinâmica da transmissão da dengue na província de Binh Thuan, no sul do Vietnã. As análises de *Wavelet* para modelagem em séries temporais foram realizadas em séries de casos de dengue notificados mensalmente de janeiro de 1994 a junho de 2009. Os principais resultados apontam que existe uma oscilação anual contínua e um ciclo plurianual de cerca de 2-3 anos, observado apenas entre 1996 e 2001.

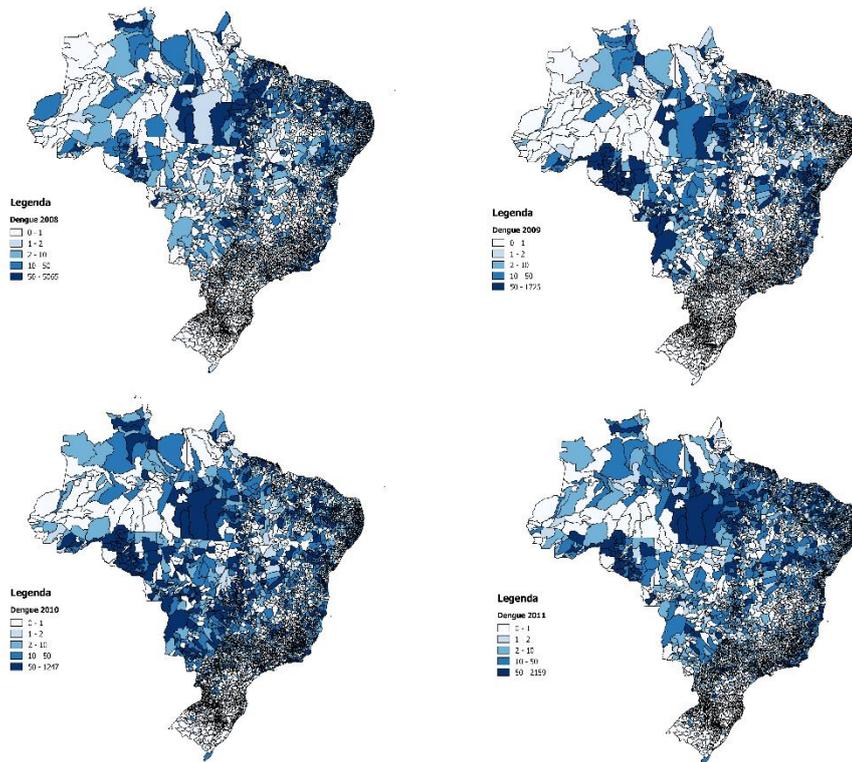
Mekpariyup *et all* (2015) tentou prever o número mensal de casos de dengue no distrito de Pantong, Chonburi, Tailândia. Foram utilizados fatores meteorológicos, como temperatura, umidade, pressão atmosférica, velocidade do vento e chuva, em uma regressão linear múltipla (MLR). Os resultados do estudo descobriram que o coeficiente de determinação ajustado foi de 0,68594, apontando um bom poder de explicação do modelo.

3. METODOLOGIA

3.1 BASE DADOS

A Base de dados é constituída por 4294 unidades transversais, representando os municípios brasileiros que tiveram ao menos 1 (um) caso de dengue nos 4 anos estudados, 2008 a 2011. A figura 1 apresenta a distribuição geográfica da variável dependente a ser investigada neste estudo.

Figura 1: Ocorrência de Dengue por município, de 2008 a 2011.

