



PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ESTUDO DE ARBOVIROSES SOB O ENFOQUE CLIMATOLÓGICO NO CEARÁ/BR

Gledson Bezerra Magalhães
gl_magalhaes@hotmail.com
Universidade Federal do Ceará
elizazv@yahoo.com.br
Maria Elisa Zanella
Universidade Federal do Ceará
Marta Celina Sales
mclsales@uol.com.br
Universidade Federal do Ceará

RESUMO

As condições atmosféricas exercem forte influência sobre a sociedade, podendo acarretar, direta ou indiretamente, problemas à saúde das pessoas, como a influência no crescimento, propagação e difusão de alguns organismos patogênicos ou de seus hospedeiros. Há fatores tais como temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica e até o ciclo hidrológico que afetam a capacidade de reprodução e sobrevivência de agentes patogênicos no meio ambiente e, principalmente, dos chamados vetores de agentes infecciosos, tais como os mosquitos envolvidos na transmissão da dengue, febre amarela, malária, dentre outras doenças. O Ceará localiza-se entre as coordenadas 2° 46' a 7° 52' de latitude Sul e 37° 14' a 41° 24' de longitude Oeste. Está inserido dentro da Zona Tropical, apresenta clima homônimo, caracterizado por médias térmicas elevadas e sazonalidade das precipitações, sendo estas bastante irregulares. Suas condições climáticas favorecem o surgimento e proliferação de algumas doenças e seus hospedeiros, entre elas as arboviroses, causando sérios prejuízos à saúde da população e aos cofres públicos. Dessa forma é basilar compreender como se dá a propagação dessas doenças, assim como a vinculação da mesma com os condicionantes ambientais. Diante de tais premissas, o presente estudo propõe uma metodologia para se analisar a propagação das arboviroses, tendo como condicionante os elementos atmosféricos. Possibilitando determinar a época favorável à ocorrência de altas densidades de casos dessas doenças no Estado, assim como a sazonalidade das mesmas, constituindo ferramenta auxiliar na adoção de medidas de monitoramento e controle de epidemias. Além de contribuição essencial para o entendimento epidêmico e para o campo de estudos que envolvam clima e saúde, pouco trabalhado no Ceará.

Palavras-chave: arboviroses, climatologia geográfica, geografia da saúde.

INTRODUÇÃO

A atmosfera assim como a litosfera, a biosfera, a hidrosfera e a biosfera constituem o arcabouço estrutural do planeta, e se fazem presentes, em contato dinâmico, na superfície terrestre, onde as trocas de energia e matéria são intermináveis. O clima gerido pela dinâmica atmosférica e pela interação desta com os outros invólucros que constituem o planeta é como afirma MEDONÇA (2000) “um dos importantes elementos formadores do ambiente planetário”.

Houve, ao longo da história da humanidade, uma constante interação entre a sociedade e o clima¹. O entendimento e a observação desta interação e de seus produtos contribuíram

¹ Optou-se pela definição de clima como “o conjunto habitual flutuante de elementos físicos, químicos e biológicos que caracterizam a atmosfera de um local e influem nos seres que nele se encontram”, proposta nas reuniões de 1957 e 1960 da Comissão de Climatologia da Organização Meteorológica Mundial, pelo meteorologista belga L. PONCELET. Optou-se por este conceito, pois além de considerar o dinamismo

para a eclosão da questão ambiental, visto que se observam interações negativas entre o clima e a sociedade. Com o aumento do interesse na preservação da natureza, principalmente, a partir da década de 1960, a questão ambiental tornou-se crescente, não só entre os intelectuais interessados no assunto, mas em grande parte da sociedade, haja vista que o homem passou a se perceber como ameaça à natureza, cujas conseqüências se refletem de forma negativa na sociedade, se evidenciando, sobretudo, quando ocorrem as catástrofes naturais. Muitas destas catástrofes estão relacionadas direta ou indiretamente com o clima, como uma mudança anormal da temperatura e/ou dos índices pluviométricos de uma região, que podem impulsionar uma série de problemas socioambientais.

Rouquayrol (1993: 15) aponta que,

o progresso e o desenvolvimento industrial criaram problemas epidemiológicos novos, resultantes da poluição ambiental. O ambiente físico que envolve o homem moderno condiciona o aparecimento de doenças cuja incidência tornou-se crescente a partir da urbanização e industrialização. As doenças cardiovasculares, as alterações mentais e o câncer pulmonar estão também associados a fatores do ambiente físico.

Um dos impactos do clima sobre a sociedade é referente à condição de saúde humana. As condições atmosféricas exercem forte influencia sobre a sociedade, podendo acarretar, direta ou indiretamente, problemas a saúde do homem. Todavia esta influencia também pode ser benéfica, como expõe Ayoade (1998) ao ressaltar que a influencia do clima na saúde humana pode ser de maneira direta ou indireta e pode ser maléfica ou benéfica. De maneira indireta e maléfica, o mesmo autor afirma que o clima influencia o crescimento, a propagação e a difusão de alguns organismos patogênicos ou de seus hospedeiros. Neste sentido, Rouquayrol (1993, p. 101) destaca os aspectos do clima que mais influenciam os seres vivos implicados no processo de transmissão de doença, como sendo: a temperatura do ar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica.

Ayoade (1998) afirma que o clima desempenha determinado papel na incidência de certas doenças que atacam o homem, uma vez que primeiramente "*o clima afeta a resistência do corpo humano a algumas doenças*" e em segundo lugar "*o clima influencia o crescimento, a propagação e a difusão de alguns organismos patogênicos ou de seus hospedeiros*" (AYOADE, 1998: 291). Algumas doenças tendem a ser predominante em certas zonas climáticas, enquanto outras, particularmente as contagiosas, seguem um padrão sazonal na sua incidência. Exemplos dos efeitos do clima na saúde são: o aumento de casos de doenças respiratórias frente à queda da temperatura; maior incidência de doenças cardíacas face às mudanças de pressão atmosférica (SORRE, 1984: 42); ocorrência de epidemias de dengue nos meses de verão/outono em áreas com condições ótimas de temperatura e umidade do ar para a proliferação do vetor.

No estudo das relações entre o clima e algumas doenças humanas em ambientes tropicais, tem-se as que estão relacionadas diretamente a tropicalidade climática, como as doenças parasitárias transmitidas por vetores (esquistossomose, febre amarela, malária, dengue, etc.), e as que estão relacionadas indiretamente com o clima (amebíase, cólera, micoses, leptospirose, etc.).

A influência dos elementos atmosféricos na saúde humana compõe tema de interesse de um rol variado de disciplinas. Na Geografia, este tema se apresenta na interface entre a climatologia geográfica e a geografia da saúde, denominado de climatopatologia.

