

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
FACULDADE DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE SAÚDE COMUNITÁRIA

“ESTUDO ECOLÓGICO E ANÁLISE ESPACIAL DA  
HANSENÍASE NO ESTADO DO CEARÁ”

Por: Ana Cláudia Dorta Montenegro

Ceará  
2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
FACULDADE DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE SAÚDE COMUNITÁRIA

“ESTUDO ECOLÓGICO E ANÁLISE ESPACIAL DA  
HANSENÍASE NO ESTADO DO CEARÁ”

Por: Ana Cláudia Dorta Montenegro

Dissertação apresentada ao  
Departamento de Saúde Comunitária  
da Faculdade de Medicina da  
Universidade Federal do Ceará,  
como parte dos requisitos neces-  
sários para a obtenção do grau de  
Mestre em Saúde Pública.  
Área de concentração: Epidemiologia

Orientadora: Dr<sup>a</sup> Lígia Regina Sansigolo Kerr Pontes

Co-orientador: Dr. Guilherme Loureiro Werneck

Ceará

2002

ANA CLÁUDIA DORTA MONTENEGRO

“ESTUDO ECOLÓGICO E ANÁLISE ESPACIAL  
DA HANSENÍASE NO ESTADO DO CEARÁ”

Dissertação apresentada ao  
Departamento de Saúde Comunitária  
da Faculdade de Medicina da  
Universidade Federal do Ceará, como  
parte dos requisitos necessários para  
a obtenção do grau de Mestre em  
Saúde Pública.  
Área de concentração: Epidemiologia

Aprovada em abril de 2002

BANCA EXAMINADORA

---

Dra. Lígia Regina Sansígolo Kerr-Pontes (Professora adjunta do Departamento  
de Saúde Comunitária da Universidade Federal do Ceará)

---

Dr. Guilherme Loureiro Werneck (Professor adjunto do Instituto de Medicina  
Social da Universidade Estadual do Rio de Janeiro)

---

Dr. Maurício Lima Barreto (Professor titular do Instituto de Saúde Coletiva da  
Universidade Federal da Bahia)

Ana Cláudia Dorta Montenegro.

Estudo Ecológico e Análise Espacial da Hanseníase no Estado do Ceará. Ceará, 2002.

96 f.; il.; 30 cm.

Dissertação apresentada ao Departamento de Saúde Comunitária da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Saúde Pública. 2002.

Referências: f. 60-63.

1. Hanseníase. 2. Distribuição geográfica.  
3. Determinantes sócio-econômicos. 4. Estudo ecológico. 5. Desigualdade social. I. Título

Ao meu esposo Celso e a minha filha Mariana pela compreensão da importância do trabalho e o perfeito entendimento da adequação do tempo, sem o que não seria possível a conclusão deste trabalho. E aos meus pais e irmãos pelo incentivo prestado.

## AGRADECIMENTOS

Aos professores e colegas do Curso de Mestrado em Saúde Pública que acompanharam e de alguma forma contribuíram com a realização desta pesquisa.

À Dra. Lígia Regina Sansígolo Kerr-Pontes, meus sinceros agradecimentos, não apenas pela orientação firme e segura demonstrada na elaboração deste trabalho, mas também pelo incentivo, confiança, e amizade dispensados nesses anos.

Ao Dr. Guilherme Loureiro Werneck, minha imensa gratidão pela fundamental contribuição como co-orientador, pelas demonstrações de apreço e pelo pronto atendimento às indagações durante a pesquisa.

À Sra. Rosa Salani Mota, Professora de Estatística da UFC, pelo incondicional apoio prestado à essa pesquisa e sua valorosa colaboração na análise estatística do trabalho.

Ao Sr. João Sílvio Dantas Moraes, Articulador da Célula de Geografia e Cartografia do IPLANCE, pelas orientações técnicas que muito ajudaram à consecução deste trabalho e pela atenção dispensada o que permitiu a aquisição das informações e de material relacionados com a pesquisa.

## RESUMO

Este trabalho tem como objeto de estudo a hanseníase, doença secular que representa um sério problema de saúde pública no Brasil e, em particular, no Ceará. A detecção de casos no Estado permanece em ascensão e as taxas mais elevadas apresentam-se aglomeradas em possíveis “focos” da doença. Dessa forma, buscou-se investigar a influência de alguns fatores (sócio-econômicos, demográficos e ambientais) na distribuição da incidência de hanseníase no Ceará através de um estudo descritivo do tipo ecológico. Foram utilizados dados relacionados à doença (média das taxas de incidência de 1991 a 1999 para os municípios do Estado) e, variáveis provenientes do IBGE, Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, IPLANCE (Instituto de Planejamento do Ceará) e FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia). Inicialmente, foi feita análise de regressão linear que se deu através do Software Stata. Em seguida, a análise espacial dos dados foi utilizada a fim de investigar a presença de dependência espacial da variável desfecho. Foi realizada decomposição da variação espacial em larga e pequena escala. Para medir a variação da taxa de hanseníase em larga escala, utilizou-se modelo (loess) responsável pelo “alisamento” dos dados. A variação em pequena escala foi avaliada em função do Índice I de Moran que apontou a existência de autocorrelação espacial. A Análise espacial foi feita através dos softwares Arcview 3.1, S-Plus2000 e módulo S+Spatialstats.

## **ABSTRACT**

This research aims at studying hanseniasis, ancient disease which is a serious public health affair in Brazil and, particularly in Ceará. Cases detection in this state have been arising and the highest indexes can be noticed in possible focus of the disease. Therefore, the influence of some specific factors such as social, economical, demographical, and environmental have been studied in the distribution of this disease in Ceará through a descriptive study of the ecological type. Data related to the disease have been used (average of the incidence index between 1991 and 1999 concerning the cities in the state) and, information from IBGE, Human Brazilian Development Atlas, IPLANCE (Planning Institute of Ceará) e FUNCEME (Meteorology Foundation of Ceará). Initially, a linear regression analysis has been done, through Stata Software. Following, the spatial analysis of the data has been used in order to investigate the existence of spatial dependence of the outcome variable. Decomposition of spatial variable has been done in wide and narrow scale. In order to measure the variation of the hanseniasis index in a wide scale, the patterns responsible for the data analysis have been used. The variation in a narrow scale have been evaluated considering the index I by Moran, which pointed the existence of spatial autocorrelation. The spatial analysis has been done by using Arcview 3.1, S-Plus 2000 and S+Spatialstats softwares.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Mapa comparativo entre incidência de hanseníase e presença de ferrovia no Ceará..... 43
- FIGURA 2 - Substâncias que atuam na resposta ao stress..... 45
- FIGURA 3 - Mapa temático com as taxas de hanseníase. Ceará, 1991-1999..... 55
- FIGURA 4 - Taxas de incidência preditas de hanseníase via suavizador local ponderado (loess). Ceará, 1991-1999 .... 56

### LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Casos de hanseníase no mundo, 1985 ..... 25
- TABELA 2 - Municípios epidemiologicamente importantes, considerando-se a prevalência, detecção e relação entre prevalência-deteção por local de residência. Ceará, 1998..... 26
- TABELA 3 - Características sócio-econômicas, indicadores de saúde, e outras variáveis relacionadas no estudo entre os municípios do Ceará, Nordeste Brasil, 1991-1999 ..... 39
- TABELA 4 - Coeficiente de correlação de Pearson entre variáveis relacionadas no estudo dos municípios do Ceará, 1991-1999..... 41
- TABELA 5 - Modelo de regressão linear para os fatores associados a incidências de hanseníase entre os 165 municípios ..... 42

### LISTA DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 1 - Prevalência e detecção de hanseníase p/ 10.000 habitantes. (Ceará, 1984-1999) ..... 17

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SINAIS**

ARCVIEW	- Software de geoprocessamento e análise espacial
FIBGE	- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FUNASA	- Fundação Nacional de Saúde
FUNCEME	- Fundação Cearense de Meteorologia
IPLANCE	- Instituto de Planejamento do Ceará
LEC	- Leprosy Elimination Campaign
MORAN'S	- Estatística de Moran para medir similaridade de áreas contíguas numa distribuição espacial indicando existência de agrupamentos
OMS	- Organização Mundial de Saúde
OPAS	- Organização Panamericana de Saúde
PQT	- Poliquimioterapia
SINAM	- Sistema de informações sobre agravos de notificação
WHO	- World Health Organization