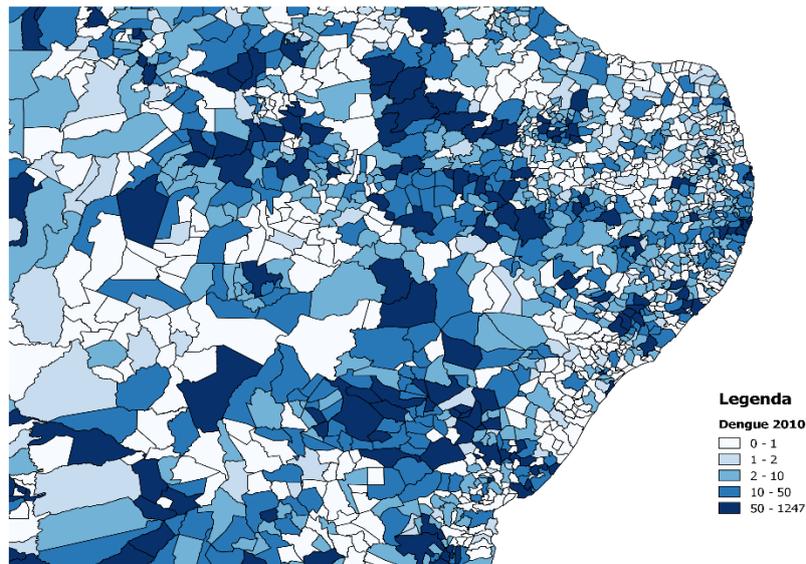


Fonte: Elaboração dos autores com dados do DATASUS

Note que a ocorrência de dengue oscila entre municípios vizinhos de um ano para o outro, entretanto, existem áreas críticas de ocorrência ao longo dos anos estudados, como a região sul do Estado do Pará, Rondônia, Roraima, região do Patanal Matogrossense, região Sul da Bahia, litoral do Sudeste e Nordeste de forma geral. A região Sul do Brasil e São Paulo praticamente inexistem ocorrência de dengue nos prontuários do DATASUS.

Entre os anos de 2008 a 2011, as ocorrências de casos oficiais de dengue foram, respectivamente, 70192, 51590, 88547 e 76216, sendo o ano de 2010 aquele com mais casos em todo Brasil. A figura 2 apresenta a distribuição geográfica da ocorrência de dengue com um recorte detalhado para a região Nordeste, note que além das regiões metropolitanas das capitais, a região sul do Ceará, todo Estado de Pernambuco e o centro-sul do Estado da Bahia possuem elevados índices de ocorrência de dengue. O presente trabalho apresenta uma variável *dummy* para a região Nordeste com intuito de captar o efeito de algumas variáveis explicativas especificamente para a região.

Figura 2: Ocorrência de Dengue por município, recorte para o Nordeste - 2010.



Fonte: Elaboração dos autores com dados do DATASUS

O banco de dados contém 15 variáveis, o que proporciona 188.936 observações ($i \times t \times k$). A seguir, um quadro resumo com as variáveis a serem utilizadas, com seu respectivo tipo, fonte e sinal esperado.

Quadro 1: Descrição das variáveis quanto à tipo, fonte e sinal esperado

Variável	Descrição	Tipo	Fonte	Sinal Esperado
Dengue	Ocorrência de casos absolutos de Dengue	Quantitativa	DATASUS	Variável dependente
Saneamento	Despesas municipais segundo a rubrica: Saúde e Saneamento. Dados da Secretária do Tesouro Nacional.	Quantitativa	IPEADAT A	-
Equipe	Proporção de domicílios atendidos por equipes de atenção (em % de Domicílios Totais)	Quantitativa	DATASUS	-
Crianças	Proporção de crianças vacinadas pelo calendário anual de vacinação (em % do Total)	Quantitativa	DATASUS	-
PIBcapita	PIB <i>per capita</i> dos municípios.	Quantitativa	IBGE	-
Densidade	Densidade Demográfica (POP/área). Área em Km quadrados.	Quantitativa	POP-IBGE ÁREA - IBGE	+

Estudo	Representa a razão entre o somatório do número de anos de estudo completados pelas pessoas que tem 25 ou mais anos de idade e o número de pessoas nessa faixa etária	Catégori ca	IBGE	-
PrecipTotal	Precipitação Total Anual (em mm)	Catégori ca	INMET	?
PrecipTotal^2	Precipitação Total Anual (em mm) ao quadrado	Catégori ca	Elaboraça o Própria	?
PrecipTotal*ne	Precipitação Total Anual (em mm) vezes NE	Interativ a	Elaboraça o Própria	?
(PrecipTotal^2)*ne	Precipitação Total Anual (em mm) ao quadrado * NE	Interativ a	Elaboraça o Própria	?
TempMax	Temperatura Máxima Média Anual (em °C)	Catégori ca	INMET	+
TempMin	Temperatura Mínima Média Anual (em °C)	Catégori ca	INMET	+
UmidMed	Umidade Relativa do Ar Média Anual (em %)	Catégori ca	INMET	+
NE	Assume valor se o municio pertence a Região Nordeste, 0 caso contrário	Dummy	Elaboraça o própria	?