A dengue, utilizada como exemplo no estudo, tem a sua distribuição relacionada com as variáveis climáticas, e se tornou um dos principais problemas de saúde pública no mundo tropical. No Brasil, a dengue vem ocorrendo de forma continuada, intercalando-se com a

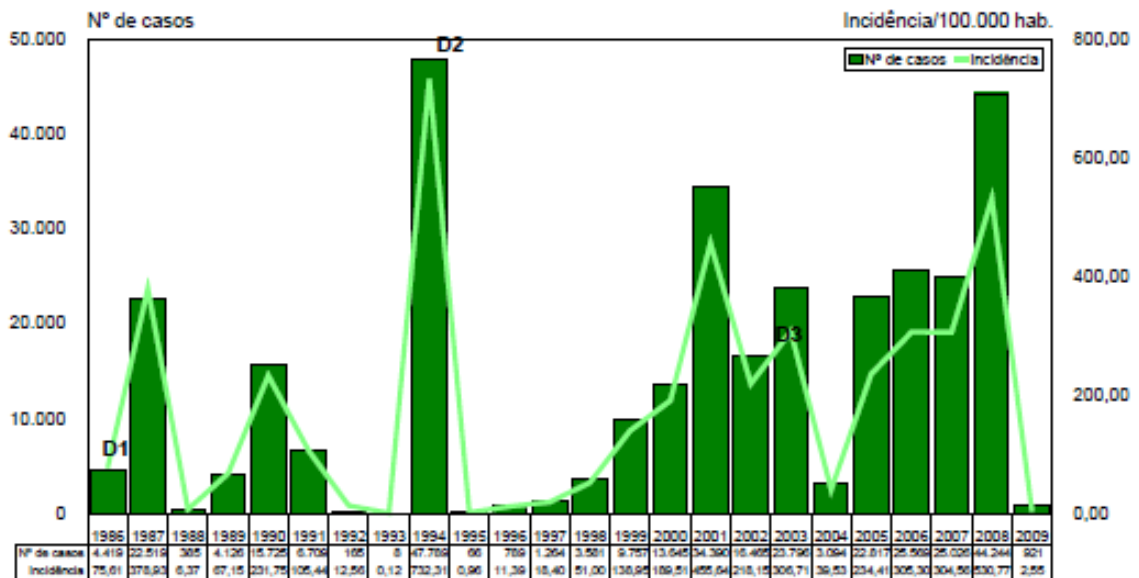
atmosférico, ressalta a sua influência os demais componentes do ambiente (vetores de doenças ou homens suscetíveis, por exemplo).

ocorrência de epidemias. Nesse sentido, estudos voltados à temática são de suma importância na atual conjuntura epidemiológica da doença no Brasil, podendo contribuir para o aprimoramento e revisão dos programas de controle da doença no país.

No Estado do Ceará há casos notificados de dengue desde 1986. Nesses últimos 22 anos a dengue se manifestou de forma endêmica com o registro de quatro picos epidêmicos nos anos de 1987, 1994, 2001 e 2008, acarretando elevados gastos ao poder público. (CEARÁ, 2009) – Gráfico 01.

Devido a sua importância socioeconômica, alto custo hospitalar, perdas de dias de trabalho, bem como por sua letalidade e ligação com as condições climáticas do estado, assim como a necessidade da realização de estudos que envolvam a relação clima e saúde para o Ceará, se propôs o presente estudo. O mesmo propõe uma metodologia para analisar a relação das condições atmosféricas com a incidência da dengue, possibilitando a elaboração, de um estudo espaço-temporal da doença, e a correlação entre os elementos atmosféricos e a incidência de dengue no Estado do Ceará.

Quadro 01 – Número de casos de incidência de dengue no Ceará, de 1986 à 2009



Fonte: SESA/COPROM/NUVEP
* Dados sujeitos à revisão.

Cabe ressaltar que se torna relevante o incremento da investigação epidemiológica de arboviroses como a dengue e seus vetores sob o olhar geográfico, para que se possa compreender a dinâmica dos mesmos com o ambiente. Destaca-se que estudos aprofundados sobre o tema ainda não foram realizados no estado do Ceará. Por essas razões é oportuno o desenvolvimento de estudos geográficos correlacionando variáveis ambientais e a ocorrência da doença, o que caracteriza uma contribuição essencial para o entendimento epidêmico da mesma e para o campo de estudos deste ramo da geografia.

Levando-se em consideração que no processo saúde-doença os fatores ambientais² desempenham importante papel na ocorrência de diversas doenças, o estudo das características ambientais das localidades onde as mesmas ocorrem é fonte valiosa para a pesquisa epidemiológica. Uma vez que o processo saúde-doença reveste-se também de uma dimensão espacial, a Geografia representa um importante papel na pesquisa em saúde (MEDRONHO, 1995: 41).

² Fatores ambientais são aqueles que, formando um conjunto orgânico, contribuem na construção do ambiente físico-biológico no qual o homem se encontra inserido. Estão aí incluídos fatores de natureza física, química e biológica, naturais ou artificiais.

A forma diversificada de distribuição das doenças e causas de morte, em países ou unidades administrativas, pode retratar as disparidades existentes entre as mesmas, tanto referentes a aspectos socioeconômicos, como naturais. Nesta lógica a Geografia, ciência que tem em seu bojo o estudo da relação sociedade natureza, torna-se de suma importância. Rouquayrol (1993) expõe que os conhecimentos dos fatores geográficos colocam em evidência as diferenças na distribuição das doenças. Sendo a análise do espaço geográfico o insumo para se entender os fatores geográficos e assim, mais uma variável na compreensão da espacialização das doenças.

Através da execução desse estudo foi possível traçar uma metodologia para se avaliar a propagação da doença assim como de seus vetores, tendo como fator influenciador os elementos climáticos, constituindo ferramenta auxiliar na adoção de medidas de monitoramento e controle da epidemia.

A dengue apresenta-se socialmente complexa, afetando seres humanos independente da sua classe social e constituindo-se, atualmente, dentre as mais importantes doenças transmissíveis do mundo, especialmente nos países tropicais, onde as condições ambientais, em particular as climáticas, associada à ineficácia das políticas públicas de saúde favorecem o desenvolvimento e proliferação de seus vetores (mosquitos do gênero *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*).

Outras doenças causadas por arbovírus³ que apresentam relação com os condicionantes climáticos também podem ser analisadas através do método proposto.

A incidência da dengue tem mostrado uma tendência crescente no Ceará, a partir da introdução do vírus em 1986, sendo que suas características climáticas encontram-se entre os fatores determinantes desta manifestação (CEARÁ, 2009). Assim, o entendimento das relações entre as condições climáticas, as populações de vetores e a incidência da doença poderão auxiliar na identificação de potenciais fatores predecessores para esta e outras doenças do gênero.

