

UTILIZACIÓN DE UN MODELO DINÁMICO EN OBTENCIÓN DE UN INDICADOR DEL RIESGO EPIDÉMICO: ESTUDIO DE DENGUE EN JOÃO PESSOA – PARAÍBA - BR

Roberto Alan Ferreira Araújo¹, Nicolas Degallier², Fabrício Daniel dos Santos Silva³, Renilson Targino Dantas⁴, Manoel Francisco Gomes Filho⁵, Eduardo Beserra Barbosa⁶, Roni Valter de Souza Guedes⁷

^{1,7}Doutorando do Departamento de Ciências Atmosféricas UFCG, robertoalan@ibest.com.br, roniguedes84@yahoo.com.br; ²Dr. Entomologista IRD/LOCEAN – PARÍS – FRANÇA, nicolas.degallier@locean-ipsl.upmc.fr; ³Msc. Pesquisador do Instituto Nacional de Meteorologia – INMETE/BR, fabricao.silva@inmet.gov.br; ^{4,5} Professor Dr. do Departamento de Ciências Atmosféricas UFCG, renilson@dca.ufcg.edu.br, mano2442@yahoo.com.br; ⁶ Professor Dr. Departamento de Biologia da UEPB/PB/BR, < ebarbosa@uepb.edu.br > .

ABSTRACT: Unsurprisingly climate change is producing direct and indirect effects on human health, but never gave much attention to research involving subjects studied by biometeorology as today. The Biometeorology has become a great tool for human health in its most general comes to be the observation of their interactions with climate and human health. Thus, over time, there was a deepening in this area aiming at understanding of the relationship between climate and the environment, where it is observed that there is a relationship, direct or indirect, with vectors morbidity and mortality in certain regions. These interactions can cause relationships that can be thermal, actinics, electrical and atmospheric, the latter having a direct relation with particulate matter that often pollute the air. Several authors show that the climate can strongly influence population dynamics of disease vector and is therefore a key component of the ecology of these diseases is that future climate change may alter the location and seasonality of many vector diseases thereby increasing the risk of transmission diseases to humans. So this article, aims to analyze and validate a model of observation by epidemic vector, in this case specific of dengue in the city of Joao Pessoa –PB-BR (7° 7'34.20"S 34°52'22.58"W), making use of a dynamic model created by the IRD – LOCEAN, Paris / France. The results showed that there is a relationship between the rates observed by the model is that the immature state and fertility rate, which are characteristic of the female insect were crucial to the city's risk index was always above 100%, indicating a favorable response for epidemics in almost every study period.

KEYWORDS: Biometeorology, vector, epidemic, dynamic model.

INTRODUCCIÓN:

Como era de esperar el cambio climático está produciendo efectos directos e indirectos sobre la salud humana, pero nunca prestó mucha atención a la investigación con sujetos estudiados por biometeorología como hoy. Esto se debe a los resultados obtenidos con el creciente cuerpo de investigación relacionados con el tema. Prueba de ello son los diversos estudios realizados en todo el mundo por varios investigadores, tanto de las ciencias exactas, las armas legales, sociales y biológicos, formando así una unión entre estas zonas, el aumento del nivel de esta investigación con un enfoque interdisciplinario, que busca una mejor comprensión de interrelaciones entre los seres vivos y el medio ambiente en que vivimos.

La relación entre el clima y la dinámica de transmisión de patógenos ha sido bien documentado por la investigación de todo el mundo. Esta conexión es importante debido al hecho de que un tercio de la mortalidad humana es el resultado de las enfermedades infecciosas (Colwell y Patz, 1998).

El Biometeorología se ha convertido en una gran herramienta para la salud humana en su forma más general, viene a ser la observación de sus interacciones con el clima y la salud humana. Por lo tanto, con el tiempo, hubo una profundización en esta área con miras a una mejor comprensión de la relación entre el clima y el medio ambiente, donde se observa que existe una relación, directa o indirecta, con una morbilidad y mortalidad en los vectores de ciertas regiones. Estas interacciones pueden hacer que las relaciones que puede ser térmica, actínica, eléctrica y de la atmósfera, este último con una relación directa con la materia de partículas que a menudo contaminan el aire.