## SUMÁRIO

### PARTE 1

	<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>11</b>
	<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SINAIS .....</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	O PROBLEMA DA HANSENÍASE EM SAÚDE PÚBLICA.....	13
1.2	FATORES DE RISCO .....	18
1.3	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA HANSENÍASE .....	24
1.4	ESTUDOS ECOLÓGICOS E ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS EPIDEMIOLÓGICOS.....	29
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>34</b>
3.1	OBJETIVO GERAL.....	34
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	34
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
4.1	REGIÃO DE ESTUDO.....	35
4.2	ÁREA E LIMITES .....	35
4.3	FONTES E COLETA DOS DADOS .....	35
4.3.1	<b>Dados de morbidade .....</b>	<b>35</b>
4.3.2	<b>Dados do censo demográfico .....</b>	<b>36</b>
4.3.3	<b>Dados ambientais.....</b>	<b>37</b>
4.3.4	<b>Dados do Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil .....</b>	<b>37</b>
4.4	PROCESSAMENTO E CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS .....	37
4.5	ANÁLISE DE DADOS (ESTUDO ECOLÓGICO).....	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS DO ESTUDO ECOLÓGICO.....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO ECOLÓGICO.....</b>	<b>44</b>

7	<b>ANÁLISE ESPACIAL</b> .....	50
7.1	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS .....	50
7.2	ANÁLISE EXPLORATÓRIA ESPACIAL DOS DADOS.....	50
7.3	ANÁLISE ESPACIAL DOS DADOS .....	51
8	<b>RESULTADOS DA ANÁLISE ESPACIAL</b> .....	55
9	<b>DISCUSSÃO DA ANÁLISE ESPACIAL</b> .....	57
10	<b>CONCLUSÃO</b> .....	59
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	60

## **PARTE 2**

	<b>ARTIGO 1 – HANSENÍASE E DESIGUALDADE SOCIAL NO CEARÁ, NORDESTE BRASILEIRO: UM ESTUDO ECOLÓGICO DA</b> ..	65
--	---	----

	<b>ARTIGO 2 – ANÁLISE ESPACIAL DA HANSENÍASE NO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL</b> .....	83
--	---	----

## **PARTE 3**

	<b>ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	95
--	---	----

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 O PROBLEMA DA HANSENÍASE EM SAÚDE PÚBLICA

A hanseníase parece ser uma das mais antigas doenças que acometem o homem. As referências mais remotas datam de 600 A. C. e procedem da Índia, que juntamente com a África, podem ser consideradas o berço da doença (Hasting, 1985). Apesar dessa doença ser muito antiga, permanece como um dos mais importantes problemas de saúde pública nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, não somente pelo número de acometidos; mas, também, devido a sua capacidade em provocar deformidades físicas e, conseqüentemente, ocasionar a exclusão dos portadores de seu ambiente social.

Esta é uma doença crônica granulomatosa proveniente de infecção causada pelo *Mycobacterium leprae* (FUNASA, 2002). Devido a seu alto poder infeccioso, atinge um grande número de pessoas, mas somente alguns indivíduos desenvolvem a doença (Beers et al., 1996). Essa característica ocorre devido a baixa patogenicidade do bacilo, mas também depende da relação entre agente e hospedeiro, bem como, do grau de endemicidade do meio (FUNASA, 2002). Isso sugere a proliferação da doença através de portadores não-sintomáticos em áreas endêmicas e coloca em questão o porquê de alguns indivíduos apresentarem imunidade contra a enfermidade (Beers et al., 1996).

Alguns casos da doença só são diagnosticados em fases avançadas, quando as deformidades já se instalaram, afetando principalmente as mãos, os membros e a face. Porém, muitas dessas incapacidades resultantes da doença poderiam ser evitadas se houvesse diagnóstico precoce e tratamento adequado (Talhari & Neves, 1997). Dessa forma, seu caráter desfigurante e estigmatizante, tradicionalmente concebido, seria aos poucos modificado; facilitando, portanto, as ações de controle, bem como, a integração dos portadores na sociedade.

Nesse sentido, em 1991, a Assembléia Mundial de Saúde aprovou a proposta de eliminar a hanseníase como problema de saúde pública em nível mundial até o ano 2000, ou seja, deve-se atingir uma prevalência de menos de 1 caso por 10.000 habitantes (Warndorff, 2000). Essa decisão teve grande repercussão, promovendo o interesse dos países no controle da doença e contribuindo para ampliar a

cobertura com a poliquimioterapia (PQT). Dessa forma, a prevalência da doença no mundo tem declinado de forma significativa na última década, porém, a incidência tem permanecido praticamente constante nesse mesmo período. Essas informações sugerem alguns obstáculos na utilização da prevalência como melhor indicador de controle da doença, pois o declínio é resultado principalmente das mudanças operacionais dos registros de hanseníase que acompanharam a introdução do tratamento poliquimioterápico. Após completar o tratamento, os pacientes são removidos dos registros e não mais contribuem com a prevalência; sendo esse, possivelmente, o motivo da diminuição dessas taxas (Visschedijk et al., 2000).

Contudo, muitos países ainda mantêm taxas altas de prevalência da doença, principalmente aqueles considerados subdesenvolvidos, nos quais a hanseníase atinge particularmente os segmentos mais pobres dessas sociedades (Visschedijk et al., 2000). Acredita-se que as precárias condições de vida dessa população contribuem para o caráter endêmico da enfermidade; pois, em alguns países, como é o caso da Noruega, a doença foi eliminada até mesmo antes dos avanços terapêuticos terem sido desenvolvidos. Nesse país, a eliminação da endemia se deu progressivamente à medida que mudanças sócio-econômicas foram sendo realizadas (Beers et al., 1996). Isso levanta a idéia de estreita relação da hanseníase com fatores sócio-econômicos.

O Brasil não foge à regra dos países subdesenvolvidos e apresenta a situação mais preocupante na América Latina. No contexto latino-americano, o Brasil apresenta uma das situações mais graves. O país conta com 80% dos casos do Continente Americano. O total de casos no registro ativo, no ano de 1997, foi de 86.741, com taxa de prevalência de 5,43 casos por 10.000 habitantes (FUNASA, 2002). No cenário internacional, entre os 25 países mais endêmicos do mundo, o Brasil ocupa o 1º lugar em relação aos coeficientes de detecção de casos novos e o 2º lugar em números absolutos, sendo superado somente pela Índia (FUNASA, 2001).

Vale ressaltar, que ao contrário do que vem acontecendo em nível mundial, no Brasil, a hanseníase se apresenta ainda em ascensão. Segundo boletim epidemiológico da FUNASA, o aumento do número de casos novos ao longo dos anos é resultado da ampliação da cobertura das ações do Programa de Eliminação da Hanseníase, como também pelo crescimento real da incidência. A ascensão da

doença pode ser evidenciada pelo indicador de detecção de casos novos na faixa etária abaixo de 15 anos. O dado em questão reflete quão precoce a transmissão ativa da enfermidade está ocorrendo. Esse indicador, que era de 0,37/10.000 habitantes em 1985, cresceu em 84% (0,72/10.000) em 1997. Esse crescimento foi mais acentuado nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (FUNASA, 2001). Esse aumento na detecção seria resultado também de projetos destinados à eliminação da hanseníase, dos quais podemos citar o LEC (Leprosy Elimination Campaign). Esse programa foi aprovado pela OMS e tem como objetivo a eliminação da hanseníase, obtendo-se taxas de prevalência inferiores a 1 caso/10.000 habitantes (OPAS, 1998). O LEC visa a investigação de casos da doença não registrados pelo sistema (prevalência oculta) e a recuperação dos pacientes que abandonam o tratamento.