De acordo com o Guia de Vigilância Epidemiológica (2006: 231), a transmissão da dengue

se faz pela picada dos mosquitos *Aedes aegypti*, no ciclo ser humano - *Aedes aegypti* - ser humano. Após um repasto de sangue infectado, o mosquito está apto a transmitir o vírus depois de 8 a 12 dias de incubação extrínseca. A transmissão mecânica também é possível, quando o repasto é interrompido e o mosquito, imediatamente, se alimenta num hospedeiro susceptível próximo. Não há transmissão por contato direto de um doente ou de suas secreções com pessoa sadia, nem por intermédio de água ou alimento.

Diante de tais premissas algumas reflexões se evidenciam, resultando em alguns questionamentos, como: qual relação pode ser estabelecida entre a incidência da dengue e as condições ambientais - climáticas da região? Como ocorre a distribuição espaço-temporal da dengue no Ceará? Quais áreas do estado estão mais propícias à manifestação dos vetores da doença levando em consideração a variação da temperatura do ar e a precipitação?

Levando em consideração as inquietações supracitadas se formulou o presente estudo que teve como produto, através de um vasto levantamento bibliográfico, uma proposta metodológica para o estudo de arboviroses, enfocando a dengue como exemplo.

Vale salientar que o estudo, não apresenta uma abordagem climatologicamente determinista, visto que consideramos, além da influência do clima, a existência muitos outros fatores que contribuem para a proliferação das arboviroses. Todavia o estudo pautou-se na análise de dois grupos de variáveis, as climáticas e as clínicas, na proliferação da

³ De acordo com a Organização Mundial de Saúde arbovírus são vírus mantidos na natureza através da transmissão biológica entre hospedeiros vertebrados suscetíveis por artrópodos hematófagos, ou por transmissão transovariana e possivelmente venérea em artrópodos.

dengue e de seus vetores, visando uma possível correlação estatística e cartográfica entre as mesmas, visto que apresentam uma forte relação. Também, a abordagem metodológica apresentada como produto do estudo, foi pensada visando abarcar todas as arboviroses, que tenham relações com as condições climáticas de onde atuam. Foi utilizado como exemplo a dengue, por essas apresentar um numero de casos maior que as outras doenças do gênero, e por sua área de atuação ser bastante extensa no território brasileiro. Dessa forma, o estudo pode ser aplicado em outros estados, assim como, em escalas regionais e até a nível nacional.

METODOLOGIA

Visando realizar uma análise da manifestação da dengue no estado do Ceará na escala temporal de 2001 a 2008⁴, correlacionando a incidência da mesma com a infestação predial de seus vetores e com as características climáticas do Estado, contribuindo no planejamento territorial e na vigilância e controle da doença, o presente estudo propôs procedimentos técnicos que favorecesse tal intento.

Para tanto, a metodologia consistiu de um vasto levantamento bibliográfico, sobre a doença, o clima do estado, e as ferramentas a serem utilizadas, como técnicas de geoprocessamento voltadas à saúde e softwares estatísticos.

Estudos voltados à influência das condições climáticas sobre a saúde humana compõem tema de várias disciplinas. Sob um ponto de vista geral, a abordagem geográfica da saúde envolvendo os elementos climáticos tem forte impulso com Sorre (1947), através do exame das correlações entre o meio, destacando o papel do clima, e as funções mentais do indivíduo ou do grupo. Sorre após contato com a Geografia Médica cria o conceito de complexo patogênico, refletindo exatamente sua percepção de conjunto dos três planos onde se desenvolve a atividade humana: o plano físico, o plano biológico e o plano social. Conforme Sorre (1947) *apud* Megale (1984:13),

Na complexidade das relações que interessam simultaneamente ao biólogo e ao médico, procura-se uma noção sintética suscetível de orientar as pesquisas do geógrafo. A interdependência dos organismos em jogo na produção de uma única doença infecciosa permite inferir uma unidade biológica de ordem superior: o complexo patogênico. Compreende, junto com o homem e o agente causal da doença, os transmissores e todos os seres que condicionam ou comprometem a existência humana. Ao propormos esta noção, há alguns anos, seguimos os entomologistas levados por considerações desta natureza ao estudar as doenças parasitárias das plantas. Os complexos patogênicos do homem são apenas casos particulares da imensa série de complexos patogênicos que se formam em torno de cada ser vivo.

No Brasil nas décadas de 1950 e 1960 do século XX, destacam-se as pesquisas de Carlos da Silva Lacaz. Suas pesquisas se voltavam em avaliar a importância do clima, do relevo, dos recursos hídricos, da paisagem vegetal e das formas de habitação e outros hábitos culturais da população brasileira no processo de transmissão de doenças. Publicou uma importante obra denominada: Introdução à geografia médica do Brasil.

Na atual perspectiva destes estudos Besancenot (1997) *apud* Mendonça (2001: 45) aponta que a climatopatologia não está preocupada em explicar a interação entre o clima e a saúde humana, mas sim em analisar a correlação entre os elementos da atmosfera e a incidência de doenças, já que o clima é somente um dos vários fatores do ambiente a influenciar o organismo humano.

No Brasil, existem vários trabalhos que abarcam o panorama supracitado, podendo destacar os trabalhos de Confalonieri (2003), Ferreira (2003), Mendonça e Paula (2003), que estudaram a influência climática na propagação de alguns organismos patogênicos e de seus vetores. Oliveira *et al* (2003), Paula (2005), Caramori *et al* (2008), Silva *et al* (2008)

⁴ A proposta metodológica se limitou a esses anos, devido aos dados correspondentes ao conjunto de variáveis clínicas terem início a partir de 2001.

estudaram a influência atmosférica na propagação da dengue e do *Aedes aegypti* no Paraná. Apresentando diferentes abordagens, alguns utilizando de técnicas estatísticas de correlação e mapeamento, e/ou a construção de banco de dados e produtos cartográficos de expansão da dengue e das condições climáticas para os períodos analisados.