Teniendo en cuenta el método de estudio de otras áreas como la meteorología sinóptica, micrometeorología entre otros, los Biometeorología sufre una gran influencia de los científicos de otros campos interdisciplinarios como la medicina, entomología, estadística, física y otros con su información, hacer que hay una profundidad en los estudios de casos relacionados con el mismo.

Dentro de este contexto de la interdisciplinariedad, hemos formalizado comentarios de análisis del contexto como el de Fausto (1987), donde el autor ya ha mencionado las dificultades que enfrentan los investigadores Biometeorología humanos. Esto demuestra que el tiempo es fascinante, sino que también se convierte en la investigación frustrante relacionados con el área, fascinante por la interdisciplinariedad que ofrece las más diversas áreas que se pueden correlacionar los resultados de proponer modelos de un techo común y frustrante, ya que incluso con el gran número de herramientas y técnicas, así como la facilidad de uso en la generación de los procesadores de gran cantidad de parámetros, los resultados aparecen como la influencia de dos cantidades conocidas (organismos fenómenos atmosféricos y los seres humanos), una tercera cantidad (influencia del clima en el hombre). Así, propone una división se comporta como tal, una ciencia basada en la interpretación de la tabla de abajo:

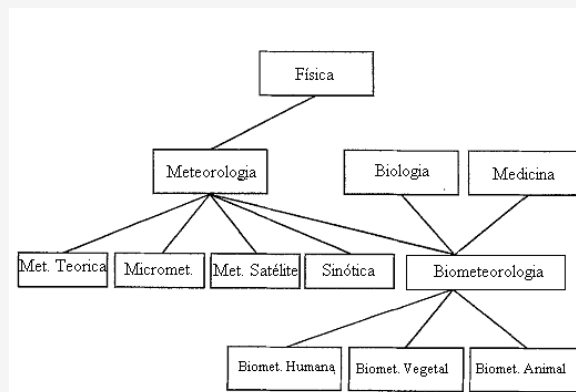


Fig. (01) - Plan de biometeorología y otras ciencias humanas, adaptado de Hopper (1997).

El clima puede influir fuertemente en la dinámica poblacional de los vectores de enfermedades y por lo tanto un componente clave de la ecología de estas enfermedades es que los futuros cambios climáticos pueden alterar la ubicación y la estacionalidad de muchas enfermedades vectoriales aumentando así el riesgo de transmisión de enfermedades al hombre.

En nuestro país, las condiciones sociales y ambientales contribuyen a la propagación del *Aedes aegypti* y permiten la propagación del vector desde su reintroducción en 1976. De acuerdo con el Ministerio de Salud, esta reintroducción no se puede controlar con los métodos tradicionalmente utilizados en la lucha contra enfermedades transmitidas por vectores en Brasil y el continente. Centra principalmente en los programas de control químico, con participación de la comunidad muy

poco o nada, intersectorial y sin integración con poco uso del método epidemiológico, fueron incapaces de contener una matriz con una alta capacidad para adaptarse a la nueva situación creada por la rápida urbanización y los nuevos hábitos (Strine, 2006).

Depradine y Lovell (2004) observaron que la incidencia de casos de dengue también varía con las condiciones meteorológicas y se asocia con aumento de la temperatura, las precipitaciones y la humedad, que son condiciones que favorecen el aumento del número de contenedores disponibles, así como el desarrollo del vector.

