

## V CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO LATINO AMERICANA DE POPULAÇÃO

Montevideo, Uruguai, 23 - 26 outubro de 2012.

### **INFLUÊNCIA DO CLIMA SOBRE OS ÍNDICES ENTOMOLÓGICOS DA DENGUE (AEDES AEGYPTI): UMA ABORDAGEM COM MODELOS DE EFEITOS MISTOS.**

**Autor:** *Izabelly Cristina Mendes Tinoco* – UFRN / PPGDEM<sup>1</sup>

**Orientador:** *Profa. Dra. Maria Helena Constantino Spyrides* – UFRN / DEST/PPGDEM<sup>2</sup>

**Co - Orientador:** *Profa. Dra. Lára de Melo Barbosa* – UFRN / DEST/PPGDEM<sup>3</sup>

A Dengue atualmente é a mais importante arbovirose que afeta o homem, constituindo-se num grande problema mundial de saúde pública, principalmente nos países tropicais, onde fatores como as condições territoriais, climáticas e a capacidade adaptativa do mosquito transmissor, favorecem a instalação e reprodução do seu principal vetor, o *Aedes aegypti*.

O objetivo deste estudo é avaliar a distribuição espaço-temporal de indicadores entomológicos do vetor *Aedes aegypti*, no estado do Rio Grande do Norte, bem como detectar possível influência de variáveis climáticas sobre o Índice de Infestação Predial, no município de Natal, no período de 2007 a 2010.

Foram utilizados métodos, tais como: Séries temporais e mapas temáticos, índices de Moran, teste de Mantel Haenszel, e os modelos de efeitos mistos. Os municípios do estado do RN, 35,3% apresentam-se em situação de Risco de transmissão de Dengue, 49,1% em estado de Alerta e apenas 15,6% em estado satisfatório. Detectou-se que a umidade, com dois meses de defasagem, e a precipitação, do mês e a do anterior, contribuem para o aumento dos índices de infestação predial no município de Natal. Os resultados desse estudo reforçam a influência das condições climáticas na propagação do vetor na cidade de Natal e poderão dar subsídios aos gestores públicos, alertando-os na importância de intensificarem ações no combate ao vetor da dengue nesses períodos mais chuvosos e de mais baixa umidade relativa, na identificação e

---

<sup>1</sup> *Graduada em Estatística pela UFRN e Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Demografia – PPGDEM/ DEST/CCET/UFRN. (izabellyt@gmail.com)*

<sup>2</sup> *Professora Dra. do Departamento de Estatística/UFRN. Docente do Programa de Pós-Graduação em Demografia (PPGDEM). (spyrides@ccet.ufrn.br)*

<sup>3</sup> *Professora Dra. do Departamento de Estatística/UFRN. Docente do Programa de Pós-Graduação em Demografia (PPGDEM). Pesquisadora do Grupo de Estudos Demográficos - GED. (lara@ccet.ufrn.br)*

diagnóstico de municípios que se encontram de forma crítica, para assim, minimizar os gastos com saúde pública e, conseqüentemente, proteger a população reduzindo os riscos de morte por dengue.

## **Introdução**

A arbovirose que mais afeta o homem é a Dengue, demandando altos gastos hospitalares e tornado-se assim um problema mundial de saúde pública, principalmente em países tropicais (BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO, 2010).

Os vetores do gênero *Aedes* são os vetores da dengue, mas a espécie *Aedes aegypti* é a mais importante na transmissão da doença.

Segundo o Ministério da Saúde, o quadro epidemiológico do país aponta para a vulnerabilidade de ocorrências de epidemia, possibilitando o aumento de óbitos e letalidade na população (MINISTÈRIO DA SAÛDE, 2009).

Há mais de 10 anos o estado do Rio Grande do Norte vem convivendo, com o alto número de ocorrências de Dengue. Existem muitos fatores que contribuem para manutenção da situação epidemiológica no Estado, tais como: Índice de Infestação Predial (IIP) que é o número de imóveis positivos/número de imóveis pesquisados, maior que 1% em um percentual de 70% dos municípios do RN, terrenos baldios com acúmulo de lixo, casas e prédio fechados, lixos descartáveis que acumulam água, o acesso irregular á água fazendo assim com que os moradores acabem armazenando de forma incorreta. Diante de tantas dificuldades encontradas, a Secretaria Estadual de Saúde, contudo, vem desenvolvendo ações de: supervisão e suporte técnico junto aos municípios do RN, com o intuito de minimizar a incidência da doença e o Índice de Infestação Predial do *Aedes aegypti*. Contribuindo assim, também, para a redução da letalidade por febre hemorrágica da Dengue, sendo a capital do Estado um dos municípios prioritários para o Programa Nacional de combate a Dengue (PNCD), uma vez que conjuntamente contribuem com aproximadamente 70% dos casos confirmados de Dengue (BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO, 2010).

As informações relativas ao vetor, ou seja, sua caracterização entomológica<sup>4</sup> como distribuição geográfica, índice de infestação predial e os depósitos predominantes de larvas ou

---

<sup>4</sup> Entomologia - é a ciência que estuda os insetos sob todos os seus aspectos e relações com o homem, as plantas e os animais (<http://www.floresta.ufpr.br>)

pupas, são extremamente necessários para que os municípios sempre atualizem o sistema Lira<sub>a</sub> e o Sistema de Informação da Febre Amarela e Dengue SISFAD, para que possa nortear as ações em epidemia e não epidemia, subsidiando as ações intersetoriais, como coleta de lixo e abastecimento de água.