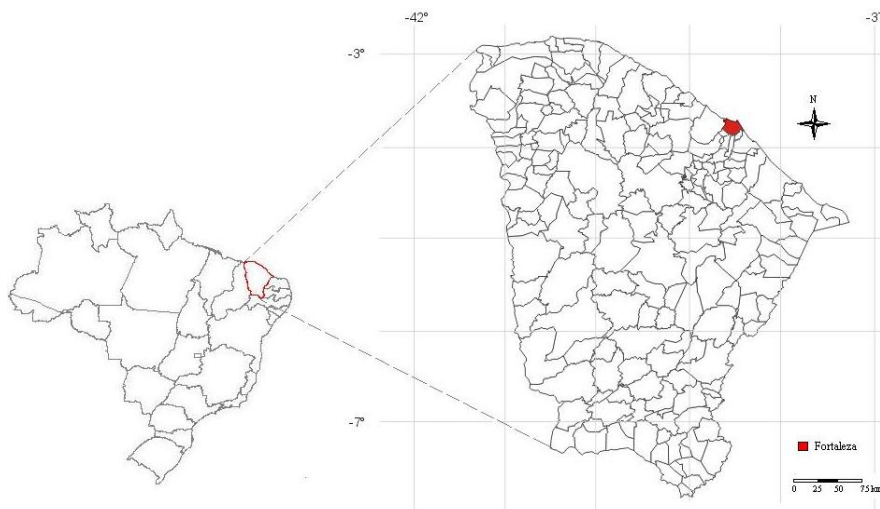
Uma breve revisão bibliográfica sobre o tema releva que análises da influência do clima na propagação de doenças não privilegia todo o território nacional se concentrando principalmente nos estados das regiões sul e sudeste do país. Para o Ceará, tanto no campo da geografia como da epidemiologia, ainda não existe bibliografia concernente à temática, evidenciando a necessidade de estudos relativos ao assunto.

Vale destacar que o campo de estudos da climatopatologia abarca outros temas além da influência climática sobre arboviroses⁵, como o trabalho de Pitton e Domingos (2004) que buscaram compreender os efeitos dos parâmetros climáticos nas crises hipertensivas em um município de São Paulo, e o instigante trabalho de Mendonça (2001) intitulado Crime e Criminalidade, onde ele vai traçar correlações, entre a variabilidade térmica dos diferentes tipos climáticos e a variação dos índices de criminalidade e homicídios em algumas capitais do país.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Ceará é uma das vinte e sete unidades federativas do Brasil. Está situado na Região Nordeste e tem por limites o Oceano Atlântico a norte e nordeste, Rio Grande do Norte e Paraíba a leste, Pernambuco a sul e Piauí a oeste. Localiza-se entre o paralelos de 2° 46' e 7° 52' de latitude Sul e os meridianos de 37° 14' e 41° 24' de longitude Oeste (Figura 01). Sua área total é de 148.825,6 km², correspondendo a 9,58% da região nordestina e 1,75% do território do Brasil (IPECE, 2008). Possui 184 municípios e uma população estimada em 8.185.286 habitantes (IBGE, 2007).

Figura 01 - Localização da área de estudo



Elaboração: Gledson Bezerra Magalhães

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO

As características climáticas representadas pela sazonalidade das precipitações mantêm uma relação direta com o comportamento fluvial (ZANELLA, 2005: 167). A maior parte do Estado do Ceará apresenta clima semi-árido, excetuando-se as regiões de elevadas

⁵ Arboviroses são doenças causadas por vírus (arbovírus) que se multiplicam nos tecidos dos organismos dos artrópodes, infectando-os, e tornando-os vetores depois de sugarem sangue de hospedeiros em período de viremia.

altitudes e o litoral. As precipitações pluviométricas no Ceará caracterizam-se por um período chuvoso curto e irregular e um período seco prolongado. A sua localização territorial favorece uma intensa insolação o ano todo, proporcionando elevadas temperaturas, características de climas tropicais quentes.

De acordo com Zanella (2005: 170) a atuação dos diferentes sistemas atmosféricos estabelece a sazonalidade da precipitação. A altitude, a disposição do relevo e a proximidade – ou distância – da superfície oceânica proporcionam as diferenciações locais dos climas do estado.

De forma geral o estado apresenta temperaturas médias anuais elevadas e baixa amplitude térmica, fruto de sua proximidade com o equador. Todavia, a influencia de condicionantes locais, como relevo e a distancia com o oceano, determinam diferenciações térmicas e pluviométricas dentro de seu território (Figuras 2 e 3).

As áreas que apresentam as mais baixas temperaturas e os mais elevados índices de precipitação são condicionadas pela altitude, ocorrendo em pequenas porções das regiões serranas, como é o caso da porção a barlavento do Maciço de Baturité, da *cuesta* da Ibiapaba, das serras da Meruoca, Urubuetama e Pereiro. Há também significativos totais pluviométricos e temperaturas mais amenas em toda a área litorânea, fruto a influencia da maritimidade e dos sistemas atmosféricos incidentes no litoral. O restante do estado apresenta temperaturas elevadas, e baixos totais pluviométricos.

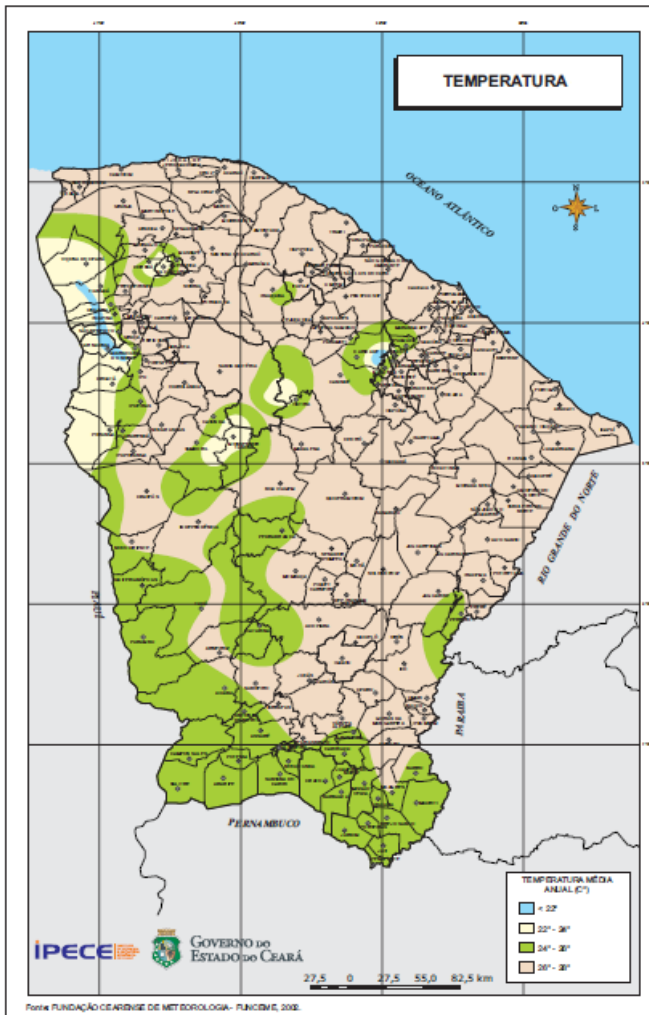
Referente à sazonalidade da precipitação Zanella (2005: 172) expõe que as chuvas se concentram, principalmente nos meses de fevereiro/março/abril/maio, quando o estado fica sob a influência da Zona de Convergência Intertropical⁶ (ZCIT), principal sistema atmosférico causador de precipitação.