Según Taail (2002), el calentamiento global ha generado una gran preocupación acerca de la posible expansión de la superficie actual de la incidencia de algunas enfermedades transmitidas por vectores. Sin embargo, hay que tener en cuenta que hay muchos factores que influyen en la dinámica de estas enfermedades, y los factores ambientales (vegetación, clima, hidrología) como los socio-demográficos (migración y la densidad de población), además de los biológicos (ciclo de vida de los insectos vectores de agentes infecciosos) y médico-social (el estado inmunológico de la población, la eficacia de los programas locales de salud y control de enfermedades específicas, etc.), (Bruce, Chwatt y Zulueta, 1980).

Muchos autores han señalado la reaparición de enfermedades transmitidas por vectores en todo el mundo, con fuertes indicios de que esto se debe en parte al resultado de la variabilidad y cambio climático (Epstein 2001, 2002, Gubler 1998, Confalonieri et al., 2007;), donde se observa la actividad en varios países de este vector, como se muestra a continuación:

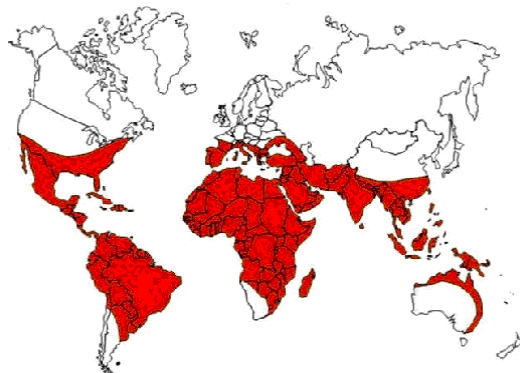


Figura (02): Distribución geográfica de dengue en el mundo, Fuente: 22/06/2011 <http://cinabrio.over-blog.es>.

Se observa que la dinámica conduce a métodos de vigilancia de los vectores con la aplicación a nivel local debido a la misma especie para diferenciar su comportamiento y características biológicas en diferentes zonas geográficas, por lo que Degallier et al. (2010) estudió algunos aspectos del cambio climático relacionados con la transmisión del dengue en Ceará, teniendo en cuenta la adaptación del vector con la micro-región, tratando de adaptar el modelo regional de riesgo. El mismo fue utilizado para los parámetros biológicos con el fin de verificar la influencia de la temperatura y la mortalidad en la higrómetros del vector *Aedes aegypti*. Se observó que la tasa de mortalidad del vector está directamente influenciada por el microclima local es que, debido a la complejidad de la relación entre la mortalidad y los factores climáticos son necesarios más estudios en el campo y el uso de modelos matemáticos.

Específicamente en el estado de Paraíba, el dengue parece muy activo y el Ministerio de Salud informa, en sus boletines de noticias, el estado está en la misma situación en los estados de Ceará, Maranhao, Piauí y Bahía. Los dos estados son geográficamente adyacentes a la Paraíba (Pernambuco y Rio Grande do Norte) tienen alto riesgo de epidemia.

Beserra *et al.* (2006), señaló que el estado de Paraíba, la favorabilidad de la temperatura para el ciclo de vida del mosquito es de entre 22 C y 30 ° C y puede ocurrir en estas condiciones, tasas superiores a 20 generaciones de insectos durante todo el año.

Sin embargo Bezerra *et al.* (2006) consideran que el conocimiento de los efectos de la temperatura en el ciclo de vida de los insectos cuando se aplica a los mosquitos *Aedes aegypti*, podría permitir que el número de generaciones por año y la temporada favorable a la aparición de altas densidades de población en campo, y contribuir así a la adopción de medidas para el seguimiento y control.

El informe de la Secretaría de Salud del Estado de Paraíba, registrado en 2010 al 22 semana epidemiológica, que abarca el período comprendido entre mayo 30 a junio 5, 1764 casos de sospecha de dengue. 1049 se confirmaron (59,46%), y 260 casos por 789 para las pruebas de laboratorio y los criterios clínicos. Se verificó un aumento de 602 casos durante el mismo período de 2009, lo que representa un incremento del 134,7%.