É importante observar que a região Nordeste tem a maior tendência de crescimento da endemia no País, talvez pela própria situação de extrema desigualdade social em que se encontra esta população. As regiões Norte e Centro Oeste são as que apresentam o maior valor relativo de casos e a região Sudeste concentra o maior número absoluto de casos. A região Sul mostra o coeficiente e o número absoluto mais baixos. O Ministério da Saúde prevê que, de todos os Estados, dezesseis têm condições para atingir a meta da eliminação da hanseníase até 2005. Dois Estados - Rio Grande do Sul e Santa Catarina- não têm mais casos da doença. São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba, Rio Grande do Norte e Distrito Federal têm condições para eliminá-la a curto prazo. A situação mais difícil se encontra nas regiões Norte e Nordeste e em uma parte da região Centro-Oeste (O Estado de São Paulo).

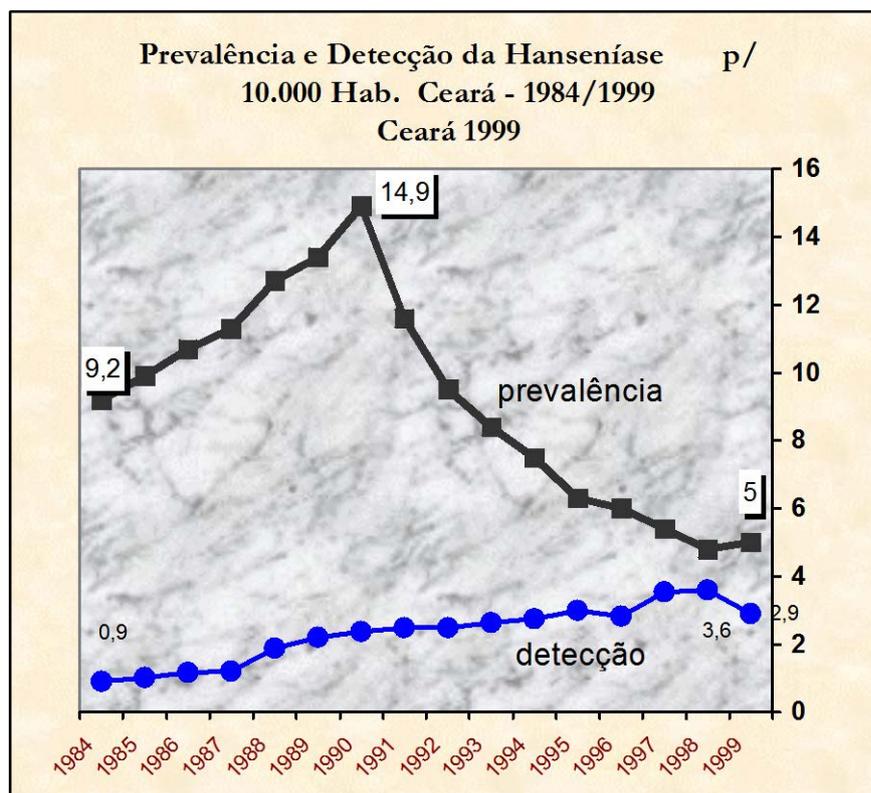
O Ceará ocupa o 10º lugar no ranking nacional em número de casos e o 3º do Nordeste, ficando abaixo somente do Maranhão e Pernambuco. A situação da hanseníase, nesse Estado, é considerada de alta endemicidade. Em 1999, foram detectados 2.079 casos de hanseníase, correspondendo a um coeficiente de 2,9 casos por 10.000 habitantes. Essa taxa é considerada alta, de acordo com parâmetros da OMS [detecção alta  $\geq 1$  caso/10.000 habitantes e prevalência alta  $\geq 5$  casos /10.000 habitantes]. Houve uma redução em relação ao ano anterior da ordem de 19%, o que não era esperado pelo comportamento histórico ascendente da curva de detecção (gráfico 1).

Segundo os levantamentos feitos pela Secretaria de Saúde do Estado em 1999, o Ceará é considerado como área de alta endemicidade hanseníase, com um coeficiente de prevalência de 5 casos por 10 000 hab, isto significa 3.552 casos em registro ativo (limite entre média e alta ). Nota-se também nesse Estado, o elevado coeficiente de detecção em menores de 15 anos que, em 1999, foi de 0,57 casos por 10.000 habitantes.

Observando a evolução das taxas de incidência e prevalência de hanseníase no Ceará, no período de 1984 a 1999, obtém-se informações importantes e que têm causado diferentes opiniões acerca do comportamento da doença durante este período. Esses dados são usados como referência para avaliar os resultados das ações do Programas de Eliminação da Hanseníase, sendo a prevalência considerada o parâmetro internacional (FUNASA, 2001). No Ceará, em 1984, a prevalência era de 9,2 casos p/ 10.000 hab. e aumentou progressivamente até 1990, chegando a 14,9. A partir desta data, atingiu um descenso acumulado de 67,8% (Secretaria de Saúde do Ceará, 1998). O que, possivelmente, justifica-se pelo acordo internacional de eliminação da hanseníase firmado em 1999, bem como, pelas mudanças operacionais que adiantaram a saída de pacientes do registro ativo. Todavia, essa taxa ascende 4,2 % entre 1998 e 1999, o que preocupa. O esperado era continuar em queda; pois, até então, existia uma curva de comportamento secular decrescente. Essa ascensão pode ser causada por falhas no sistema de informação (gráfico 1).

Por outro lado, a detecção continuou ascendente. Em 1984, o valor era de 0,9 casos p/ 10.000 hab.; e, no ano de 1998, passou para 3,6 casos p/ 10.000 hab. Essa taxa é considerada muito alta, segundo os parâmetros da OMS (Sec. de Saúde do Ceará, 1998).

**Gráfico 1 - Prevalência e detecção da hanseníase p/ 10.000 hab.  
(Ceará- 1984/1999)**



Segundo a Secretaria de Saúde do Ceará, ainda, existem municípios com baixa cobertura populacional, a exemplo da Capital do Estado, com apenas 6 Unidades de Saúde. Essa deficiência pode provocar lacunas relacionadas ao registro da doença; sugerindo, dessa forma, a existência de municípios com sub-registro. Dos vinte e seis municípios cearenses considerados epidemiologicamente importantes, vinte e um encontram-se em situação hiperendêmica (80,8%), três municípios têm endemicidade muito alta (11,5%) e dois têm alta endemicidade (7,7%).

Certamente, a busca de casos e a expansão de coberturas têm melhorado significativamente, influenciando o aumento da detecção no País. Entretanto, segundo alguns autores, esse fato não exclui o aumento real da incidência (FUNASA, 2001).

## 1.2 FATORES DE RISCO DA HANSENÍASE

Devido a impossibilidade de cultivo *in vitro* do *M. leprae*, tem sido difícil a elucidação da cadeia de transmissão e a forma do relacionamento entre agente e suscetível e, principalmente, a influência do meio ambiente na gênese da doença.

Apesar da enfermidade poder acometer indivíduos de qualquer idade, a incidência se apresenta maior entre os indivíduos com faixa etária entre 10 a 20 anos (Hastings, 1985). Segundo Robert C. Hastings, o principal fator que determina a distribuição das idades parece ser a oportunidade de exposição do que simplesmente a faixa etária. Apesar da hanseníase atingir os dois sexos, existem algumas partes do mundo em que os homens são mais afetados que as mulheres. As diferenças podem ocorrer devido a fatores culturais ou ambientais. Em certas culturas, o exame entre as mulheres é menos rigoroso, dificultando a detecção da doença. Em alguns países, as mulheres são obrigadas a usar roupas que cubram muitas partes do corpo; diminuindo, assim, o risco de contaminação para as mesmas (Hastings, 1985).

A ocorrência da hanseníase mostra considerável variação entre diferentes grupos étnicos. Essas variações são freqüentemente mais geográficas do que étnicas. As diferenças têm sido percebidas não só com relação à incidência da doença, mas, também, com relação ao tipo de manifestação clínica (Hastings, 1985).

A hanseníase possui período de incubação longo, que varia para a forma tuberculóide de 2 a 5 anos e, para a forma lepromatosa, de 8 a 12 anos (Beers et al., 1996). As formas de transmissão da doença mais encontradas na literatura são através do trato respiratório por inalação, por contato com a pele de doentes sem tratamento, por meio de ingestão e também foi encontrada referência à possibilidade de transmissão via insetos. O trato respiratório é considerado a via de contaminação mais importante e a integridade da mucosa nasal parece ter alguma influência na transmissão e na suscetibilidade à doença. A integridade da mucosa nasal pode ser alterada por condições climáticas ou por infecções respiratórias (Beers et al., 1996).