Outros sistemas atmosféricos se manifestam no estado causando chuvas, como: os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) que atuam principalmente de janeiro a março; as linhas de instabilidade que agem em associação com a ZCIT e provocam chuvas nos meses de fevereiro e março; os processos convectivos de meso-escala atuando na quadra chuvosa; e as ondas de leste que provocam chuva nos meses de junho e julho. Assim sendo o primeiro semestre do ano é o período onde se concentram os maiores totais pluviométricos.

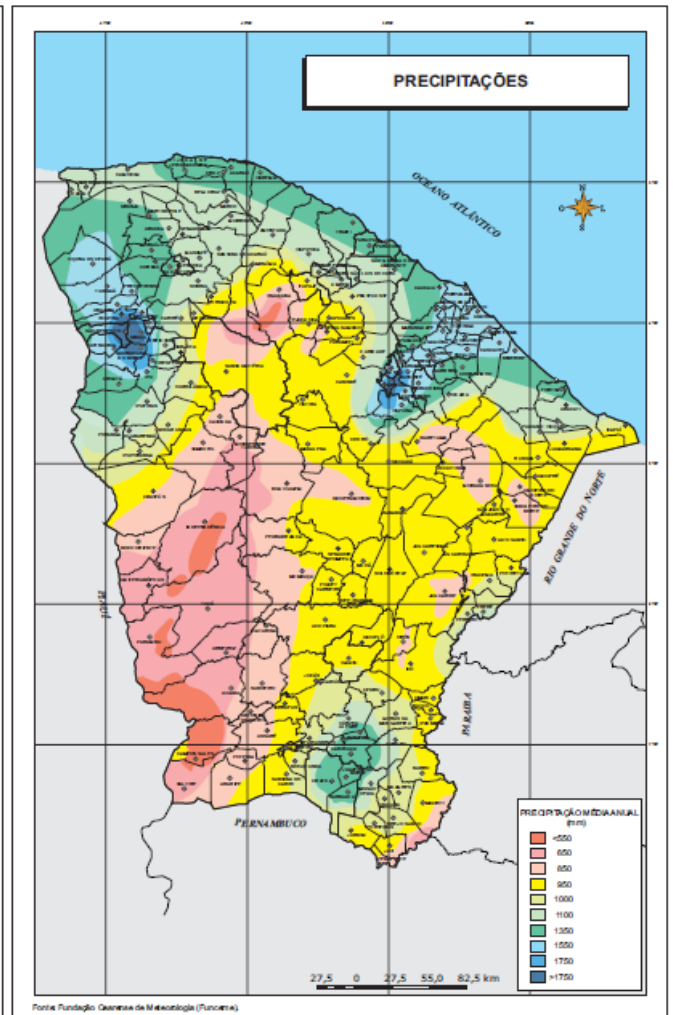
Figura 2 – Mapa de Temperatura

Figura 3 – Mapa de Precipitação

⁶ A ZCIT pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul, em baixos níveis (o choque entre eles faz com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação de nuvens), baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação. (FERREIRA e MELLO, 2009)



Fonte: IPECE, 2002



Fonte: IPECE, 2002

RESULTADO E DISCUSSÕES

Os procedimentos de análise apresentados a seguir tomaram como base os seguintes objetivos:

- Verificar as características climáticas do estado, espacializando e temporalizando os elementos meteorológicos (temperatura do ar e precipitação pluviométrica) referentes ao período de análise, como suporte para a correlação entre as variáveis do estudo;
- Delimitar a sazonalidade dos casos autóctones e importados de dengue no estado;
- Analisar a distribuição espaço-temporal da dengue e de seus vetores (*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*) no Ceará;
- Correlacionar as variações espaço-temporais da incidência de dengue, com a infestação predial de seus vetores e com as variações de temperatura do ar e pluviosidade;
- Identificar o município com o maior número de casos da doença, para cada mesorregião do Ceará de acordo com a divisão do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1989) – Figura 02 - e descrever a influencia climática sobre a ocorrência e evolução da doença nesses municípios;
- Confeccionar um banco de dados e mapas de expansão da dengue e das condições climáticas para o período em análise integrando os dados disponíveis nas

Secretárias de Saúde Municipais e Estadual como instrumento a contribuir na vigilância epidemiológica da dengue no Ceará.

A respeito do Índice de Infestação Predial (IIP), Paula (2005: 97) expõe que,

Com o objetivo de monitorar a população de *Ae. Aegypti*, principal vetor da dengue no Brasil, nas atividades de vigilância epidemiológica tem-se procurado estimar a produtividade dos adultos a partir dos recipientes que lhes servem de criadouros. Essas estimativas, obtidas mediante formulações, embora genericamente designadas como “índices” são, algumas, de fato, coeficientes. O mais usado talvez seja o índice de infestação predial (IIP), correspondente ao número de imóveis com a presença de *Aedes* pelo número total de imóveis inspecionados. Outro índice bastante utilizado refere-se ao índice de *Breteau*, equivalente ao número de recipientes positivos por 100 casas ou edifícios visitados.

O presente estudo proposto no campo da climatopatologia perpassa necessariamente por duas abordagens: a climática e a epidemiológica.

Na busca de um referencial teórico, no qual a interação entre os elementos atmosféricos e a superfície terrestre (fatores geográficos do clima) permitisse, por um lado, a identificação das unidades climáticas diferenciadas e, por outro, o jogo de influências recíprocas entre a atmosfera e a sociedade, a pesquisa apóia-se nos estudos de Mendonça (1999, 2001) e Paula (2005).

Seguindo a linha proposta por Mendonça (1999, 2001) a abordagem climática adotada na pesquisa será elaborada em conformidade com a concepção sistêmica, sendo a manifestação dos elementos climáticos a energia do sistema clima e, a incidência da dengue influenciada por este sistema. Assim, o trabalho seguirá a orientação de Besancenot (1997) *apud* Mendonça (2001: 30), para quem “a colocação em evidência das relações existentes entre estas duas séries de dados” (climatológicos e clínicos) passa “inevitavelmente por uma abordagem estatística”. Visto que essa abordagem permite elaborar tanto um modelo físico do clima, como análises e correlações de variáveis distintas dentro de um mesmo conjunto.

A abordagem estatística permite mensurar, de forma sistemática e padronizada, qual o grau de certeza de que algum achado de fato corresponde a realidade. O teste estatístico se faz de suma importância no processo, pois, concordando com Filho e Rouquayrol (2003: 181) “e muito importante a testagem da significância estatística de qualquer associação verificada, porque fatores diversos (como tamanho de amostras, dimensão das medidas, padrão de distribuição de casos, etc) podem casualmente aparentar, como fortes associações na verdade inexistente”.