El Departamento de Salud del Estado, hizo una lista con los municipios con mayor favorabilidad para el desarrollo del dengue, teniendo en cuenta parámetros epidemiológicos adoptadas por el Ministerio de Salud, que son los siguientes:

- De bajo riesgo - (000-100) casos por 100.000 habitantes;
- De riesgo medio - (entre 100 y 300) casos por 100.000 habitantes;
- De alto riesgo - (más como 300) casos por 100.000 habitantes.

Por lo tanto, se ha formateado un mapa de riesgos con los municipios de Paraíba, como se muestra a continuación:

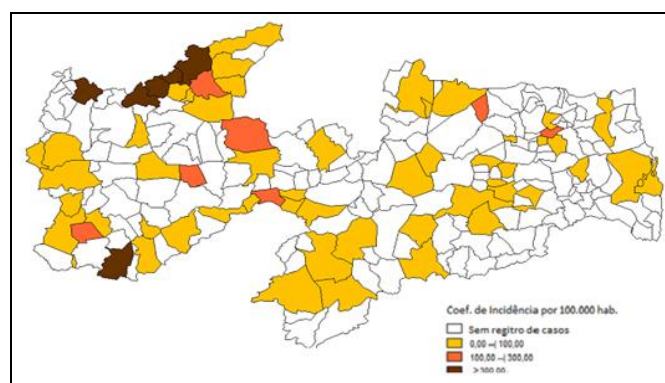


Figura (03): mapa de riesgo de dengue de los municipios de Paraíba. Fuente: Informe de la semana epidemiológica 35, el Departamento de Estado de Salud, los datos actualizados el 14 de septiembre de 2010.

Con respecto a los últimos datos, el número del boletín epidemiológico 11, que los informes de datos hasta la semana epidemiológica 13 de 2011, muestra que se han reportado 4,612 casos sospechosos de dengue de estos, 782 casos fueron dengue clásico, 10 casos fueron de dengue con complicaciones y 13 casos fueron de dengue hemorrágico en el formulario.

En particular, esto pone de relieve proyecto - si la morbilidad es causada por el vector del dengue *Aedes aegypti*, que opera en gran parte de Brasil, que se dirige con mayor precisión para estudiar el estado de Paraíba.

Hay dos aspectos fundamentales para hacer frente a este problema: la capacidad de detectar, controlar y registrar el número de los primeros casos y el lugar de su ocurrencia, y la identificación y el modelado de los factores de riesgo y factores protectores en situaciones endémicas y epidémicas para estos territorios.

Estudios como éste son muy importantes, tanto para la comunidad científica que observa el comportamiento por lo tanto el seguimiento epidemiológico de los objetivos de la prevención de la morbilidad por ejemplo, y para la población que se beneficia de estas áreas de resultados de la investigación, con respecto a la prevención y control de enfermedades no escoge edad o nivel socio-económico a su desempeño (Araújo, 2007).

OBJETIVOS:

GENERAL:

Analizar y validar modelos para predecir el riesgo de los vectores de epidemia de dengue, más concretamente, en las dinámicas de transmisión y los eventos que estos modelos probabilísticos pueden revelar.

ESPECÍFICOS:

El uso de modelos para predecir el riesgo de epidemia de IRD (Institut de Recherche pour le Développement), por lo que la inserción, si las variables necesarias, climáticas y las características del vector del dengue, la observación de los datos de salida;

Con los resultados, pasar a las autoridades competentes (la Secretaría de Salud del Estado, la EFSA, y otros interesados), los resultados en forma de un producto final, por lo que las agencias pueden utilizar los resultados de estos modelos para predecir el riesgo permanente de las epidemias en el Estado así como la formación de un foro permanente destinado a intercambiar información directamente con el desempeño de los modelos en caso de riesgo inminente de epidemias observadas.