Este é um problema de cunho populacional, pois determinam uma importante carga de serviços no setor de Saúde, com despesas não só ambulatoriais como também hospitalares. Diante do exposto, o estudo de indicadores entomológicos da Dengue é importante no sentido de diagnosticar e, de uma forma, uniformizar as ações necessárias de combate ao vetor, dando assim uma resposta a principal vítima deste vetor/doença que é a população potiguar.

## **Objetivos**

Geral:

Avaliar a distribuição espaço-temporal de indicadores entomológicos do vetor *Aedes aegypti*, no estado do Rio Grande do Norte, bem como detectar possível influência de variáveis climáticas sobre o Índice de Infestação Predial, no município de Natal, no período de 2007 a 2010.

Específicos:

- Avaliar a distribuição espaço-temporal do Índice de Infestação Predial (IIP) nos municípios do Estado do Rio Grande do Norte (RN);
  - Verificar a correlação espacial com o índice de Moran;
  - Detectar possíveis associações dos indicadores entomológicos com variáveis demográficas dos indicadores de FIRJAN;
  - Avaliar a possível influência das variáveis climáticas: temperatura média (°C -graus Celsius), umidade relativa do ar (%) e precipitação acumulada (mm) sobre o IIP, no município de Natal, no período de 2007 a 2011.
-

## **Metodologia**

### **Fonte de dados**

A área de estudo para o Índice de Infestação Predial (IIP) do vetor *Aedes aegypti* compreende todos os 167 municípios do Rio Grande do Norte, tendo em vista que esta região é muito propensa aos vetores devido ao clima e à extensão da área litorânea (BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO, 2010).

Para o estudo da influência do clima sobre os indicadores entomológicos da Dengue, foi feito no município de Natal, devido ser a capital do RN, onde o clima predominante é o tropical úmido, a temperatura média de Natal é entre 26°C e 28°C o ano inteiro. Os dados entomológicos foram obtidos na Secretaria Estadual de Saúde Pública – RN (SESAP). As variáveis de Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM), Saúde, Educação, Emprego e Renda foram obtidos no portal do Sistema da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro FIRJAN ([www.firjan.org.br](http://www.firjan.org.br)).

## **MÉTODOS ESTATÍSTICOS**

Nesse estudo, utilizaram-se vários métodos estatísticos, tais como: análise exploratória com visualização gráfica das séries temporais e mapas temáticos, bem como, o cálculo de índices de Moran, Teste de Mantel-Haenszel para dados ordinais e os modelos de efeitos mistos.

### **Análise Espaço-Temporal**

Estatística espacial é um ramo da estatística que estuda métodos científicos para a coleta, descrição, visualização e análise de dados que possam ser modelados como processos estocásticos, que levam em consideração as coordenadas geográficas (RENATO ASSUNÇÃO, 2001).

No estudo utilizou-se a análise espaço-temporal para averiguar a distribuição do índice de infestação predial dos municípios do estado do RN.

### **Índice de Moran**

A idéia básica do Índice de Moran é a caracterização da dependência espacial, mostrando como os valores estão correlacionados no espaço.

No estudo utilizou-se o índice de Moran Local, pois foi desenvolvido para quantificar o grau de associação espacial a que cada localização do conjunto amostral está submetido, ou seja,

para identificar a estrutura de correlação espacial que melhor descreve a dependência espacial do IIP nos municípios do RN.

### **Teste de Mantel Haenszel**

Teste utilizado para verificar associação entre variáveis que sejam ordinais.

No estudo o teste de Mantel-Haenszel foi utilizado para verificar possível associação entre o grau de desenvolvimento dos municípios, medidos pela classificação do IFDM, e o grau de infestação predial (satisfatório, alerta e risco).

Hipóteses Estatísticas:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$


Para o estudo as hipóteses a serem testadas foram:

H0: Não existe associação entre o IFDM, e o estado dos municípios em relação ao grau de infestação predial do vetor da dengue.

H1: Existe associação entre o IFDM, e o estado dos municípios em relação ao grau de infestação predial do vetor da dengue.