A abordagem epidemiológica será realizada, segundo o roteiro da investigação epidemiológica da dengue do Guia de Vigilância Epidemiológica do Ministério da Saúde (BRASIL, 2006), que propõe um levantamento do número de casos confirmados da doença seguidos da análise dos dados através de gráficos e tabelas. O Guia de Vigilância Epidemiológica é um manual que objetiva orientar os profissionais de saúde a respeito das ações de investigação epidemiológica e as medidas de prevenção e controle das doenças transmissíveis. Tem se constituído em importante instrumento de divulgação das normas e procedimentos de vigilância e controle de doenças transmissíveis de interesse para o Sistema Nacional de Vigilância em Saúde.

No que concerne à espacialização da doença, a utilização de técnicas de geoprocessamento torna-se cada vez mais importante. Nesse sentido o estudo também se pautou em Carvalho (2000) que propõe a aplicação de Sistemas de Informação Geográfica⁷ (SIGs) e cartográficas na área da saúde, por esses possibilitarem a análise da distribuição

⁷ Os Sistemas de Informação Geográficas são sistemas computacionais, usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico.

espacial de agravos e promover o interrelacionamento das informações de diversos bancos de dados. O Geoprocessamento⁸ torna-se basilar uma vez que “a possibilidade de sobrepor informações e do uso desagregado de dados contorna as dificuldades de trabalhar com diferentes unidades administrativas. A visualização é extremamente útil para gerar hipóteses, indagações sobre associações entre os eventos estudados e possibilidades de análises ecológicas”. (CARVALHO, 2000: 18)

O mesmo autor afirma que,

uma das maneiras de se conhecer mais detalhadamente as condições de saúde da população é através de mapas que permitam observar a distribuição espacial de situações de risco e dos problemas de saúde. A abordagem espacial permite a integração de dados demográficos, socioeconômicos e ambientais, promovendo o interrelacionamento das informações de diversos bancos de dados. (CARVALHO, 2000, p. 13)

Uma das técnicas de Geoprocessamento é o SIG. Ele é ferramenta essencial para a manipulação das informações geográficas, pois permite reunir uma grande quantidade de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os e integrando-os adequadamente. São úteis para o entendimento da ocorrência de eventos, predição e simulação de situações, e planejamento de estratégias. Carvalho (2000: 17) apresenta alguns benefícios mais comuns de um SIG: melhor armazenamento e atualização dos dados; recuperação de informações de forma mais eficiente; produção de informações mais precisas; rapidez na análise de alternativas; e a vantagem de decisões mais acertadas.

Deve-se considerar a possibilidade de atrelar o SIG ao Sistema de Informação em Saúde (SIS), possibilitando a utilização conjunta de dados, contribuindo para uma maior dinamização das ações de vigilância em saúde. Para tanto é essencial que se fique atento para a compatibilidade das bases de dados. Uma alternativa é utilizar um banco de dados com formato padrão.

A metodologia de análise proposta consta de quatro etapas: Etapa 1- Levantamento bibliográfico e cartográfico; Etapa 2- Variáveis meteorológicas e patológicas: construção e análise da base de dados; Etapa 3- Análise das correlações das variáveis: recursos técnicos; Etapa 4- Delimitação dos municípios e dos pontos de ação de controle.

ETAPA 1- Levantamento bibliográfico e cartográfico:

Nesta etapa é realizado um levantamento bibliográfico e cartográfico, com vistas à obtenção de um aporte teórico sobre a temática desenvolvida e sobre os procedimentos a serem executados dentro da escala da pesquisa – estado do Ceará.

ETAPA 2- Variáveis meteorológicas e patológicas: construção e análise da base de dados:

Neste item é desenvolvido o banco de dados da pesquisa com o levantamento das seguintes variáveis:

- índices de temperatura e totais pluviométricos mensais e anuais junto a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes as escala temporal a ser analisada;
- casos autóctones e importados de dengue, Índices de Infestação Predial (IIP)⁹ mensais e por município, através da Secretária de Saúde do Estado do Ceará (SESA) e da Secretária Municipal de Saúde de Fortaleza (SMS), para os anos em estudo.

⁸ O Geoprocessamento é um termo amplo, que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. (CARVALHO, 2000: 14)

⁹ O IIP correspondente ao numero de imóveis com a presença de Aedes pelo numero total de imóveis inspecionados. É utilizado pelos serviços de saúde para estimar o nível de infestação desse vetor.

A escala temporal de análise a ser adotada deve levar em consideração os dados disponíveis. No caso da dengue a SESA apresenta dados detalhados da doença somente a partir de 2001, logo os anos adotados, para esse caso, se iniciam pelo ano de 2001. Concordando com Rouquayrol e Kerr-Pontes (1993: 23) “lidar com variáveis populacionais implica trabalhar com dados já disponíveis sobre eventos diversos que ocorrem numa determinada população”. Os dados referentes aos elementos atmosféricos abrangem um período de tem maior, todavia devido ao pouco tem de registro dos dados clínicos, a pesquisa deve abarcar o período em que os dados climáticos e clínicos coincidem. Outros estudos podem ser elaborados em períodos de tempo menores ou maiores, como mensais ou decenais respectivamente, estando esses a mercê da aquisição dos dados.

Dados quantitativos se evidenciam mais eficientes para pesquisas dessa natureza do que os dados qualitativos, visto que proporcionam uma melhor abordagem estatística. Os dados clínicos se dividem em casos confirmados e notificados da doença, diários, mensais e anuais. A utilização de algum deles ou de ambos vai depender da arbovirose estudada e dos objetivos a se alcançarem. No caso do exemplo dado, devem-se utilizar somente os números de casos confirmados mensais por município. Pode-se também incluir como variável clínica o número de óbitos da doença o que corresponde aos índices de mortalidade pela doença, no exemplo utiliza-se somente a morbidade, ou seja, o número de casos numa população determinada, em um dado momento.

É de grande valia para a pesquisa que se obtenha dados confiáveis. Rouquayrol e Kerr-Pontes (1993: 47) chamam a atenção para,

a necessidade de os indicadores apresentarem os seguintes requisitos: disponibilidade de dados; simplicidade técnica que permita rápido manejo e fácil entendimento; uniformidade; sinteticidade, de modo a poder abranger o efeito do maior número possível de fatores que influem no estado saúde das coletividades; poder discriminatório que permita comparações inter-regionais e internacionais.

A segunda etapa da pesquisa abrange, ainda, o tratamento geoestatístico dos dados coletados, onde são organizados e analisados no ambiente computacional *Microsoft Excel* ou qualquer outro programa que permita a criação, o manejo e atualização de banco de dados, e posteriormente espacializados nos softwares *ArcView GIS 3.3* e *Surfer 8.0¹⁰*. Os softwares foram escolhidos levando em consideração a facilidade do manuseio, o acesso e a qualidade de produção, podendo ser utilizados outros softwares similares.