*M. leprae* é, provavelmente, um organismo de baixa patogenicidade considerando que somente alguns dos indivíduos supostamente infectados desenvolvem manifestações clínicas da doença (Beers et al., 1996). Isso sugere a influência de fatores ainda desconhecidos na gênese e transmissão da

hanseníase, como por exemplo, aspectos imunológicos relacionados a genética, nutrição, condições ambientais, etc...

Outros aspectos da hanseníase lhe conferem caráter peculiar e obstaculizam o seu desvendamento. Essa doença apresenta irregularidade na distribuição entre regiões geográficas diferentes, em termos de incidência e tipos de manifestação (tuberculóide, lepromatosa, boderline).

Alguns dados sugerem a maior incidência da doença em áreas rurais que em centros urbanos (Beers et al.,1996). A principal característica da área rural que poderia explicar o caráter endêmico da doença seria a péssima condição de saneamento ou, quem sabe, até a criação de animais favorecedores à proliferação de insetos que atuariam como possíveis vetores (Premkumar, 1996). Por outro lado, a urbanização que ocorre de forma desorganizada, em função do êxodo de populações em busca de melhores oportunidades nas cidades mais desenvolvidas economicamente, coloca esses indivíduos em condições sub-humanas, acarretando situações de risco não só no que diz respeito à hanseníase, mas em relação a muitas outras doenças.

Entre os fatores de risco que contribuem para o desenvolvimento da doença, o contato com pessoas doentes e, em particular, com o tipo multibacilar, é ainda considerado o principal determinante da hanseníase (Beers et al., 1996). Mas, já se sabe que apenas a exposição não é suficiente para explicar a transmissão da doença, dada a raridade de casos secundários em países não endêmicos em circunstância de contatos com imigrantes acometidos pela doença (Kazda, 2000). Conforme S. M. van Beers, o risco de desenvolver a doença apresenta relação com o grau de contato e a intensidade da fonte de infecção. Por outro lado, sabemos da existência de infecções subclínicas em populações endêmicas que suscita a seguinte questão: poderia haver pessoas sem a doença que trariam o bacilo consigo, disseminando-o?

A observação da ocorrência da hanseníase em possíveis clusters familiares nos levanta a hipótese que a variação na suscetibilidade ou resistência teria relação com fatores genéticos, o que pode ser uma concepção errônea; pois famílias, além de compartilhar os mesmos componentes genéticos, dividem também as mesmas condições ambientais (Beers et al., 1996).

Algumas pesquisas têm dado importância ao papel dos aspectos nutricionais e das condições habitacionais. Estudos desenvolvidos na Índia mostram um maior

risco em crianças de 1 a 4 anos que são mal nutridas, fato que poderia provocar uma redução na imunidade dessas crianças. O risco de contrair a doença apresenta uma relação inversa ao número de anos completos de escolaridade e boas condições de habitação e saneamento (Beers et al., 1996).

Diferentes estudos têm demonstrado uma proteção efetiva da vacinação BCG contra o desenvolvimento da hanseníase, podendo variar de 20% a 80 % (Beers et al., 1996). Essa variação pode ser explicada por diferenças de fatores como, a constituição genética da população escolhida, a classe da vacina usada e a presença de mycobacterias ambientais. Estudo realizado em Malawi sugere evidências de que a exposição prévia ao *M. leprae* ou Mycobactérias ambientais pode conferir algum grau de resistência. Uma forte proteção foi encontrada em indivíduos que não tinham recebido a vacinação BCG, mas que apresentavam na pele sensibilidade à tuberculina ou aos antígenos de *M. leprae*, que pode ser resultado de exposição prévia a mycobacteria ambiental ou *M. leprae*.

Alguns estudos vêm sendo realizados a fim de avaliar o possível impacto da infecção por HIV no incremento da hanseníase, porém, ainda não foram demonstrados resultados consistentes que comprovem a relação entre hanseníase e infecção por HIV (Beers et al., 1996).

As primeiras hipóteses sobre a possibilidade dos fatores ambientais exercerem influência na cadeia de transmissão da hanseníase são tão remotas quanto o próprio descobrimento do bacilo. Hansen e Looft (1985) discutiram a hipótese de Holmsen que postulava a origem miasmática da hanseníase. A rejeição dada por eles a esta idéia esteve baseada nos conhecimentos pertinentes àquela época, de que “ninguém tem sido capaz de demonstrar a presença do bacilo fora do corpo humano” (p.95). Contudo, eles prosseguem: “Apesar, como nós acabamos de afirmar, de o bacilo jamais ter sido encontrado fora do corpo humano, isso pode, possivelmente, ser decorrente de pesquisas insuficientes...” (p.96).

Hansen e Looft deram um passo para a explicação de como a hanseníase poderia ser transmitida pelo ambiente ao observarem que na Noruega, onde as pessoas freqüentemente andavam descalças e caminhavam pelos rios, os pés eram, normalmente, o primeiro local a manifestar as lesões da doença” (p.6).

Quase ao mesmo tempo, uma observação foi feita em um leprosário em Reitgjaerdet, Noruega, por Sand (1910). Em um estudo constando de 1.121 pacientes com hanseníase, ele observou que o risco mais elevado de

contaminação estava presente entre os homens, por eles estarem mais expostos ao contato com o ambiente que as mulheres, no exercício de suas atividades profissionais. Na mesma pesquisa, foi observado que entre 512 casais, a transmissão ocorreu apenas em 3.3%. A transmissão do pai ou mãe doente para as crianças foi verificada somente em 4.9% e 10.5%, respectivamente.

O autor concluiu que a transmissão da doença não se faz unicamente de forma direta entre as pessoas, mas também indiretamente através de um mediador. O referido pesquisador passou então, a levantar várias hipóteses sobre o tipo de mediador necessário para a transmissão ocorrer. Essas hipóteses baseavam-se na possibilidade de ser um parasita, contemplando também, a possível influência de material contaminado.

Durante muito tempo, acreditou-se portanto, que a única fonte de transmissão do *M. leprae* fosse o doente, especialmente o do tipo multibacilar que não recebia tratamento. No entanto, há um considerado número de observações epidemiológicas e microbiológicas que indicam que as fontes ambientais, além dos pacientes, podem desempenhar um importante papel na disseminação da doença, sugerindo a hipótese de transmissão do bacilo também por contato indireto (Kazda, 2000). Várias fontes ambientais têm sido estudadas a fim de comprovar a contaminação indireta e incluem solo, vegetação, água, artrópodes, tatus e macacos (Kazda, 2000). É bem conhecido que, em áreas com alta endemicidade, o contato com paciente portadores da doença não pode ser estabelecido como única fonte de *M. leprae*. Em um estudo incluindo Indonésia, Filipinas, Hawaii e vários países da África, nenhum contato prévio com doentes pôde ser estabelecido em 30-60% dos casos novos de hanseníase (Arnold & Fasal, 1973).

Conclusões consideráveis, indicando o meio ambiente como fonte de infecção da hanseníase, podem ser deduzidas a partir da observação do decréscimo alcançado pela prevalência da doença e o permanente nível alto de detecção. Isso pode ser explicado pelo sucesso da aplicação da poliquimioterapia ou pela expansão dos serviços de saúde, mas, provavelmente outras razões, incluindo fontes ambientais de infecção, devam ser levadas em consideração (Kazda, 2000).

De acordo com Noorden, poucas pesquisas têm sido dedicadas ao estudo dos reservatórios extra-humanos. Isso poderia explicar aspectos ainda pouco esclarecidos sobre a doença, como a irregular distribuição geográfica, flutuação de

risco para contatos familiares e ausência de casos secundários entre imigrantes em países livres da doença.