### **Modelos de Efeitos Mistos**

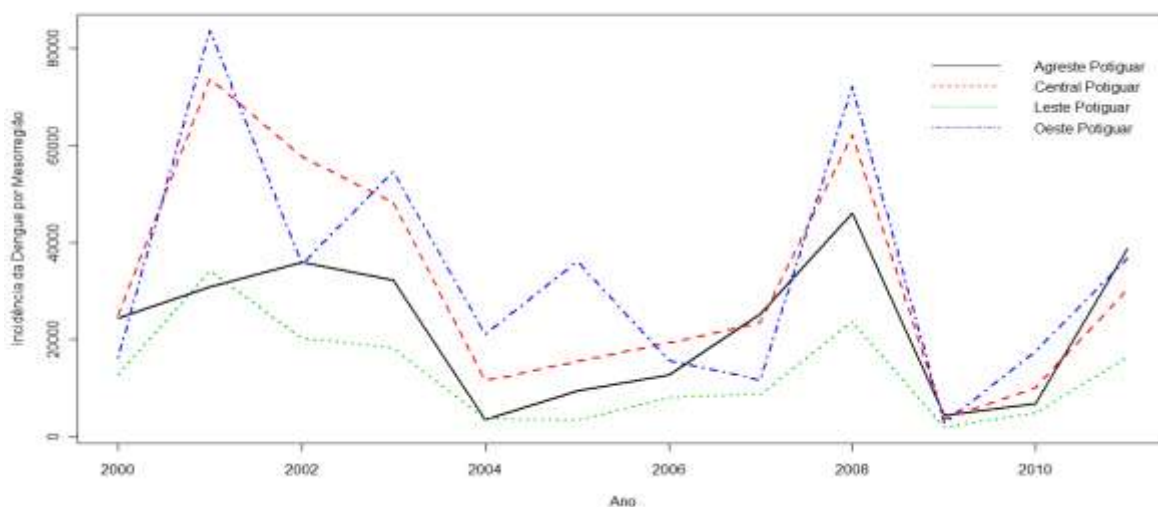
Estes modelos incluem a estimativa de efeitos fixos e aleatórios, que ajustam a variação entre as medidas repetidas no tempo. Os modelos de efeitos mistos (ou modelo de efeitos aleatórios) permitem a análise de medidas repetidas ao longo do tempo, incorporando a dependência entre e intra na estrutura de correlação. No estudo o modelo de efeitos mistos foi utilizado para avaliar a possível influência das variáveis climáticas sobre o IIP, no município de Natal, no período de 2007 a 2010.

Para a análise estatística utilizaram-se os programas Microsoft Excel 2007, o programa estatístico  2.10, o Minitab 15 e o TerraView 3.5.

## RESULTADOS

O estado do Rio Grande do Norte é localizado na região Nordeste Brasileiro (NEB) e tem por limites o oceano atlântico a norte a leste, a Paraíba ao sul e o Ceará a oeste. O Estado é dividido em 167 municípios, com área total de 52 796,791 km<sup>2</sup>, equivalente a 3,42% de toda área do Nordeste com uma população, segundo dados do IBGE 2010, de 3.168.027 habitantes. O Rio Grande do Norte possui uma extensão litoral de aproximadamente 400 Km, tornando-se um dos Estados mais famosos do país (WIKIPÉDIA,2011).

A Figura 1 mostra que a maioria dos casos confirmados e notificados de dengue com relação às mesorregiões do estado do Rio Grande do Norte ocorreu nas regiões do Oeste Potiguar como também na Central Potiguar. Em 2011, a incidência da dengue está se elevando em todas as regiões, isso segundo estudos anteriores se deve ao fato de 2011, ser um ano epidêmico.

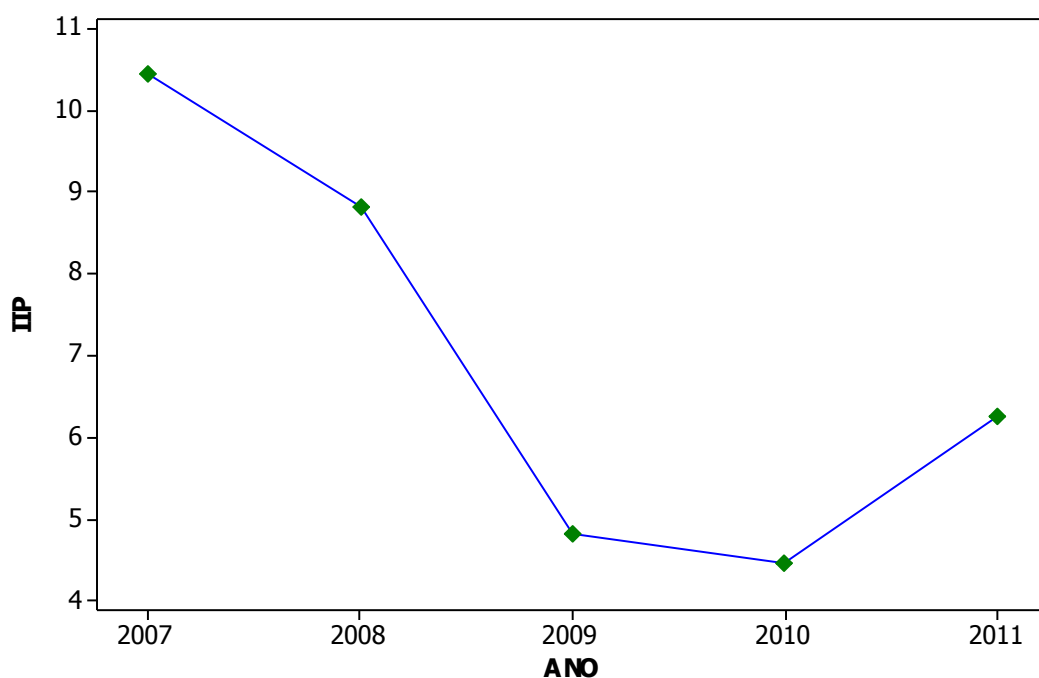


Fonte de dados: SESAP-RN.