Outros programas computacionais podem ser utilizados. É interessante que no ato da escolha do software levem-se em consideração alguns aspectos, como: que tipo de análise será efetuada? Os dados são de estrutura matricial ou vetorial ou ambos? As bases cartográficas já se encontram produzidas ou deveram ser construídas? O programa apresenta a possibilidade de importar e exportar dados em diversos formatos? Qual o custo econômico do programa? Qual a grau de facilidade na manipulação do programa?

Levando em consideração as questões supracitadas alguns programas estão sendo bastante utilizados, dentre eles podem-se citar ARC/INFO, MGE, SPRING, MapInfo, ARCVIEW, AtlasGIS E GEOMEDIA.

No estudo da variabilidade térmica no estado do Ceará é necessária a utilização de dados mensais de temperatura média, temperatura mínima média e temperatura máxima média, de todas as Plataformas de Coleta de Dados (PCD's) totalizando cinquenta e três estações meteorológicas distribuídas em todo território estadual. No que concerne ao estudo da pluviosidade são utilizadas informações dos postos pluviométricos da FUNCEME, distribuídos pelos municípios do estado, que apresentam registros de precipitação para os

¹⁰ O Surfer é um pacote de programas comerciais desenvolvidos pela *Golden SoftwareInc.* que pode ser utilizado para a confecção de mapas de variáveis a partir de dados espacialmente distribuídos. A partir das coordenadas do ponto e dos valores assumidos pela variável nesses pontos, pode-se obter um mapa da distribuição espacial para cada variável, utilizando-se um algoritmo de interpolação.

anos em análise. Cabe ressaltar que quanto mais números de PCD's ou postos pluviométricos com dados disponíveis mais precisa será a espacialização dos dados e a visualização das correlações entre as variáveis, aumentando a qualidade do estudo.

Após a tabulação e organização dos dados climáticos deve-se fazer o lançamento destes, através de técnicas de geoprocessamento, em uma base cartográfica da área de estudo, no caso, do estado do Ceará, construindo mapas temáticos de temperatura e precipitação para os anos analisados.

No exemplo, a espacialização dos dados de temperaturas e precipitação devem ser realizados no software *Surfer 8.0* através do método geoestatístico *Kriging* ou *Krigagem* de interpolação de dados, visto que possibilita um melhor resultado na interpolação dos dados, pois fornece estimativas não tendenciosas e com variância mínima.

ETAPA 3- Análise das correlações¹¹ das variáveis: recursos técnicos:

Nesta etapa ocorrerá o estabelecimento de correlações entre a variação térmica, pluviosidade, infestação do vetor e incidência da dengue. A idéia básica em análise de dados estatísticos nas Ciências Humanas, Sociais e da Saúde é a busca de relações entre duas variáveis de uma mesma população. Dessa forma, as correlações, para o método estatístico adotado, devem ser feitas em duas variáveis por vez, sempre relacionando uma variável climática com uma clínica. O quadro 01 mostra as correlações para o exemplo dado.

Quadro 01- Correlação entre as variáveis

Correlações
Precipitação <-> Número de casos de Dengue
Precipitação <-> Índice de Infestação Predial
Temperatura <-> Número de casos de Dengue
Temperatura <-> Índice de Infestação Predial

Há nível estadual sugere-se que a correlação seja realizada sazonalmente, compreendendo a quadra chuvosa, que de acordo com Zanella (2005) corresponde aos meses de Fevereiro, Março, Abril e Maio, e o período de estiagem envolvendo os demais meses do ano. Permitindo definir o grau de correlação sazonal entre as variáveis. Em escala municipal as correlações são mensais, para os cento e oitenta e quatro municípios do estado. Como produto será possível traçar um perfil evolutivo de relação entre a incidência de dengue, de seus vetores e dos elementos do clima (temperatura e precipitação). Para tanto é necessário que se construa um bando de dados para as correlações, seguidos da construção de gráficos justapostos.

As correlações serão analisadas por meio do software SPSS 9.0 (*Statistical Package for the Social Sciences* - pacote estatístico para as ciências sociais). Este software permite diferentes análises de dados, teste de hipóteses e criação de modelos de projeção. Qualquer outro pacote estatístico poderá ser utilizado, contanto que contemple correlações utilizando o método estatístico escolhido.

O método estatístico utilizado será a "correlação de Pearson" que através de seu coeficiente poderá estimar a força da relação entre duas variáveis. O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente oscila entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita, mas inversa, ou seja quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é associação linear entre duas variáveis. A

¹¹ A correlação é interpretada como a relação existente entre duas variáveis, ou a variação concomitante entre duas variáveis (BISQUERRA et al, 2004).

fórmula da correlação de Pearson é mostrada a na figura 04. Os pacotes estatísticos, fornecem uma grande utilidade em pesquisas dessa natureza, visto que facilitam a análise dos dados, e elaboram resultados que feitos “a mão” levaria muito tempo e o risco de erro seria maior. Todavia, ressalta-se a importância de se ter o conhecimento sobre o processo que esta sendo realizado pelo software, para se obter dados assertivos e domínio sobre o que esta sendo estudado.

Figura 04 – Fórmula do coeficiente de correlação de Pearson

$$r = \frac{N\sum xy - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{[N\sum x^2 - (\sum x)^2][N\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Outros métodos estatísticos poderão ser utilizados, como a correlação múltipla, correlação de Spearman e o método do qui-quadrado, vão depender do número e tipo de variáveis estudadas, como elas influenciam uma as outras, o conjunto amostral onde elas se encontram e os objetivos do estudo. No exemplo adotado, a correlação de Pearson foi utilizada porque atendia a forma de análise do estudo.

Depois de estabelecida às correlações, para um melhor entendimento, elas devem ser interpretadas ou agrupadas por semelhança. No caso do exemplo sugere-se que as correlações sejam interpretadas de acordo com o modelo proposto por Bisquerra *et al* (2004) - Quadro 02, e devidamente espacializadas. Para os coeficientes negativos a interpretação é a mesma.