METODOLOGÍA:

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:

Con una población estimada de 723.515 habitantes (año base 2010), João Pessoa ocupa una superficie de 211.474 km² con una densidad de población de 3,421.30 habitantes por km². Es la capital del estado de Paraíba que tiene 98% de su territorio se inserta en el Polígono de la Sequía. Limita: Rio Grande do Norte, al norte, sur y Pernambuco Ceará, en el oeste, al este con el Océano Atlántico.

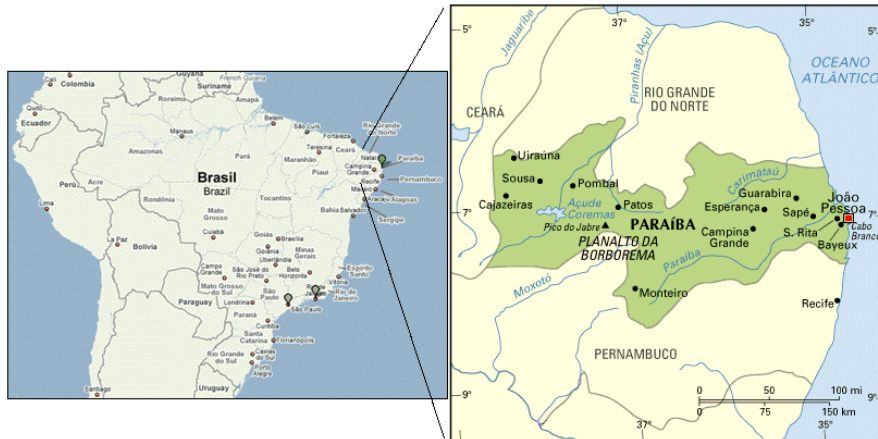


Figura (04): Localización de João Pessoa.

MATERIAL: Los datos utilizados en la incidencia de dengue em Paraíba será asignado por el Departamento de Salud del Estado de Paraíba y los demás municipios de los Departamentos de Estado.

Se utilizarán los datos climatológicos del Instituto Nacional de Meteorología (INMET) y la EASA (Agencia Ejecutiva de Administración del Agua del Estado de Paraíba), la ciudad de João Pessoa, en el período enero 2001-diciembre 2010.

MÉTODOS:

MODELO DINÂMICO LOCEAN/IRD:

Este modelo se parece a la dinámica de la transmisión del dengue, teniendo en cuenta el riesgo climático de la infección por el mosquito *Aedes aegypti*, el mismo está escrito en lenguaje de programación C++ por el investigador Charly Favier en su post-doctoral en el Laboratorio de Oceanografía et du Climat:experimentaciones et approches numériques (LOCEAN). El modelo tiene los datos del tiempo como valores de entrada de temperatura y humedad relativa. A su vez, la salida es un tipo de archivo (. Dat), que corresponde a un índice de riesgo epidemiológico (Poulain, 2008).

El archivo de entrada debe contener valores de temperatura y humedad relativa de 12 meses de servir como una referencia de tiempo, y el archivo de salida es el índice de riesgo y otras variables entomológicas que son característicos de los insectos.

También de acuerdo con Puolain(2008), la predicción de las enfermedades infecciosas se puede hacer por el modelado de La dinámica epidemiológica, y el modelo propuesto por Charly Favieres como la determinación de la relación mecánica entre las distintas variables epidemiológicas y entomológicas, se utiliza para entender cómo opera la transmisión de enfermedades transmitidas por vectores.

El cálculo del índice de riesgo se realiza con base en las funciones entomológica que tener en cuenta el $R_0 = 1$ donde tenemos lasiguiente ecuación:

$$R_0 = V \times N \times \frac{S_N \exp(-\mu t_J)}{2t_N} \times \left[\frac{k}{1 - \exp(-\mu t_G)} \right]^2 \times \exp(-\mu t_E)$$

En las variables que se observan sobre el nivel medio:

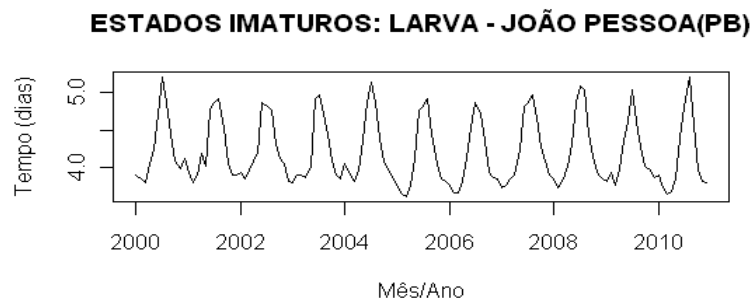
R_0 : Tasa basal de la reproducción; V : duración de la viremia; N : Número de ninfas; S_N : Supervivencia en la fuente; μ : vector Tasa de mortalidad; t_j : Tiempo para el primer bocado; t_N : Duración del estado de ninfas; t_G : La duración del ciclo gonotrófico; k : número de picaduras por ciclogonotrófico; t_e : Tiempo de ciclo extrínseco.

El modelo LOCEAN / IRD también utiliza observaciones de los resultados del modelo poiquilotermos animales (animales de sangre fría), que son similares a las ecuaciones utilizadas para Foks temperatura que depende (Poulain, 2008).

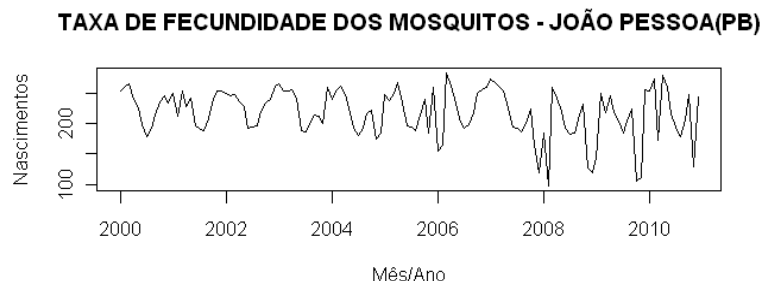
Este modelo desarrollado por LOCEAN / IRD, se determinará un índice de riesgo de transmisión al número de ninfas por habitante para asegurar $R_0 = 1$.

RESULTADOS:

Se ha estimado por los estados del modelo dinámico que el momento de su larvas inmaduras se produjo entre el 4 y 5 días, donde se estima que la evolución de las pupas de entre 1,8 y 2,4 días. Como Muestra a Figura abaixo:

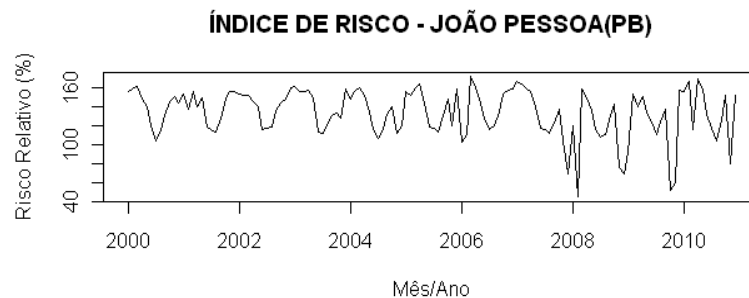


La tasa de fecundidad se estimó en más del 100% en João Pessoa, teniendo en cuenta que esta tasa está vinculada directamente a la población femenina del insecto que pasa a ser el vehículo de transmisión de la fiebre del dengue a fin de tener valores superiores a 100 % del riesgo relativo de una epidemia, con su máximo alrededor de 160% en todas las series obtenidas a través del modelo.



Esto demuestra que las condiciones meteorológicas es fundamental en la creación de este estudio epidemiológico, donde los valores más altos observados en los casos de dengue reportados por el Departamento de Salud del Estado de Paraíba, fue desde finales

de mayo de 2002, 2007 y 2008, y julio 2010, cuando estas observaciones en los valores del índice de riesgo relativo superior al 120%, estimado por el modelo.