OBS 1: A variável categoria é por Estado

OBS 2: As informações das variáveis climáticas são categóricas por Estado, são utilizadas informações das estações de coleta das capitais de cada Estado. Vale ressaltar que são apenas 437 estações de coletas do INMET (Instituto Nacional de Metereologia), não seria possível essa informação a nível municipal.

3.2 METODOLOGIA

A regressão quantílica apresenta riqueza quanto a análise dos resultados devido o impacto das variáveis explanatória sobre a explicada poder ser verificada em diferentes níveis de quantis da variável dependente. Os pioneiros no estudo de regressões quantílicas (RQ) foram Koenker e Bassett (1978), o modelo consiste na minimização de uma função objetivo com restrições de parâmetros que controlam a força de regularização e o quantil de interesse. Outras vantagens da regressão quantílica consistem em ser utilizadas em situações que ocorrem problemas de multicolinearidade e de dimensionalidade decorrentes da quantidade, geralmente superior, de parâmetros a serem estimados em relação ao número de observações e os modelos podem ser usados para caracterizar toda a distribuição condicional de uma variável resposta dado um conjunto de regressores. Em 2004, Koenker introduziu uma nova abordagem para estimar regressões quantílicas para dados em painel.

Um painel de dados é composto por informações de unidades de corte transversal e por informações de períodos de tempo. Os modelos de regressão com dados em painel, são também chamados de dados combinados, por agregar uma combinação de séries temporais e de observações

em corte transversal multiplicadas por T períodos de tempo, atingindo mais graus de liberdade na estimação.

Ajustar um modelo de regressão quantílica para dados em painel consiste, atualmente, nos modelos: (i) o método de estimação de efeitos fixos penalizados (FE) proposto por Koenker (2004) e (ii) o método dos efeitos aleatórios correlacionados (CRE) proposto pela primeira vez por Abrevaya e Dahl (2008) e elaborado por Bache et al (2011). O estimador de FE baseia-se na minimização de uma soma ponderada de K funções de objetivo de regressão de quantílicas comuns, correspondentes a uma seleção de valores de τ . Os coeficientes de inclinação desta função objetivo são dependentes de τ , enquanto que os coeficientes correspondentes aos efeitos fixos são assumidos como independentes de τ . O vetor de coeficientes de efeitos fixos é penalizado por um termo de penalidade com o parâmetro de penalidade associado λ , diminuindo assim esses coeficientes em direção a zero. Já o estimador CRE não estima os efeitos fixos, mas controla a dependência invariante no tempo entre os efeitos fixos e um conjunto de covariáveis.

O uso da regressão quantílica no presente trabalho torna-se relevante para captar efeito das variáveis independentes sobre medidas de posição ao longo de toda a variável dependente, pois o impacto dos regressores podem variar nos quantis de ocorrência de dengue. Será que as variáveis que impactam a dengue em municípios de baixa ocorrência da doença também são verificadas em municípios com alta ocorrência? Ou municípios de grande incidência da doença possuem outras dinâmicas que influenciam o contágio? Outra vantagem da regressão quantílica deve-se a robustez quanto a presença de *outliers*, sendo, portanto, menos sensível à presença de valores discrepantes, em relação à regressão de média condicional (NERI e MOURA, 2008) e elimina problemas de não normalidade de supostos erros, heterocedasticidade e a presença de *outlier* (JUNIOR e MARTINS, 2008). Será adotada uma abordagem de regressão quantílica para dados longitudinais, segundo Koenker (2004), o qual propôs um modelo que incorpora efeitos fixos. Assim, seja o seguinte modelo para funções quantílicas condicionais:

$$\begin{aligned}
 y_{it}(\tau/x_{it}) = & \alpha_i + \beta_1(\tau)NE + \beta_2(\tau)saneamento_{it} + \beta_3(\tau)PIBcapitao_{it} \\
 & + \beta_4(\tau)Pop_{it} + \beta_5(\tau)Densidade_{it} + \beta_6(\tau)Equipe_{it} + \beta_7(\tau)Crianca_{it} \\
 & + \beta_8(\tau)Estudo_{it} + \beta_9(\tau)PrecipTotal_{it} + \beta_{10}(\tau)PrecipTotal_{it}^2 + \beta_{11}(\tau)PrecipTotal_{it} \\
 & * NE + (\beta_{12}(\tau)PrecipTotal_{it}^2) \\
 & * NE + \beta_{13}(\tau)TempMax_{it} + \beta_{14}(\tau)TempMin_{it} + \beta_{15}(\tau)UmidMed_{it} + vit
 \end{aligned}$$

Em que τ é um quantil, y_{it} é a ocorrência de casos absolutos de dengue, contabilizados no DataSus, no município i no período t , x_{it} são os termos condicionais crosssections, α_i é o efeito fixo. Os regressores considerados são detalhados da seção da descrição da base de dados.