Um dos principais fatores que orientam a transmissão indireta da hanseníase é a viabilidade do *M. leprae* fora do corpo humano. Conforme K. V. Desikan & Sreevatsa, 1995, “a transmissão da infecção por contato indireto e a ocorrência de novos casos na ausência de nenhuma fonte conhecida, são consistentes com a viabilidade do *M. leprae* fora do organismo humano por variados períodos de tempo”. Nesse estudo, *M. leprae* obtidos de pacientes sem tratamento foram submetidos a diferentes condições adversas. Sua viabilidade foi verificada pela multiplicação em patas de camundongos normais. Concluiu-se com a referida pesquisa que se o bacilo pode permanecer vivo fora do organismo humano a despeito de dissecação, logo, a possibilidade de transmissão da doença pelo contato indireto pode ser seriamente considerada.

Segundo S. Izumi et al., talvez sejam necessárias novas medidas de prevenção como a quimioprofilaxia para grupos de alto risco que vivem em regiões hiperendêmicas. Eles realizaram uma série de estudos epidemiológicos sobre a infecção por *M. leprae* e prevalência da hanseníase no município de Maluku na Indonésia, onde a doença é de alta endemicidade. Foi descoberto que considerável número de habitantes eram soropositivos para vários antígenos de mycobactérias e 27% dos moradores eram portadores do bacilo de hansen na superfície da mucosa nasal. Esse resultado sugere a importância da permanência do *M. leprae* no meio ambiente.

Os mesmos pesquisadores acima citados realizaram um outro estudo onde o *M. leprae* foi detectado por PCR em 21 das 44 fontes de água usadas diariamente pelos moradores do mesmo povoado. A prevalência da enfermidade entre os indivíduos que usavam a água para banho com PCR-positivo foi significativamente mais alta do que entre aqueles que usavam água PCR-negativo. Então, a água foi considerada como um reservatório e fonte de infecção da hanseníase e a transmissão da doença através da água contaminada foi fortemente sugerida pela análise epidemiológica (Matsuoka et al., 1999). Um estudo realizado sobre os determinantes geográficos da hanseníase em Karonga, Malawi, (1995) chegou a conclusões muito interessantes. As taxas de incidência no Norte do município são de duas a três vezes mais altas que no Sul, sendo a pluviosidade e solo fértil a diferença ambiental encontrada entre as regiões. Os pesquisadores encontraram

associação entre as taxas de incidência e a proximidade com a água de lagos (Premkumar, 1996).

No Brasil, foi relatada a presença de bacilos álcool-ácido-resistentes na água do lago do Aleixo, local habitado por hansenianos na Amazônia (Salem & Fonseca, 1982). Esta região apresenta níveis elevados da doença e possui características climáticas que podem assumir papel de agente condicionador de padrões culturais e étnicos importantes.

De acordo com Jindrick Kazda, experiências têm demonstrado que o *M. leprae* pode sobreviver por um longo período em vegetações da espécie *sphagnum*. Esse fenômeno foi inicialmente observado na Noruega onde foi sugerida a associação entre a vegetação muscosa e os casos da doença (Kazda, 2000).

O desaparecimento da hanseníase no Nordeste da Europa, no último século, foi acompanhado paralelamente da melhora das condições sócio-econômicas naquela região, sugerindo a relação entre os dois eventos (Talhari & Neves, 1997). Estudos envolvendo status sócio-econômico têm suas dificuldades devido a abrangência desta variável que engloba outras variáveis (Beers et al., 1996). O mecanismo preciso pelo qual os fatores sócio-econômicos influenciam as taxas de hanseníase ainda é pouco conhecido, e somente poderá ser esclarecido, com a existência de mais dados que evidenciem os padrões de ocorrência da doença, porém, existe a hipótese de que o subdesenvolvimento e as precárias condições de vida podem resultar em maior contato do homem com o ambiente natural e, conseqüentemente, com o bacilo. Adicionalmente, alimentação inadequada, condições impróprias de higiene e moradia podem facilitar o desenvolvimento da doença.

Por outro lado, a influência dos fatores sócio-econômicos sobre a hanseníase têm sob outra visão uma explicação que vem sendo defendida atualmente. Acredita-se que além dos indicadores absolutos de pobreza (renda “per capita”, renda familiar, etc.) que medem a capacidade de aquisição de produtos e serviços, ou seja, medem as condições de vida, existem outros fatores relacionados à complexidade da estrutura social que agem também como possíveis determinantes. Essa idéia é reforçada pela observação de exemplos na literatura tanto de “saúde sem riqueza” como de “riqueza sem saúde”. Isto quer dizer que algumas sociedades poderiam apresentar níveis de saúde bem superiores do que se esperaria pelos seus níveis de renda e vice-versa (Szwarcwald et. al, 1999).

Pesquisadores enfatizam, então, a pobreza relativa e a maneira como ela exclui indivíduos, social e materialmente das oportunidades (Szwarcwald et.al, 1999). Seria o papel da coesão ou exclusão social proporcionado por uma sociedade. Ou seja, a saúde pode não responder somente as circunstâncias materiais de vida, mas também a fatores psico-sociais referentes ao status social? Baixa auto-estima, condições extremas de stress e depressão são citados como canais abertos à doenças. Dessa forma, a distribuição eqüitativa de renda poderia influenciar de forma positiva nos níveis de saúde (Coburn, 2000).

### 1.3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA HANSENÍASE

A hanseníase não tem uma distribuição uniforme, existindo diferenças a nível continental, nacional e local (Hastings, 1985). Estas diferenças parecem ser importantes; pois, possivelmente, refletem os efeitos de variações ainda não esclarecidas, que estão influenciando a história natural da doença.

Apesar de medidas efetivas de controle terem sido implementadas, a epidemiologia da hanseníase permanece obscura, principalmente sobre algumas particularidades relacionadas a distribuição geográfica dos casos. Particularmente, em regiões endêmicas, os casos não são uniformemente distribuídos (Sterne et al., 1995).

Existem muitos “focos” hiperendêmicos em regiões endêmicas e pouco é conhecido sobre as razões pelas quais a hanseníase é hiperendêmica nessas áreas. De acordo com as últimas estatísticas de WHO, mais de 90% dos casos recentemente detectados se encontram em 16 dos 90 países endêmicos. Contudo, é importante notar que essa distribuição irregular da doença não é somente observada a nível nacional, mas, também, a nível municipal e que as flutuações ocorrem tanto para as taxas quanto para os tipos de manifestação da doença.

No mundo, os casos concentram-se nas áreas tropicais e equatoriais: 62% no Continente Asiático, 35% na África e 3% na América do Sul. No cômputo mundial, 25 países relacionam-se com a maior endemia, contribuindo com 92% dos casos, sendo que os 5 países mais endêmicos contribuem com 80% dos casos. Fato esse que vem a demonstrar o caráter peculiar da doença em se distribuir de forma irregular (tabela 1).

**Tabela 1: casos de hanseníase no mundo, 1995**

Regiões/OMS	Prevalência	Detecção	Cobertura por PQT (%)
África	113.650	47.900	80,60
Américas	195.891	39.498	65,85
Leste do Mediterrâneo	23.219	6.504	81,51
Europa	4.916	-	47,38
Sudeste Asiático	913.664	456.882	76,38
Pacífico Oeste	40.508	12.737	97,70
Total	1.291.848	563.521	76,17

Fonte: Organização Mundial de Saúde – OMS

Na região Nordeste, os casos são distribuídos de forma extremamente heterogênea, especialmente no Ceará, um dos mais pobres estados dessa região. Nota-se uma grande variação de taxas de prevalência entre os municípios que abrange de 0.1 casos por 10.000 habitantes até 25 casos por 10.000 habitantes. Dos 26 municípios considerados epidemiologicamente importantes, 21 são hiperendêmicos (80,8%), 3 têm endemicidade muito alta (11,5%) e 2 têm alta endemicidade (7,7%). Além disso, outro aspecto interessante sobre a distribuição da doença no Estado é que municípios com incidência muito alta, geralmente, são rodeados por clusters de municípios com incidência alta ou intermediária. Existem quatro possíveis clusters de alta endemicidade: (Secretaria de Saúde – PCEH, 1998; Tavares, 1997; Ceará, 1998).