CONCLUSIONES:

Es evidente que la incidencia esperada de la enfermedad significa que hay una reducción significativa del gasto en salud por las autoridades competentes, y aún más importante para reducir la mortalidad y / o personas con secuelas causadas por estas enfermedades. Con esto hay este artículo tienes la función de un mecanismo para obtener más ayuda en la lucha contra el dengue, no dejando de lado el director trata de la prevención con programas de educación para la población ya que no hay tarifas de bajo riesgo epidemiológico, sin lo apoyan.

GRÁCIAS: LOCEAN/IRD – París – França; Universidade Federal de Campina Grande – UFCG; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES; Instituto Nacional de Meteorologia - INMET Secretária de Saúde do Estado da Paraíba; Universidade Estadual da Paraíba – UEPB;.

BIBLIOGRAFÍA:

ARAÚJO, R A F; “Morbidades em função de variáveis meteorológicas em Campina Grande – PB” Dissertação de mestrado. Junho de 2007.

BESERRA E B, CASTRO JR. FP, DOS SANTOS J W, SANTOS T S, FERANANDES C R M; “Biologia e exigências térmicas de *aedes aegypte* (L.) (Diptera: Culecidae) proveniente de quatro regiões bioclimatológicas da Paraíba”. Neotropical Entomology 65(6): 853 – 860 (2006).

BRUCE-CHWATT L.J., ZULUETA J. The rise and fall of malaria in Europe, a historico-epidemiological study. Oxford: Oxford University Press; 1980.

CONFALONIERI U., MENNE B., AKHTAR R., EBI K.L., HAUENGUE M., KOVATS R.S., REVICH B., WOODWARD A., (2007) Human health. In: **PARRY ML, CANZIANI O.F., PALUTIKOF J.P., VAN DER LINDEN P.J., HANSON C.E.** (eds) Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability, contribution of working group ii to the fourth assessment report.

COLWELL R R, PATZ J A (1998) Climate, infectious disease and health: an interdisciplinary perspective. American Academy of Microbiology, Washington, DC.

DEPREDINI C A, LOVELL E H. Climatological variables and the incidence of dengue fever in Barbados. International Journal Environments Health Res. 2004: 14: 429-41.

- Degallier, N; Servain, J; Hannart, A; Durand, B; Souza, R N; Ribeiro, Z M:** “ Impactos Climáticos Sobre a Transmissão da Dengue no Nordeste do Brasil”. Convênio de cooperação internacional – *Climat de l’ Atlantique Tropical et Impacts sur Le Nordeste (CATIN)*, 2010.
- EPSTEIN P R (2002)** Climate change and infectious disease: stormy weather ahead. *Epidemiology* 13:373–375.
- EPSTEIN P R (2005)** Climate change and human health. *N Engl J Med* 353:1433–1436
- FAUST V (1977)** *Biometeorologie*. Hippokrates, Stuttgart.
- GUBLER D J (1998).**” Resurgent vector-borne diseases as a global health problem”. *Emergence Infect Disease*, 4:442–452 .
- TAUIL P L.** “*Controle de doenças transmitidas por vetores no Sistema Único de Saúde*”. Informe Epidemiológico do SUS 2002;11(2):59-60.
- POULAIN V ;** « *Evaluation de la possibilité d’adaptation d’un modèle de risque climatique de transmission de la dengue à la transmission du virus du chikungunya par Aedes albopictus dans le nord de l’Italie.* ». Laboratoire d’Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN). Rapport de stage de Master 1 OACT, réalisé du 28 avril au 13 juin 2008.
- STRINI, EDWARD JOSÉ;** “*Previsão da Incidência de Dengue por meio de Redes Neurais Artificiais*”. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE FILOSOFIA CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO DEPARTAMENTO DE FÍSICA E MATEMÁTICA INFORMÁTICA BIOMÉDICA. **Ribeirão Preto – SP 2006.**