Ressalta-se que o efeito fixo, dado pelo termo α_i , capta outras características dos municípios i que não são observáveis, mas que seguramente têm impacto no nível de ocorrência da dengue. Por exemplo, gestão ambiental do municípios, como presença de lixões, coleta de lixo, sistema de reciclagem, limpeza perene de córregos e bueiros etc. Além disso, α_i é independente dos quantis, ou seja, $\alpha_i(\tau) \equiv \alpha_i$. Koenker (2004) adotada essa hipótese pois o número de observações para cada indivíduo, T , é muito pequeno (no presente trabalho, $T = 4$), então, estimar a mudança distribucional para cada indivíduo que seja dependente do quantil τ torna-se inviável. A preocupação existente na literatura de estimação quantílica com efeitos fixos são as dificuldades de se estimar um grande número de efeitos fixos nos quantis e considerar os problemas de parâmetros incidentais quando T é pequeno (MARIONI et al, 2016).

Para estimar o modelo para diversos quantis simultaneamente, consideramos os estimadores que resolvem o seguinte problema penalizado (KOENKER, 2004):

$$\min_{(\alpha, \beta)} \sum_{k=1}^q \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n w_k \rho_{\tau_k}(y_{it} - \alpha_i - x_{it}\beta(\tau_k)) + \lambda \sum_{i=1}^n |\alpha_i|$$

em que $\rho_{\tau}(u) = u(1 - I(u < 0))$ é uma função ponderação linear *piecewise*, u o resíduo e $I(\cdot)$ uma função indicador, conforme Koenker e Basset (1978). O termo λ é um parâmetro que penaliza o efeito fixo α na função-objetivo, caso este se distancie de um valor comum. Esta classe de estimadores penalizados, por meio do λ , melhora a performance não apenas do efeito fixo, mas também melhora a performance da estimativa do β em termos de variabilidade (KOENKER, 2004, 2005). A escolha deste parâmetro λ , segundo Koenker (2004) e Lamarche (2007) *apud* Neri (2008), permanece ainda como um problema em aberto nesta literatura. Os pesos w_k ponderam o efeito relativo de cada um dos q quantis $\{\tau_1, \dots, \tau_q\}$ na estimação dos parâmetros. Adota-se pesos constantes iguais a $1/q$, e estima-se os quantis 0.25, 0,5, 0,75 e 0,90.

3.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção apresentar-se-á os resultados do modelo proposto para determinação de variáveis que influenciam a ocorrência de dengue em diversos níveis da variável dependente. Utilizou-se lambda igual a 5 para penalizar os efeitos fixos e melhorar a performance dos estimadores, os resultados da estimação seguem na tabela 1.

A variável que representa a despesa com saneamento básico dos municípios (Saneamento), o sinal de seu coeficiente foi negativo e sua estimativa significativa para todos os quantis. De acordo

com o resultado, pode se observar que quanto mais despesa com saneamento, menor a ocorrência de dengue. A cada um milhão de reais investido em Saneamento, reduz cerca de 1,75 casos de dengue no quantil 0.25 e 3,96 no quantil 0.9.

O coeficiente do PIB *per capita* (PIBcapita) foi negativo para todos os quantis, o que orienta que quanto maior a renda por habitante do município, menor os casos de dengue. Entretanto, a variável só foi significativa para o quantil 0.9, ou seja, nos municípios com baixa ocorrência de dengue, não será o aumento da renda do município que irá reduzir ainda mais a incidência da doença, mas para os municípios com alta ocorrência de dengue, a elevação do nível de renda provaria efeitos positivos no combate ao vírus.