**Figura 1 – Comparação da Incidência anual de casos confirmados e notificados de dengue por mesorregiões no estado do RN, 2000 - 2011.**

A Figura 2 ilustra o comportamento do IIP do vetor *Aedes aegypti* nos municípios do Rio Grande do Norte. Verifica-se que os anos de menor IIP foram 2009 e 2010 e os de maiores IIP foram 2007, 2008 e 2011. Observa-se ainda, que o Estado apresenta comportamento decrescente dos anos de 2007 a 2010, voltando a crescer de 2010 para 2011, ou seja, dessa forma pode-se perceber que o IIP que vinha tendo um decréscimo está voltando

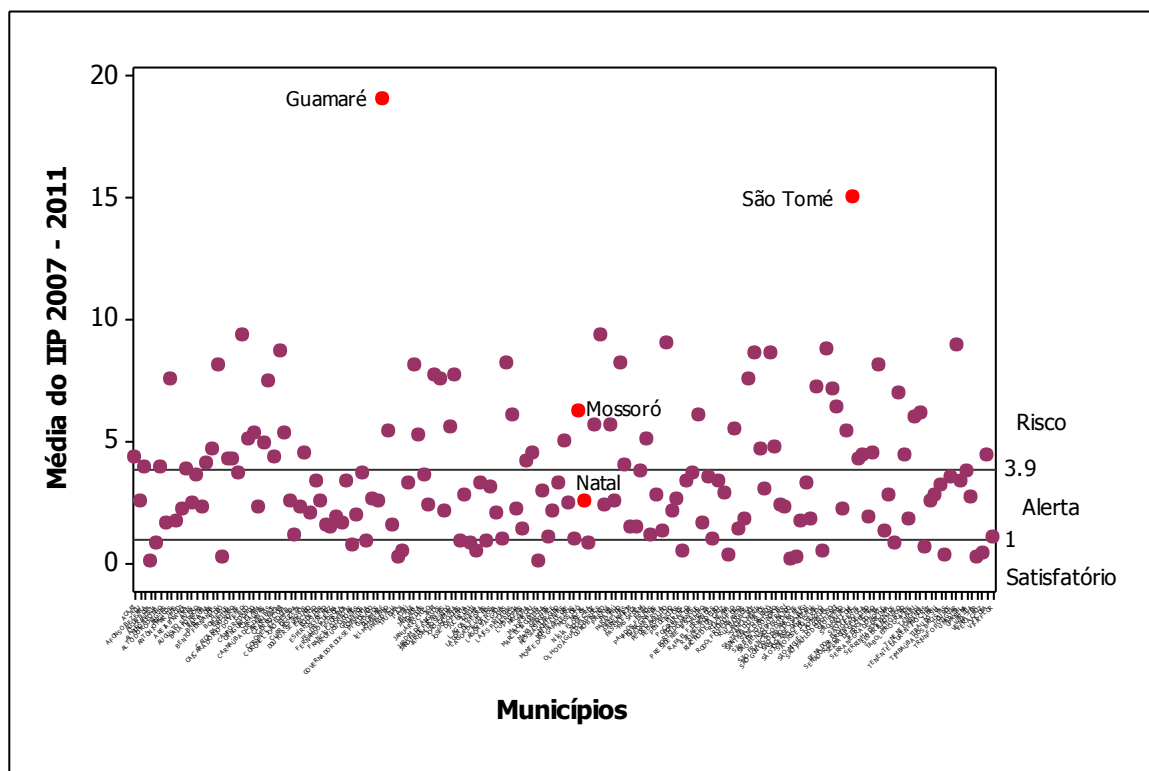
a crescer mostrando dessa forma uma possível epidemia. Em média, existem 26 municípios com índice satisfatório, 82 em estado de alerta, e 59 em estado de risco. Segundo o Ministério da Saúde, municípios com o IIP acima de 4% são considerados de alto risco, dessa forma verifica-se que o RN, mesmo tendo diminuído o IIP, ainda apresenta-se em situação de risco, já que todos os anos apresentaram IIP acima de 4%.



Fonte de dados: SESAP-RN.

**Figura 2 – Comportamento médio anual do IIP no RN, 2007 - 2011.**

A Figura 3 ilustra a média do quinquênio do IIP por município, Guamaré é o que mais se destaca com índice de infestação em torno de 19,05%, seguido por São Tomé com o índice de infestação predial médio de 15,00 %. O município de Natal está em média em estado de Alerta na transmissão da Dengue enquanto que Mossoró em média está em estado de Risco com o índice de infestação 6,2%. Verifica-se também que 15,57% dos municípios encontram-se em estado Satisfatório, 49,10% em estado de Alerta e 35,33% em Risco.