- Cluster Norte: Alcantares
- Cluster Nordeste: Paramoti / Redenção
- Cluster Centro: Senador Pompeu
- Cluster Sul: Iguatu / Nova Olinda / Juazeiro do Norte / Brejo Santo

**Tabela 2 - Município epidemiologicamente importante, considerando-se a prevalência, detecção e relação entre prevalência-deteção por local de residência-Ceará 1998**

Ordem	Município	Prevalência		Detecção		Proporção Prev-deteção
		Nº	Taxa p/ 10.000	Nº	Taxa p/ 10.000	
1	Fortaleza	1175	5.7	1001	4.6	1.2
2	Juazeiro	376	19.2	338	17.2	1.1

3	Crato	120	12.3	152	15.7	0.76
4	Sobral	167	11.7	74	5.2	2.2
5	Iguatu	130	16.4	84	10.5	1.5
6	Maracanaú	54	3.4	13	0.8	4.1
7	Morada Nova	38	6.1	38	6.1	1
8	Quixadá	50	7.6	28	4.3	1.2
9	Senador Pompeu	45	18.3	22	8.9	2
10	Redenção	36	16.6	01	1.2	3.6
11	Brejo Santo	65	19.5	47	13.3	1.4
12	Quixeramobim	53	9.5	27	4.8	1.9
13	Nova Olinda	25	22.1	28	24.8	0.9
14	Barbalha	55	12.1	40	8.8	1.4
15	Coreaú	28	14.3	16	8.2	1.7
16	Caucaia	49	2.2	41	1.8	1.2
17	Paramoti	29	20.6	33	23.5	0.85
18	Caririaçu	21	8.6	24	10	0.8
19	Itapipoca	45	5.5	64	7.8	0.7
20	Jijoca	10	8.8	13	11.4	0.7
21	Camocim	17	3.3	11	2.1	1.5
22	Reriutaba	21	9.9	12	5.7	1.7

Obviamente, a transmissão pessoa-pessoa é a principal forma de transmissão da doença e a única unanimemente aceita até hoje. Particularmente, em áreas onde a população é exposta a ambientes com aglomerações, condições inadequadas de habitação, saneamento e falta de higiene, a transmissão direta do bacilo exerce fundamental importância na manutenção da endemia (Ponnighaus *et al.*, 1994; Mani, 1996). Além da transmissão direta, o papel de uma possível predisposição genética também vem sendo investigado. Entretanto, a transmissão por contato direto com doentes parece não explicar completamente o padrão de distribuição dos casos novos da doença. (Sterne *et al.*, 1995; Van Beers *et al.*, 1996; Warndorff, 2000). Vale ressaltar que em um estudo realizado na Indonésia,

Filipinas, Hawaii e outros países da África não foi constatado nenhum contato prévio com doentes em 30-60% dos casos novos da doença. (Arnold & Fasal, 1973 in Kazda 2000).

Observações de “clusters” têm levantado hipóteses de que a distribuição geográfica da hanseníase pode também ser determinada por fatores ambientais que facilitariam diretamente a transmissão da infecção, ou progressão da doença, ou a aquisição de imunidade. Alternativamente, padrões geográficos podem refletir fatores não ambientais tais como condição sócio-econômica, comportamento cultural, ou estado nutricional. Esses fatores podem variar entre populações diferentes, inclusive dentro de uma mesma população. Dessa forma, poderiam estar favorecendo a variação no padrão de distribuição geográfica da doença. Entretanto, a interpretação da distribuição geográfica da hanseníase é particularmente difícil, pois, muitos dos fatores ambientais e socioeconômicos potencialmente relevantes estão associados uns com os outros (Sterne et al., 1995).

Segundo a OMS, os seis países em pior situação endêmica são Brasil, Índia, Madagascar, Moçambique, Myanmar e Nepal. Esses países apresentam em comum além das altas taxas da doença, a condição de países subdesenvolvidos com níveis de saúde muito baixos. Conforme Maria Neira, Diretora do Serviço de Prevenção, Luta e Eliminação da Lepra, da OMS: “A hanseníase é uma doença da pobreza, tanto que nos países ricos há muito tempo ela não existe”. Dessa forma, podemos sugerir também a influência da situação sócio-econômica na distribuição da doença no espaço. Porém, como explicar focos da doença em regiões endêmicas? Evidentemente, em regiões muito pobres a pobreza absoluta é o principal determinante dos níveis de saúde. Entretanto, no caso de regiões emergentes como é o caso do Brasil, as desigualdades relativas passam a ter papel relevante, sem que a pobreza absoluta perca sua posição fundamental. Nesses casos, o crescimento da economia é marcado pela segregação onde convivem situações de afluência e miséria determinando a existência da pobreza absoluta e relativa.

A existência de focos da doença poderia ser justificada apenas pela capacidade dos serviços de saúde dos municípios em detectar os casos da hanseníase? Talvez, alguns municípios mais desenvolvidos possuam recursos humanos mais habilitados para o controle da doença e isso poderia atrair doentes

de regiões vizinhas para tratamento. Não devemos descartar a influência de fluxos migratórios e conseqüente aumento de suscetíveis de que determinados municípios são alvo.

Particularmente no Ceará, observa-se a existência de focos da doença, apesar de grande parte de seus municípios apresentarem semelhante situação de pobreza. Provavelmente, outros fatores relacionados a pobreza relativa entre os municípios e dentro dos municípios estejam provocando desordens psicossomáticas inibidoras do sistema imunológico de alguns indivíduos. A taxa de incidência de hanseníase pode estar relacionada a maior suscetibilidade dessa população ou quem sabe, sofra influência da qualidade do serviço de saúde prestado no município.

Evidências de que o *M. Leprae* consegue sobreviver por um determinado período fora do organismo humano têm sugerido a influência de fatores ambientais na transmissão da hanseníase (Kazda, 2000; Desikan, 1995; Hatta et al., 1995). Associações com água ou umidade são temas comuns na literatura (Sterne et al., 1995; Matsuoka et al., 1999). Também tem sido sugerida associação com ambientes aglomerados. Por outro lado, existem indicadores que a hanseníase é mais comum em áreas rurais que em centros urbanos (Van Beers et al., 1996; Fine, 1982 in Sterne et al., 1995). Alguns autores relatam a possibilidade de uma exposição prévia a 'mycobacterias ambientais' estar contribuindo com a variação geográfica na eficácia da vacinação BCG contra hanseníase e tuberculose (Sterne et al., 1995).

Atualmente, a idéia de que fatores ambientais ainda desconhecidos favoreceriam a manutenção da transmissão de *M. leprae* em áreas de alta endemicidade é bastante defendida. No presente estudo foi realizada análise espacial a fim de averiguar se as taxas da doença se distribuem aleatoriamente, se existe ou não clusters no Estado, ou seja, a localização geográfica dos municípios determina as taxas apresentadas pelos mesmos?

No intuito de investigar se a ocorrência de hanseníase pode estar relacionada a algumas variáveis ambientais e sócio-econômicas procedeu-se um estudo ecológico envolvendo os municípios cearenses. Apesar da preocupação de pesquisadores em elucidar os determinantes dessas diferenças geográficas, o conhecimento produzido até o momento não contribuiu suficientemente para a adoção de estratégias eficientes que minimizassem essa grave situação.

## 1.4 ESTUDOS ECOLÓGICOS E ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS EPIDEMIOLÓGICOS

A análise de dados epidemiológicos tem como um de seus objetivos a identificação de padrões espaciais e temporais relacionados à saúde (Liilenfield e Stolley, 1994, Rothman 1986, Last 1985). Dessa forma, a análise espacial dos dados epidemiológicos fornece subsídios importantes para a ampliação dos conhecimentos relacionados a esses eventos.

A preocupação com a distribuição geográfica das doenças existe desde épocas remotas da antiguidade através da utilização de mapas. Destaca-se, entre outros, o estudo de John Snow sobre as origens do cólera, que utilizou técnicas de mapeamento para relacionar os casos de cólera e pontos de coleta de água em Londres no ano de 1854.