Variável	RQ 0.25	RQ 0.5	RQ 0.75	RQ 0.9	
Constante	-3.18299***	-9.58400***	-9.20110***	-10.19612***	
NE	-2.86664***	-16.77347***	-74.10505***	-154.43706***	
Saneamento	-1.75696*	-3.54601***	-2.01454**	-3.96249***	
PIBcapita	-0.55464	-0.79046	-1.34172	-2.58074***	
Pop	3.69637***	3.99354***	5.24112***	7.18608***	
Densidade	2.03694**	2.26616**	2.47645**	3.29686***	
Equipe	3.00927***	1.24281	0.44577	-0.91831	Tabela 1 –
Crianças	0.18827	-1.17782	-1.55091	-2.50312**	Resultados
Estudo	-0.30067	-0.23238	0.32320	1.52963	das
PrecipTotal	-0.02846***	-0.17608***	-0.72743***	-1.27314***	estimacões
PrecipTotal^2	0.00008***	0.00053***	0.00224***	0.00377***	realizadas
PrecipTotal*NE	0.04030***	0.23273***	0.98991***	1.98556***	para o
(PrecipTotal^2)*NE	-0.00012***	-0.00069***	-0.00296***	-0.00577***	modelo em
TempMax	1.92702*	8.44837***	7.06245***	9.07545***	dados em
TempMin	0.45098	-0.91069	-1.53037	-2.32981**	painel
UmidMed	-0.49605	9.50680***	9.03128***	14.33685***	

Fonte: elaboração própria com base no programa R. Níveis de significância: ***: Significativo a 1%; **: Significativo a 5%; *Significativo a 10%.

Quanto à variável referente a densidade populacional (Densidade), dado pela população dividido pela área do município, os coeficientes foram positivos e estatisticamente significativos para todos os quantis, apresentando que aglomerados populacionais propiciam a proliferação do mosquito e conseqüentemente da doença em todos os níveis de medida de posição da variável dependente. Pode-se observar que a medida que aumenta a ocorrência da dengue pelos quantis, a magnitude do impacto desta variável também aumenta, passando de 2,03 casos de dengue para 3,29 casos para cada 1000 habitantes por quilômetro quadrado adicional.

Já a variável população absoluta do município (Pop) representa um controle para o modelo, haja vista que é natural que populações grandes possuam maiores probabilidades de apresentarem mais casos absolutos da doença, o coeficiente positivo e estatisticamente significativo foi encontrado para todos os quantis. Fazendo a análise horizontal nos quantis, percebe-se que quantis mais elevados possuem um impacto ainda maior da população sobre a incidência de dengue. Esse resultado deve-se a outros problemas urbanos não capturados pela variável densidade demográfica, como habitações irregulares, falta de serviços básicos nas periferias etc. Para o quantil 0.9, a cada 1000 habitantes adicionais possibilita condições de aumento de 7,18 casos de dengue.

Vários trabalhos no Brasil já mostraram que as condições socioeconômicas estão fortemente relacionadas a incidência da dengue, como Da Costa e Natal(1998), Tauil (2001), Souza et all (2007), Mondini e Neto (2007), Gomes et all (2015) e Cabral e Freitas (2012). Este trabalho, além de corroborar com resultados anteriormente encontrados, traz uma metodologia de regressão quantílica com possibilidade de verificar a magnitude do impacto dos regressores sobre diversos níveis da variável dependente.

A variável que representa a proporção de domicílios atendidos por equipes de atenção (Equipe), disponibilizado pelo Datusus, por município, foi significativa e positiva apenas para o quantil 0.25. Esse resultado contraria o bom senso de que quanto mais assistida a população menos ocorreria casos de dengue, entretanto, podemos explicar esse resultado devido a esses atendimentos registrados não necessariamente serem de prevenção, mas posteriori. Muitas vezes a incidência da dengue gera o chamado de atendimento, gerando essa relação positiva entre as variáveis. Entretendo, a não significância para os demais quantis revela que as equipes de atendimento são insuficientes a medida que aumenta os casos de dengue.