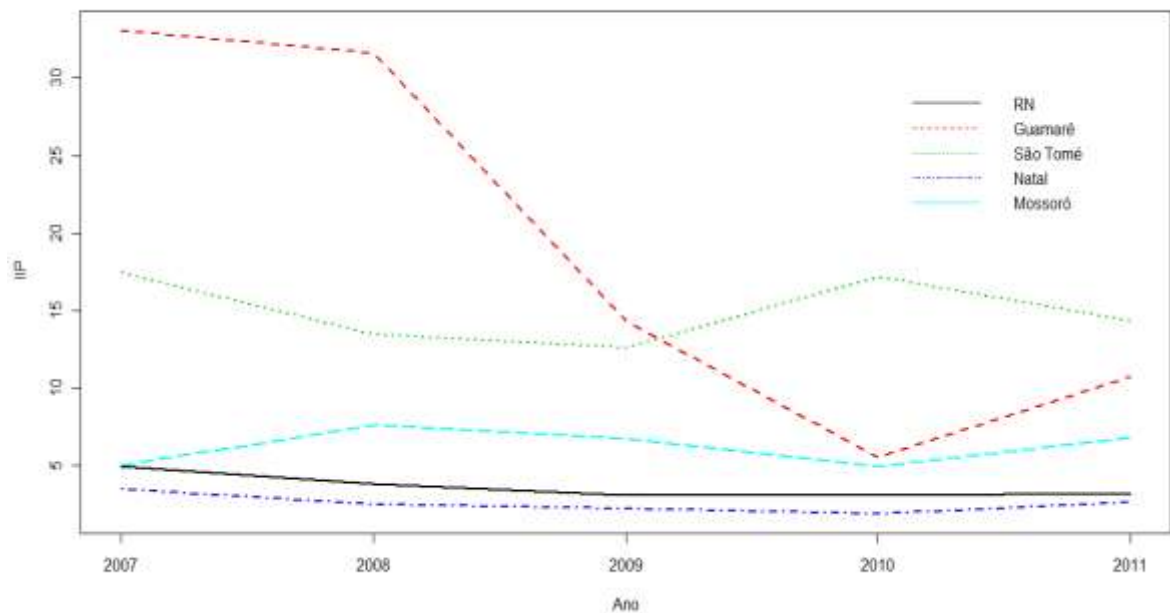
Fonte de dados: SESAP-RN.

**Figura 3 – Comparação da média do quinquênio, 2007- 2011 do IIP por município do RN.**

A Figura 4 ilustra a evolução do IIP por município, Guamaré é o que mais se destaca no ano de 2007 para 2008 com 33,09%, posteriormente o índice sofre uma queda considerada, no entanto, em 2011, continua com um índice bastante alto (10,71%), o que é considerado pelo Ministério da saúde um município em alto risco.

Portanto, atenções devem ser voltadas com olhar mais rigoroso neste município. Considerando-se o estado do Rio Grande do Norte, pode-se constatar que é uma região que vem demonstrando preocupação, com índices de alerta aos gestores públicos.