Quadro 02 - Interpretação da correlação de Pearson

Coeficiente	Interpretação
$r = 1$	correlação perfeita
$0,80 < r < 1$	muito alta
$0,60 < r < 0,79$	alta
$0,40 < r < 0,59$	moderada
$0,20 < r < 0,39$	baixa
$0 < r < 0,19$	muito baixa
$r = 0$	nula

Fonte: Bisquerra et al (2004)

ETAPA 4 - Delimitação dos municípios e dos pontos de ação de controle:

A quarta etapa da pesquisa consistirá na definição dos municípios onde se obteve uma maior correlação positiva entre as variáveis estudadas, para cada mesorregião geográfica do estado (Figura 02). Optou-se por utilizar a divisão do estado em mesorregiões devido ser uma divisão de planejamento estratégico da Secretária de Saúde do Ceará que leva em conta tanto fatores econômicos como ambientais, incluído o clima. A divisão do estado em mesorregiões compreende sete regiões são elas: Nordeste Cearense, Norte Cearense, Metropolitana, Sertões Cearenses, Jaguaribe, Centro-sul Cearense e Sul Cearense. As outras divisões do estado são as Microrregiões Geográficas, e as Regiões Administrativas. Estas dividem o Ceará em trinta e três, e vinte regiões respectivamente. A escolha de qual divisão estadual adotar perpassa pelos critérios utilizados para a divisão, a viabilidade do

estudo na adoção de determinada divisão, assim como as divisões adotadas pelos órgãos a quem o estudo pretende atender.

Em seguida deve ocorrer a confecção de pranchas com gráficos justapostos, contendo informações mensais, de temperatura, precipitação, Índice de Infestação Predial (IIP) e número de casos de dengue para os municípios selecionados, visto que este procedimento permite uma análise mais acurada do objeto deste estudo. Em seguida as pranchas devem ser analisadas com o intuito de traçar a influência do clima na evolução do número e localização de casos da doença. Por fim, deverão ser delimitados os pontos de ação para o controle epidemiológico da dengue.

Figura 02 – Mesorregiões Geográficas



CONCLUSÕES

A execução da proposta metodológica apresentada contribuirá para evitar a ocorrência das infecções pelo vírus da dengue, possibilitará a detecção precocemente de epidemias e o controle das mesmas, auxiliara nas medidas de redução da dengue nas áreas endêmicas, assim como sua letalidade. Também promovera um entendimento maior sobre o comportamento dos vetores, a delimitação da sazonalidade da doença e a espacialização da mesma.

Não é nossa pretensão elaborar uma cartilha para a investigação de doença, visto que isso necessitaria de uma equipe interdisciplinar, todavia algumas contribuições são postas a fim

de fomentar as discussões a cerca dos processos investigativos de doenças com relação climática.

Na metodologia apresentada não considera aspectos econômicos, sociais, culturais, e outros fatores ambientais, como relevo e hidrografia não foram considerados. Pois o que se tenta é traçar correlações ente a propagação de arboviroses, no caso a dengue, com as condições climáticas do estado.

Em conclusão, uma boa investigação científica deverá levantar mais questões a partir das respostas provisórias que porventura foi produzido, mapeando as lacunas do conhecimento e propondo novas perspectivas de investigação.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISQUERRA, Rafael; SARRIERA, Jorge Castellá; MARTINEZ, Francesc. **Introdução à estatística: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS**. Porto ALEGRE: ARTMED, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Vigilância em Saúde. **Guia de vigilância epidemiológica**. 6ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados: Ceará**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ce>>. Acesso em: 29 de junho de 2009.

CALAFONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Revista Terra Livre**. São Paulo, ano 19, vol. I, n. 20. 2003, p. 196-204.

CARAMORI, P. H. *et al.* **Potencial de propagação do *Aedes aegypti* no estado do Paraná sob cenários de mudanças climáticas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 8, 2008, Minas Gerais. Anais CD Rom. Minas Gerais: UFU, 2008. p. 170-178.

CARVALHO, M. S., *et al.* **Conceitos básicos de sistema de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Pan-americana de Saúde / Ministério da Saúde, 2000.

CEARÁ, Governo do Estado; CEARÁ, Secretária da Saúde. **Informe Semanal: Dengue 2009**. Ceará: Secretária da Saúde, 2009.

CEARÁ, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Estado do Ceará. **Caracterização Territorial: Ceará em Números**. Ceará: IPECE, 2008.

FERREIRA, M. E. M. C. Doenças tropicais: o clima e a saúde coletiva - alterações climáticas e a ocorrência de malária na área de influencia do reservatório de Itaipu, PR. **Revista Terra Livre**. São Paulo, ano 19, vol. I, n. 20. 2003, p. 196-204.

FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. In: **Revista Brasileira de Climatologia**. Vol. 1, nº 1, p. 15-27, 2005.

FILHO, N. de. A; ROUQUAYROL, M. Z. Fundamentos Metodológicos da Epidemiologia. In: ROUQUAYROL, M.Z.(Org.). **Epidemiologia e saúde**. 4ªed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1993.

MEGALE, J. F. (Org.) **Max Sorre**. São Paulo: Ática, 1984. (Coleção Grandes Cientistas Sociais, 46).

MEDRONHO, R. A. *et al.* **Epidemiologia**. São Paulo: Ateneu, 2002.

MENDONÇA, F. A. **Clima e Criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana**. Curitiba. Trabalho apresentado à Universidade Federal do Paraná para concurso de Professor Titular, 1999.

MENDONÇA, F. A. **Clima e criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência da criminalidade urbana.** Curitiba: Editora da UFPR, 2001.

MENDONÇA, F. A., PAULA, E. V. **Analyse géographique de la leptospirose dans le Parana et a Curitiba/Bresil (1997-2001): Une approche climatologique.** Dokumentacja Geograficzna, Varsovia - Polonia, v. 1, n. 29, p. 245-248, 2003.

OLIVEIRA, Márcia M. F. de ; PAULA, E. V.. **L' incidence de la dengue dans le Paraná et a Curitiba/Bresil: Approche climatologique de la periode 1995-2002.** Dokumentacja Geograficzna - nr. 29, Varsóvia - Polônia, v. 01, p. 253-256, 2003.

PAULA, E. V. **Dengue: uma análise climato-geográfica de sua manifestação no estado do Paraná (1993-2003).** Curitiba: UFPR, 2005. Dissertação de Mestrado.

PITTON, S.; DOMINGOS, A. E. Tempo e Doenças: efeito dos parâmetros climáticos nas crises hipertensiva dos moradores de Santa Gertrudes. **Estudos geográficos.** Rio Claro, v. 2, 2004, p. 75-86.

SILVA, J. S. MARIANO, Z. F., SCOPEL, I. **A espacialização da dengue em Jataí na epidemia de 2005.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 8, 2008, Minas Gerais. Anais CD Rom. Minas Gerais: UFU, 2008. p. 1-17.

ROUQUAYROL, M. Z., KERR-PONTES, L. R. S. A Medida da Saúde Coletiva. In: ROUQUAYROL, M.Z.(Org.). **Epidemiologia e saúde.** 4ªed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1993.

SORRE, M. A. Adaptação ao meio climático e biossocial – geografia psicológica. In: MEGALE, J. F. (Org.) **Max Sorre.** São Paulo: Ática, 1984. (Coleção Grandes Cientistas Sociais, 46).

ZANELLA, Maria Elisa. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J.B. da. et al. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico.** Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.