O percentual de crianças vacinadas no município i no ano t (Crianças) apresenta significância apenas para o quantil 0.9, com relação inversa com a variável dependente, ou seja, quanto mais crianças vacinadas, menos ocorrência de dengue. Vale ressaltar que nos anos amostrais do presente trabalho, 2008 a 2011, não havia vacinação contra a dengue. Os programas de vacinação seguem o calendário de vacinação do Ministério da Saúde. Daí o motivo da variável não apresentar

significância para todos os quantis. Uma justificativa de explicação para a significância no quantil mais elevado deve-se ao fato de que municípios que fazem o esforço de vacinação, acabam levando informações gerais de prevenção para a população. Se o município sofre surto de dengue (quantil 0.9), os agentes do governo acabam passando informações sobre o combate do *Aedes Aegypti*.

Anos de estudo médio dos habitantes do município (Estudo), apurado pelo IBGE,. Essa variável não apresentou significância estatística aos níveis usuais de até 10%, apresentaram p-valor entre 10% e 30%. Relaxando essa hipótese e analisando o sinal, o modelo apresenta um resultado interessante: para os 50% dos municípios da amostra com menos casos de dengue, existe uma relação inversa entre anos de estudo e ocorrência de dengue, para os 50% dos municípios da amostra com mais incidência da doença, existe uma relação diretamente proporcional entre dengue e anos de estudo.

Analisando agora variáveis climáticas, o BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponibiliza várias informações coletadas nas 265 bases de coleta espalhadas pelo Brasil. Foram utilizadas apenas as bases de coleta das capitais dos Estados, como referência climática para todos os municípios daquele Estado. As variáveis utilizadas foram: Precipitação Total (mm), Temperatura Máxima Média (°C), Temperatura Mínima Média (°C) e Umidade Relativa Média (%).

O modelo apresenta a variável precipitação total (PrecipTotal) e (PrecipTotal*Ne), a primeira mostra o impacto da chuva para os municípios brasileiros, exceto a região Nordeste, e a segunda o impacto específico da região Nordeste, medida como uma diferença adicional em relação a variável principal. A inclusão dessa quebra é devido a dinâmica de chuvas no Nordeste ser completamente diferente das demais regiões brasileiras. A variável PrecipTotal apresentou estatística significativa e negativa para todos os quantis, apontando que no Brasil, exceto Nordeste, quanto mais chuva menos casos de dengue, com impacto crescente nos quantis. Já para a região Nordeste observa-se o contrário, quanto mais chuva, mais casos de dengue, o coeficiente foi significativo e positivo para todos os quantis, e também com impacto crescente nas medidas separatrizes.

A variável $PrecipTotal^2$, representa a precipitação total anual, em mm, ao quadrado, tem por objetivo medir efeitos crescentes ou decrescentes da variável principal PrecipTotal. O modelo apresenta também a variável com uma interação com a dummy que indica municípios nordestinos. As estimativas para ambas as variáveis foram significativas para todos os quantis analisados. A conclusão é que para os municípios brasileiros, exceto Nordeste, quando chove, reduz-se os casos de dengue, mas a medida que chove muito, esse efeito é minimizado. Já para a região nordeste, à medida que chove, aumenta os casos de dengue, mas esse impacto é decrescente quando chove acima da média. Esse resultado encontrado para a região Nordeste corrobora com Pereda et al (2011), que

encontrou para o Brasil uma relação entre dengue e quantidade de chuvas como efeito estimado positivo, porém decrescente, chegando a ser negativo no caso de grandes quantidades de chuvas para algumas das regiões analisadas.

Já para temperatura máxima (TempMax), todos os quantis apresentam estatística significativa com sinal positivo, ou seja, quanto mais calor mais casos de dengue. Esse resultado era esperado pois no calor, o período reprodutivo do mosquito fica mais curto e ele se reproduz com maior velocidade. Isto explica o aumento de casos de dengue no verão. A análise horizontal dos quantis revela que a medida que aumentamos a incidência de dengue pelos quantis, a magnitude do impacto da variável também aumenta, ou seja, nos 25% de municípios com menos casos de dengue a elevação de um grau de temperatura máxima elevaria 1,92 casos de dengue, já nos 10% de municípios com maiores casos de dengue, a cada grau adicional na temperatura máxima, elevaria 9,07 casos.

A variável temperatura mínima (TempMin) apresenta sinal negativo e significativo apenas para o quantil 0.9, mostrando não ter tanta eficácia quanto a TempMax.