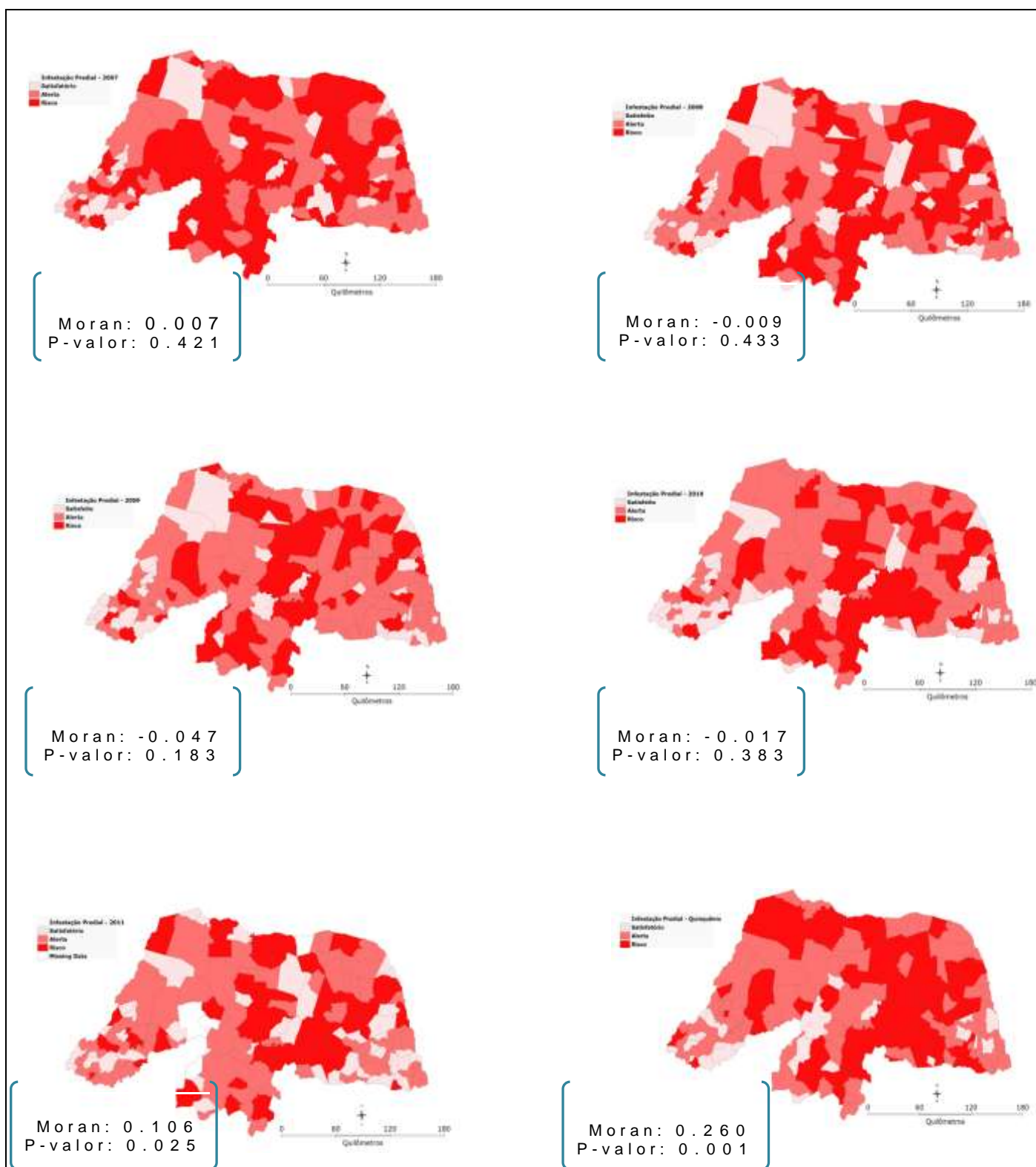




Fonte de dados: SESAP-RN.

**Figura 4 – Comparação da evolução anual do IIP entre municípios e RN, 2007 a 2011.**

Observa-se que se houvesse autocorrelação espacial, era esperado que áreas com maiores, como também menores, índice de infestação predial fossem mais próximas, no entanto, os mapas de 2007 a 2010 mostram que isso não é verificado, uma vez que não há padrão claramente observado nos mapas, no entanto 2011 e a média quinquenal o p-valor é rejeitado, ou seja, existe uma autocorrelação espacial. As áreas em vermelho mais intenso são as que possuem um alto índice de infestação predial do vetor da dengue. Verifica-se também o declínio do índice de infestação predial no Estado, porém 56 municípios, em média quinquenal, encontravam-se em situação de risco, pois em 2011, o número de municípios com alto índice de infestação cresce.



Fonte de dados: SESAP-RN

**Figura 5 - Mapas do Índice de Infestação Predial, 2007 a 2011\***

\*2011 os municípios que fazem liria só haviam feito 2 ciclos até a data em que os dados foram coletados.

Na Tabela 1 verifica-se que em números absolutos, 137 municípios do estado do Rio Grande do Norte encontravam-se com IFDM irregular, sendo que 71 destes estão em estado de alerta, enquanto que 29 estão com desenvolvimento considerado Moderado e apenas 1 município em alto desenvolvimento que é Natal. Não se detectou associação entre o grau de infestação predial e o nível de desenvolvimento dos municípios (valor-p=0,897), ou seja, não existe associação entre as variáveis de FIRJAN e o IIP. Mais estudos, no entanto, serão necessários para avaliar a influência das variáveis: Emprego & Renda, Saúde, Educação no Índice de Infestação Predial.

Tabela 1 – Classificação do IIP por município segundo o IFDM.

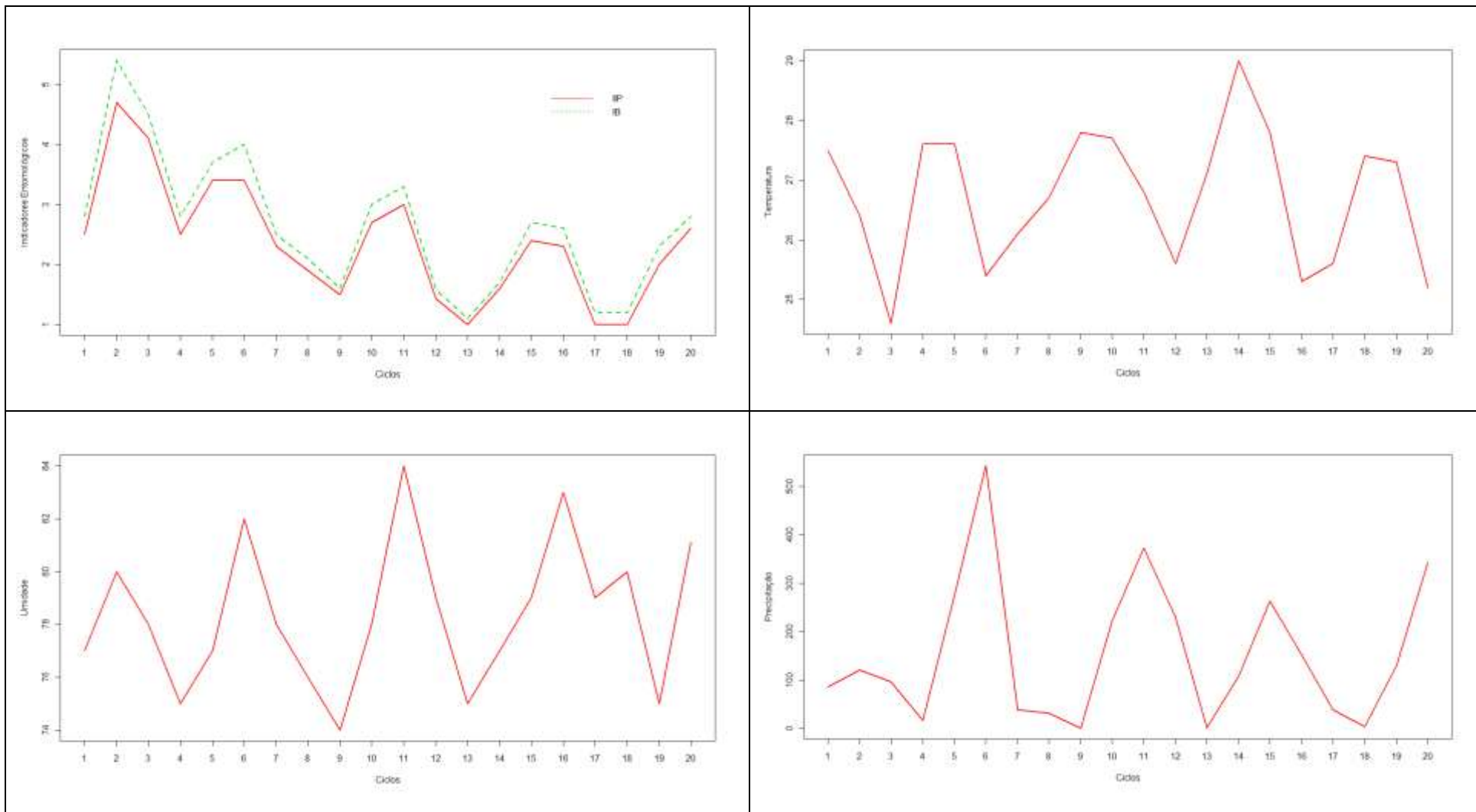
Desenvolvimento Municipal	Classificação do IIP				Valor - p
	Satisfeito	Alerta	Risco	Total	
	N (%)	N (%)	N (%)		
Abaixo	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0	0,897*
Irregular	19 (73,08)	71 (86,59)	47 (79,66)	137	
Moderado	7 (26,52)	10 (12,20)	12 (20,34)	29	
Alto	0 (0,0)	1 (1,22)	0,0 (0,0)	1	
Total	26 (100)	82 (100)	59 (100)	167	