Historicamente, estudos envolvendo o mapeamento de doenças têm contribuído de forma significativa para a formulação de importantes hipóteses sobre a etiologia de doenças. Porém, segundo CLIFF (1995), a simples utilização de mapas para a representação gráfica de doenças pode tornar obscura uma certa evidência, sugerindo concentrações falsas destes eventos e até mesmo dar origem a falsas “pistas”. Portanto, faz-se necessário a confirmação das hipóteses geradas através de estudos mais detalhados nos quais a exposição e o desfecho possam ser medidos nos mesmos indivíduos.

Para BARKER (1995): “mapear uma doença permite especulação sobre sua etiologia, mas raramente estas especulações sozinhas conduzem à descoberta das causas”. Portanto, o simples mapeamento de doenças difere da área multidisciplinar denominada análise espacial sendo esta mais complexa, envolvendo etapas que vão desde a visualização e análise exploratória dos dados até a construção de modelos explicativos e preditivos.

Com a evolução de métodos matemáticos e estatísticos e o acesso aos recursos computacionais, a análise espacial de dados epidemiológicos teve ampliados seus objetivos que passaram a incluir segundo ELLIOT *et al.*(1995): (1) a procura de evidência de concentração espacial de doenças, (2) a detecção de área(s) onde ocorre um “excesso” de doenças, (3) a descoberta de possíveis

fatores de risco que expliquem este excesso, (4) a construção de hipóteses e (5) o teste em diferentes conjuntos de dados e com diferentes metodologias.

Atualmente, a análise espacial pode se utilizar de um conjunto de métodos estatísticos componentes do campo denominado *Estatística espacial* que teve origem de áreas diversas como por exemplo, a geografia e a epidemiologia. Esses métodos de análise consideram a natureza estocástica dos processos, ampliando assim os objetivos da análise ecológica dos dados epidemiológicos (Carvalho, 1997).

As técnicas de análise espacial podem ser sistematizadas, a partir do objeto e do tipo de dado disponível em (Bailey & Gatrell, 1995):

- distribuição de pontos (*point pattern*) – quando o objeto de análise é a posição relativa de objetos ou eventos precisamente localizados, sejam estes casos de doenças ou espécies vegetais em estudos de ecologia ambiental;

- geoestatística – conjunto de técnicas aplicadas que prespõem a continuidade espacial do objeto, utilizadas na estimativa e interpolação, por exemplo, de fatores ambientais cuja distribuição é contínua;

- dados de área – quando a ocorrência do fenômeno em estudo é mensurada a partir de dados agregados por área, como é o caso de taxas de morbimortalidade por município;

- deslocamento – quando o objeto de estudo é o acesso e o fluxo entre regiões, inclusive otimizando trajetórias e estudando a localização de equipamentos urbanos.

Internacionalmente os métodos de análise espacial têm sido empregados na área da saúde nas seguintes situações:

- quando o evento em estudo é gerado por fatores ambientais de difícil detecção a nível de indivíduo;

- na delimitação de áreas homogêneas segundo intervenção pretendida;

- quando o evento em estudo e os fatores relacionados têm distribuição espacialmente condicionada;

- no estudo de trajetórias entre localidades.

Um desdobramento interessante do emprego de métodos de análise espacial é sua incorporação aos estudos ecológicos. Recentes publicações vêm resgatando o papel deste tipo clássico de investigação em epidemiologia, onde a ênfase está nas doenças da população e não do indivíduo.

Os estudos ecológicos abordam áreas geográficas e estudam aglomerados, analisando comparativamente variáveis globais, quase sempre por meio de correlação de indicadores de condições de vida e situação de saúde (Rouquayrol, 1999). Portanto, a fim de compreender como um contexto afeta a saúde de grupos populacionais, torna-se necessário medir efeitos em nível de grupo. Como afirma Susser (1994), sem medir esses contextos, não se pode explicar os padrões de mortalidade ou morbidade, a propagação de epidemias, a transmissão sexual de doenças nem a transferência de comportamentos ou valores.

Contudo, a interpretação de estudos geográficos requer cuidados especiais que merecem ser comentados. Dentro de uma área geográfica ou uma população há níveis diversos de exposição dos indivíduos, portanto, as associações investigadas em estudos ecológicos se aplicam a grupos, e aferi-las no nível individual pode ocasionar o que chamamos de falácia ecológica. Fato semelhante ocorreu no estudo de Durkheim (1951) na Prússia, onde predominam seguidores do protestantismo. Falsas pistas sugeriram uma correlação positiva entre as altas taxas de suicídio da região com a proporção de protestantes.

Além desse clássico erro, a qualidade no diagnóstico e na classificação de doenças, bem como a subnotificação de casos contribuem para conclusões enviesadas, devendo ser evitados na medida do possível. Portanto, faz-se necessário conhecer a fonte de dados no intuito de avaliar a viabilidade e a qualidade dos dados em questão. Outros possíveis confundidores de variações geográficas são os fatores genéticos, os padrões de migração, fatores sócio-econômicos, etc...

À medida que o progresso científico tem proporcionado ferramentas valiosas para o desenvolvimento e aplicação dos métodos de análise espacial, cresce o número de trabalhos no Brasil que incorporam esses métodos sendo a investigação da hanseníase grandemente beneficiada.

## 10 CONCLUSÕES

As taxas de incidência da hanseníase no Ceará estão associadas com o grau de desigualdade apresentado pelos municípios. Quanto maior a desigualdade no município, maiores as taxas de hanseníase.

A educação também apresentou associação com as taxas de hanseníase. O baixo nível educacional aumenta a incidência da doença. Por outro lado, se uma pequena parte da população eleva seu nível de escolaridade, crescem as taxas. Populações com melhor nível educacional apresentam melhores condições de detecção da doença.

O processo de urbanização descontrolado foi considerado associado as taxas da doença. Quanto maior a urbanização no município, maior o número de suscetíveis à hanseníase.

A ferrovia foi considerada uma via importante de disseminação da hanseníase no século passado. A presença de ferrovia no município implicou em altas taxas de hanseníase nesses locais.

A hanseníase apresenta dependência espacial, ou seja, suas taxas não se distribuem aleatoriamente no espaço geográfico.

O Estado do Ceará apresenta aglomerados de municípios com altas taxas de hanseníase. Esses clusters se localizam no Norte, Sul e Centro do Estado.

A análise espacial constitui ferramenta importante no estudo, prevenção e controle de doenças como a hanseníase. Sua aplicação abrange a identificação de padrões na distribuição das doenças, sugestão de fatores causais ou fontes de exposição, caracterização de áreas de risco à saúde e construção de modelos de predição.

## 2 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa se justifica pela situação em que ainda se mantém a hanseníase no Brasil, e em particular no estado do Ceará, apresentando taxas de prevalência e detecção distantes do que se estabeleceu como meta pela Organização Mundial de Saúde (OMS). A importância do estudo também está relacionada a capacidade que a doença possui em acarretar incapacidades físicas, resultando no afastamento do indivíduo de sua atividade profissional com prejuízos de ordem econômica. Acresce-se o caráter estigmatizante da doença que ocasiona transtornos psicológicos para o portador e sua família.

Muitas questões relacionadas a epidemiologia da doença precisam ser esclarecidas. Entre elas, ressalta-se a distribuição geográfica irregular dos casos novos. Apesar de sua irregular distribuição geográfica ser bastante conhecida, ainda é insuficiente o número de estudos que investiguem suas causas. A averiguação da distribuição geográfica e seus determinantes, é de fundamental importância na orientação de planejamentos de controle da doença mais eficazes, servindo também como informação relevante na alocação de recursos para áreas de maior risco.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

“Analisar a ocorrência de casos de hanseníase, no Estado do Ceará, no período de 1991 a 1999, segundo a distribuição das taxas entre os municípios, investigando seus determinantes ecológicos e a existência de focos da doença”.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Esclarecer o papel de alguns fatores sócio-econômicos, demográficos e ambientais na distribuição geográfica da hanseníase no estado do Ceará;
- Descrever a distribuição espacial da hanseníase segundo municípios;
- Detectar padrões de distribuição espacial dos dados de hanseníase nos municípios do Ceará.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 REGIÃO DE ESTUDO

Estudo do tipo ecológico sobre os possíveis fatores determinantes da distribuição da hanseníase no Estado do Ceará, localizado na região do Nordeste brasileiro. O último censo demográfico nacional, realizado em 1991, registrou a população total do Estado em 6.366.647 habitantes. Em 1996, procedeu-se uma contagem intercensitária que totalizou o contingente populacional do Estado em 6.809.794 habitantes. A densidade demográfica foi calculada em 43,5 habitantes por km<sup>2</sup> com taxa de crescimento anual de 1,3. O Estado está dividido em 184 municípios, dos quais, 6 foram recém criados e, portanto não farão parte do estudo. O Ceará é freqüentemente atingido pelas secas, predominando o clima semi-árido.