O aumento da umidade relativa do ar também impacta positivamente, e estatisticamente, na ocorrência de casos de dengue. Assim como o calor, a umidade também favorece o ciclo de reprodução do *Aedes aegypti*. Na análise horizontal dos quantis, a medida que vai aumentando as medidas separatrizes da variável dependente, a magnitude do impacto da umidade também vai aumentando. No quantil 0,9, o aumento de 1% da umidade relativa do ar pode ocasionar 14,33 novos casos, considerando a amostra de 2008 a 2011.

Esses resultados para a base de dados climáticas não corroboram com o trabalho de Gomes et al (2015), que utilizando dados para Minas Gerais, não encontrou relação entre dados climáticos e ocorrência de dengue. Entretanto, corrobora com Pereda et al (2011), que para um painel de municípios brasileiros de 2000 a 2009 encontrou relação positiva entre temperatura, umidade e precipitação total.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho investigou a relação entre variáveis socioeconômicas e climáticas sobre a incidência de dengue no Brasil, para os anos de 2008 a 2011 nos municípios brasileiros. O objetivo final consiste em compreender o problema através de uma metodologia econométrica que consiste em verificar o impacto dos regressores sobre vários níveis da variável dependente. Além disso, visa contribuir para mecanismos de antecipação e gerenciamento dos impactos sociais, econômicos e climáticos no risco de dengue no Brasil. Utilizou-se o modelo empírico proposto por Koenker (2004), em um painel com 4294 municípios brasileiros, com pelo menos 1 caso de dengue no período analisado.

Os resultados preliminares indicam que as variáveis socioeconômicas despesa em saneamento e PIB per *capita*, possuem relações negativas com a ocorrência de casos de dengue, com impactos mais representativos no quantil 0,9. Já a densidade demográfica e a população possuem relações positivas com casos de dengue, e também com impactos mais significativos nos quantis mais elevados.

O mosquito *Aedes Aegypti* encontra condições ideais de reprodução em temperaturas altas e com elevada umidade, o que faz que a dengue seja uma doença comum nos trópicos. Vários trabalhos no Brasil e no mundo já comprovaram empiricamente essa relação da dengue com a temperatura e a umidade, no presente estudo, além de corroborar com esse resultado, foi verificado que quanto maior o quantil, maior a magnitude do impacto das variáveis climáticas sobre a ocorrência da dengue. Por exemplo, nos 25% de municípios com menos casos de dengue, a elevação de um grau de temperatura máxima elevaria 1,92 casos de dengue, já nos 10% de municípios com maiores casos de dengue, a cada grau adicional na temperatura máxima, elevaria 9,07 casos.

Outros resultados importantes encontrados no trabalho foram os efeitos crescentes e decrescentes da variável precipitação total. Na região Nordeste, a precipitação tem efeito positivo sobre o número de casos de dengue, mas à medida que chove muito, esse efeito é decrescente. Para as demais regiões, foi encontrado que a chuva tem impacto negativo sobre os casos de dengue, e também com impacto decrescente.

REFERÊNCIAS

ABREVAYA, Jason and CHRISTIAN M. Dahl. *The effects of birth inputs on birthweight*. Journal of Business and Economic Statistics. 26-4. Pages 379–397, 2008.

ALMEIDA, Eduardo. *Econometria Espacial Aplicada*. Campinas-SP, Editora Alínea, 2012.

AZIL, A.; LONG, S. A.; RITCHIE, S. A.; WILLIAMS, C. R.. “The development of predictive tools for pre-emptive dengue vector control: a study of *Aedes aegypti* abundance and meteorological variables in North Queensland, Australia,” *Tropical Medicine & International Health*, 15(10), 1190-1197, 2010.

BACHE, Stefan Holst; CHRISTIAN M. Dahl; Johannes Tang Kristensen.. *Headlights on tobacco road to low birthweight—Evidence from a battery of quantile regression estimators and a heterogeneous panel*, 2011.

BEATTY, M; LETSON W.; EDGIL D.; MARGOLIS H. Estimating the total world population at risk for locally acquired dengue infection. 56th Annual Meeting of the American Society of Tropical Medicine and Hygiene. *Am J Trop Med Hyg* 77: Suppl 5170–257, 2007.