\*Para realização do teste de Mantel Haenzel juntou as categorias Abaixo e irregular; Moderado e Alto.

Fonte de dados: SESAP-RN e Sistema FIRJAN

Na Figura 7, observa-se que os IIP's e IB's são mais acentuados nos ciclos 2 (maio-2007), (março-2008), (maio-2009), (maio-2010) e (junho-2011), neste período pode-se perceber que há uma diminuição da temperatura, possivelmente em faixa de conforto para o mosquito em torno de 26° C. Nesses períodos verifica-se também uma elevação da umidade acima de 80 % e da precipitação acima de 100 mm. Dessa forma, percebe-se uma possível relação do IIP com as variáveis climáticas observadas.

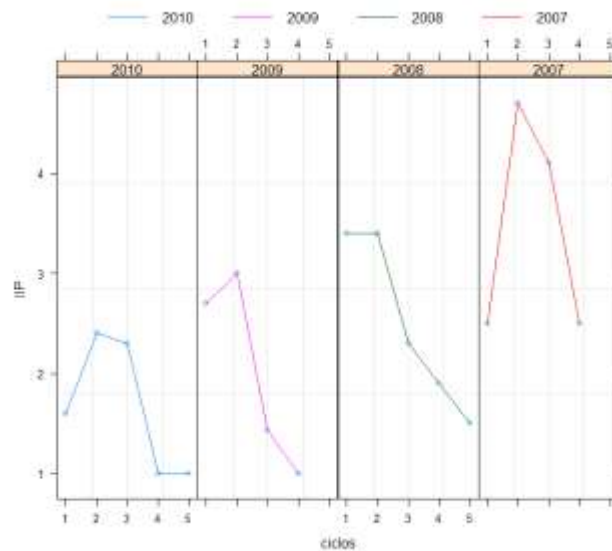
## Análise para o município de Natal



Fonte de dados: SESAP-RN e INMET.

**Figura 6 - Análise para Natal dos indicadores entomológicos da Dengue comparadas com as variáveis climáticas, 2007 – 2011.**

O comportamento dos quatro anos do estudo, apresentados na Figura 8, reflete a variação existente. Pode-se observar que o comportamento do IIP em cada ano poderia ser ajustado com interceptos e coeficientes de regressão diferentes, correspondendo aos índices iniciais e à taxa de crescimento ao longo do ano, respectivamente. Isto é, cada ano apresenta um ritmo de crescimento diferente do comportamento médio populacional tanto no que se refere ao IIP, quanto nos acréscimos ou decréscimos ao longo dos ciclos.



Fonte de dados: SESAP-RN

**Figura 7 – Comportamento do IIP anual por ciclo, 2007 a 2010.**

Os resultados demonstram que o IIP está relacionado com as condições climáticas da capital potiguar. Desse modo, esse estudo possibilita aos gestores públicos de Saúde a intensificarem ações no combate ao vetor da dengue nesses períodos mais chuvosos e de mais alta umidade relativa, para assim minimizar os gastos com saúde pública e consequentemente diminuição de mortes por Dengue.

**Tabela 2 – Estimativas para o modelo de efeito misto.**

Capital-Natal	Estimativa	SE	t	valor-p
Intercepto	5,435	1,972	2,755	0,018
Precipitação.	0,002	0,001	2,831	0,016
Precipitação 1	0,002	0,001	3,036	0,011
Umidade 2	-0,052	0,024	-2,124	0,057

Fonte de dados: SESAP-RN e INMET

**Tabela 3 - Modelo de efeitos mistos para o índice de infestação predial na capital potiguar, 2007 a 2010**

Efeitos Fixos	Estimativa Pontual	IC95%
Intercepto	5,435	[1,093; 9,78]
Precipitação	0,002	[0,001; 0,005]
Precipitação 1	0,002	[0,001; 0,005]
Umidade 2	-0,052	[-0,106; 0,001]
Efeitos Aleatórios		
$\sigma_{\beta_0}$	0,830	[0,335; 2,055]
$\sigma_{\beta_1}$	-0,099	[-0,794; 0,709]
$\sigma_{residual}$	0,494	[0,303; 0,804]

Fonte de dados: SESAP-RN e INMET.

## Conclusão

Na análise inicial do estudo sobre a incidência da dengue no estado do Rio Grande do Norte, verifica-se que a maioria dos casos confirmados e notificados ocorreu nas Mesorregiões do Oeste Potiguar e Central Potiguar, respectivamente.

Verificou-se também que o IFDM (Emprego & Renda, Saúde e Educação) não possui associação com os níveis de infestação predial do vetor nos municípios, ou seja, se um município se encontra em um nível de desenvolvimento alto, não significa que o índice predial será menor. Mais estudos são necessários para avaliar a influência do desenvolvimento dos municípios sobre o IIP.

A fácil e rápida visualização de localidades expostas a diferentes graus de Risco é umas das vantagens do uso de técnicas de análise espacial, diante deste recurso foi observado que não existe correlação espacial para os anos de 2008 a 2010, ou seja, os dados são independentes espacialmente. No entanto, captou-se correlação espacial significativa para o ano de 2011.

Na análise do município de Natal de seus indicadores entomológicos com variáveis climáticas, o IIP (Índice de Infestação predial) e IB (Índice de Breteau) revelam que a elevação dos níveis de chuvas contribui para a elevação do IIP, em contrapartida, quanto maior a umidade com defasagem de dois meses, menor os níveis de infestação predial de Natal. Assim, esse comportamento ocorre nos primeiros meses do ano devido à predominância do período chuvoso, sendo este um fator propício para o aumento da proliferação do vetor *Aedes aegypti* na região. Com relação à temperatura, não se detectou diferença significativa, provavelmente pelo fato de haver pouca variação de temperatura na cidade de Natal, ou seja, o município possui temperaturas ao longo do ano favoráveis a proliferação do mosquito.

Os resultados desse estudo reforçam a influência das condições climáticas na propagação do vetor na cidade de Natal e poderão dar subsídios aos gestores públicos, alertando-os na importância de intensificarem ações no combate ao vetor da dengue nesses períodos mais chuvosos e de mais baixa umidade relativa, na identificação e diagnóstico de municípios que se encontram de forma crítica, para assim, minimizar os gastos com saúde pública e, conseqüentemente, proteger a população reduzindo os riscos de morte por dengue.

## REFERENCIAS

AGRESTI, A. An introduction to categorical data analysis. 2ª Ed., New York, 2007.


ASSUNÇÃO, R.M. Estatística Espacial Aplicada.

FUNASA. Doenças infecciosas e parasitárias. Aspectos clínicos, vigilância epidemiológica e medidas de controle. 2ª Edição-2000

FIRJAN, Sistema da Federação das Industrias do Rio de Janeiro, Índice Firjan de desenvolvimento municipal – IFDM, Disponível em : <http://www.firjan.org.br>. Acesso em 21 de novembro de 2011.

MINITAB 15 Statistical Software (2010) [Computer software]. State Collge, PA: Minitab, inc [www.minitab.com](http://www.minitab.com).

MINISTERIO DA SAÚDE. Diagnóstico Rápido nos Municípios para vigilância entomológica do *Aedes Aegypti* no Brasil – Lira<sub>a</sub>. Metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial. 2005.

 Development Core Team (2008). 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>

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE/MS. Departamento de vigilância epidemiológica. Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle das Epidemias de Dengue. 1.ed. Brasília, DF, 2009,160 p.

SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Departamento de vigilância Epidemiológica. Nota técnica n.º 118 / 2010 cgpncd/devp/svs/MS

SPYRIDES, Maria Helena Constantino. Padrão de Crescimento Infantil e Amamentação, Rio de Janeiro 1999-2001. 2004. Doutorado – Fundação Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, Brasil.

SPYRIDES, Maria Helena Constantino, Notas de aula : Introdução a Análise de Dados Categorizados.



SPYRIDES, Maria Helena Constantino; STRUCHINER, Cláudio José; BARBOSA, Maria Tereza Serrano and KAC, Gilberto. Efeito da duração da amamentação predominante no crescimento infantil: um estudo prospectivo com modelos não lineares de efeitos mistos. *J. Pediatr. (Rio J.)* [online]. 2008, vol.84, n.3, pp. 237-243.

TerraView 3.5.0. São José dos Campos, SP: INPE, 2010.  
Disponível em: [www.dpi.inpe.br/terraview](http://www.dpi.inpe.br/terraview). Acesso em: 23/10/2011.