CABRAL, Joilson de A., FREITAS, Maria Viviana. Distribuição espacial e determinantes socioeconômicos e demográficos da Dengue nos municípios brasileiros. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (RBERU)* Vol. 06, n. 1, pp. 81-95, 2012

DA COSTA, Antônio Ismael; NATAL, Delsio. Distribuição Espacial da Dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no sudeste do Brasil. *Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública*, Vol. 32, Nº 3, pag 232-6, junho 1998.

FLAUZINO RF, SOUZA-SANTOS R, OLIVEIRA RM. Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão. *Rev Panam Salud Publica.*;25(5):456–61, 2009

GIBBONS R. V.; VAUGHN, D. W. Dengue: an escalating problem. *BMJ* 324: 1563–1566, 2002.

GOMES, B. S de M; BASTOS, S. Q de A; NASCIMENTO, B. R. Dengue em Minas Gerais: Uma análise da influência das variáveis socioeconômicas e climáticas. *Revista de Economia, Anápolis-GO*, vol. 11, nº 01, p.77-103 Jan./Ago. 2015.

HARRINGTON, L. C.; EDMAN, J. D.; SCOTT T. W. Why do female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) feed preferentially and frequently on human blood? *J Med Entomol* 38: 411–422, 2001

JUNIOR, Claudio P S; MARTINS, Orleans S. Mulheres no Conselho Afetam o Desempenho Financeiro? Uma Análise da Representação Feminina nas Empresas Listadas na BM&FBOVESPA. *Sociedade, Contabilidade e Gestão*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, jan/abr 2017.

KOENKER, R.; BASSET, G. Regression quantiles. *Econometrica*, v. 46, n. ???, p. 33-49, 1978.

KOENKER, R. Quantile regression for longitudinal data. *Journal of Multivariate Analysis*, v. 91, p. 74-89, 2004.

_____. *Quantile regression*. New York: Cambridge University Press, 2005.

MARIONI, L. da S.; VALE, V. de A.; PEROBELLI, F. S.; FREGUGLIA, R. da S. Uma Aplicação de Regressão Quantílica para Dados em Painel do PIB. e do Pronaf Rev. Econ. Sociol. Rural vol.54 no.2 Brasília Apr./June 2016

MEKPARYUP, J.; SAITHANU, K.; TREEWONG, N..Analysis of effect of meteorological factors on the number of dengue fever patients with multiple linear regression. Global Journal of Pure and Applied Mathematics. ISSN 0973-1768 Volume 11, Number 3 (2015), pp. 1393-1397

MONDINI, Adriano; NETO, Francisco Chiaravalloti. Variáveis socioeconômicas e a transmissão de dengue. Rev Saúde Pública 2007;41(6):923-30

NERI, Marcelo C.; MOURA, Rodrigo L. Efetividade do "salário mínimo estadual": uma análise via regressões quantílicas para dados longitudinais. Econ. Apl. vol.12 no.2 Ribeirão Preto 2008

PEREDA, Paula C.; ALVES, D. C. de O.; RANGEL, Marcos de A. Elementos Climáticos e Incidência de Dengue: Teoria e Evidência para Municípios Brasileiros. FGV Conferences, 33^o Meeting of the Brazilian Econometric Society, 2011.

SOUZA, Izabel C. A.; VIANNA, Rodrigo P. T.; MORAES, Ronei M. Modelagem da incidência do dengue na Paraíba, Brasil, por modelos de defasagem distribuída. Cad. Saúde Pública vol.23 no.11 Rio de Janeiro Nov. 2007

SHANG, C. S.; FANG, C. T.; LIU, C. M.; WEN, T. H.; TSAI, K. H.; KING, C. C.. “The role of imported cases and favorable meteorological conditions in the onset of dengue epidemics,” PLoS neglected tropical diseases, 4(8), e775, 2010

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

TAUIL, Pedro Luiz. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 18(3):867-871, mai-jun, 2002

THAI, K. T.; CAZELLES, B.; VAN NGUYEN, N.; VO, L. T.; BONI, M. F.; FARRAR, J.; VRIES, P.J.. “Dengue dynamics in Binh Thuan province, southern Vietnam: periodicity, synchronicity and climate variability,” PLoS neglected tropical diseases, 4(7), e747, 2010.

YWATA, A. X. de C.; ALBUQUERQUE P. H. de M. Métodos e Modelos em Econometria Espacial: Uma Revisão. Rev. Bras. Biom., São Paulo, v.29, n.2, p.273-306, 2011.