### 4.2 ÁREA E LIMITES

O Estado do Ceará possui área de 148.016 km<sup>2</sup>, e limita-se ao Norte com o Oceano Atlântico, e ao Sul com o Estado de Pernambuco. A Oeste, com o Piauí e a Leste com os Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba.

### 4.3 FONTE E COLETA DOS DADOS

#### 4.3.1 Dados de Morbidade

Foi coletada a incidência de hanseníase de 1991 a 1999 para os 184 municípios do Ceará. Esses dados são provenientes de relatórios (1991 a 1994) e do Sistema de Notificação de Agravos SINAM/MS em meio magnético (1995 a 1999), obtidos junto à Secretaria de Saúde do Estado do Ceará. A hanseníase faz parte do grupo das doenças de notificação compulsória no Brasil. O tratamento é feito mediante acompanhamento ambulatorial onde os pacientes recebem a medicação durante o período de 6 até 18 meses. Portanto, os dados coletados parecem ser confiáveis. Apesar disso, as campanhas implementadas em 1995 podem ter influenciado na maior detecção de casos da doença após essa data. Dessa forma, também é provável que alguns municípios possuam subnotificação

para o período que antecedeu as campanhas. Procedeu-se o cálculo de uma média para o período de 1991 a 1999 da seguinte forma: Para cada ano do calendário (1991 a 1999) e para cada município cearense, o número de casos novos de hanseníase e estimativa da população central do ano (1º de julho) foram obtidos. Para cada município calculou-se a taxa de incidência anual média nestes anos, somando-se o número total de casos de hanseníase e dividindo-se pela soma das populações centrais de cada ano.

Somente 165 municípios foram incluídos no estudo. Nós decidimos não considerar 13 municípios nos quais não foi registrado nenhum caso de hanseníase no período de 1991 a 1999. Acreditamos que esses municípios podem não representar bem a realidade.

#### 4.3.2 Dados do censo demográfico

Foram coletados dados do censo demográfico de 1991 e contagem populacional de 1996 fornecidos pela FIBGE, em meio magnético. São dados relacionados a condição sócio-econômica, demográfica e educacional, bem como indicadores de saúde referentes a população de cada município, que seguem abaixo:

- Sócio-econômica: percentagem de chefes de família com renda mensal até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo em 1991.
- Educacional: média de anos de estudo entre a população com 25 anos de idade ou mais; percentagem de crianças de 7 a 14 anos de idade fora da escola em 1991.
- Saneamento: percentagem de domicílios com suprimento de água adequado em 1991.
- Demográficos: Taxa de crescimento populacional do município entre 1991 a 1996; percentagem de domicílios com densidade superior a duas pessoas por dormitório em 1991.
- Indicadores de saúde: Número de médicos por 1.000 habitantes em 91; Número de unidades de saúde por 1.000 habitantes em 91.

#### 4.3.3 Dados ambientais

Dados referentes à pluviosidade mensal dos municípios para o período de 1991 a 1999 coletados na FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) em meio magnético. Foi calculada a média anual de 1991 a 1999, e, em seguida, dividiu-se pelo total de anos. Também foi investigada a existência de ferrovia no município através de mapa digitalizado do Ceará proveniente do IPLANCE (Instituto de Planejamento do Ceará). Essa variável foi eleita por ter sido bastante usada no século passado como principal via para transporte de pessoas e mercadorias. Essa variável entrou no estudo de forma dicotômica, classificando de 0 o município sem ferrovia e, de 1, os municípios onde foi observada presença da via férrea. Ainda foram investigados a presença de rios e rodovias nos municípios que seguiram os mesmos critérios citados acima.

#### **4.3.4 Dados do Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil**

Foram coletados indicadores relacionados à qualidade de vida da população, dos quais pode-se citar o grau de desigualdade no município. São as seguintes:

- Sócio-econômica: Grau de Desigualdade - definida como o grau de desigualdade entre a distribuição de renda medida pelo Theil's index – que pode variar de 0 a 1 – quanto mais próximo de 1, maior o grau de desigualdade no município.
- Indicador de saúde: Taxa de mortalidade infantil em 1991.

#### **4.4 PROCESSAMENTO E CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS**

O estudo ecológico foi realizado através do software Stata e a análise espacial foi feita mediante uso do ArcView versão 3.1, S-Plus for ArcView, S-Plus versão 2000 e módulo S+SpatialStats (Mathsoft, Seattle, WA).

#### **4.5 ANÁLISE DOS DADOS (ESTUDO ECOLÓGICO)**

A análise dos dados foi conduzida usando o coeficiente de correlação de Pearson e regressão linear simples e múltipla. Para selecionar as variáveis incluídas no modelo final foi utilizado o critério de nível de significância a 5% e para a permanência, 20%. No sentido de averiguar a significância estatística da covariância, aplicou-se o teste Wald. Os pressupostos da regressão foram confirmados através do diagnóstico dos resíduos.

## 5 RESULTADOS DO ESTUDO ECOLÓGICO

A incidência média entre os municípios para o período (1991-1999) variou de 0.063 a 14.68 por 10.000 (13 municípios não registraram nenhum caso de hanseníase nesse período).

Algumas das variáveis independentes mostraram uma extensa variação de seus valores entre os municípios (tabela 3). Cerca de 10% dos municípios tinham um grau de desigualdade maior que 0.70 (quanto mais próximo de 1 indica maior grau de desigualdade). Adicionalmente, 50% dos municípios apresentaram 40% ou mais de seus chefes de família com renda mensal até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo. A média de anos de estudo entre a população com 25 anos de idade ou mais foi de 1,9. Além disso, nenhum município apresentou mais que 10% de seus habitantes com nível de escolaridade superior a 11 anos de estudo e  $\frac{3}{4}$  dos municípios tinham mais que  $\frac{1}{3}$  das crianças com idade entre 7 e 14 anos sem freqüentar a escola. Em  $\frac{1}{4}$  dos municípios não há abastecimento de água adequado para mais de 60% das residências. A taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996 foi negativa para  $\frac{1}{4}$  dos municípios, isso quer dizer que o número de habitantes dessas localidades diminuiu nesse período. Somente 10% dos municípios apresentou pelo menos um médico por 1.000 habitantes.

**Tabela 3 – Características sócio-econômicas, indicadores de saúde, e outras variáveis relacionadas no estudo entre os municípios do Ceará, Nordeste Brasil, 1991-1999.**

	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
<b>Variável dependente</b>				
Taxa de incid. média de hanseníase	1.57	5.41	0.063	14.68
<b>Variáveis socioeconômicas</b>				
Grau de desigualdade	0.50	0.14	0.22	0.97
% de chefes de família c/ renda mensal até $\frac{1}{2}$ salário mínimo	39.45	12.21	9.40	72.20
	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>

<b>Varáveis educacionais</b>				
% de pessoas c/ idade $\geq$ a 25 anos c/ mais de 11 anos de estudo	1.91	0.67	0.60	6.10
% de crianças de 7 a 14 anos que não vão à escola	39.92	10.56	17.2	71.1
<b>Variáveis de saneamento</b>				
% de Domicílios c/ suprimento de água adequado	41.92	22.26	0.60	93.80
<b>Variáveis demográficas</b>				
% de Domicílios com densidade > 2 pessoas por dormitório	44.55	8.02	23.90	66.80
Taxa de cres. pop. de 1991 a 1996	4.05	10.67	-27.36	93.89
<b>Indicadores de saúde</b>				
Taxa de mortalidade infantil	96.04	22.43	48.77	174.40
Nº de médicos por 1000 habitantes	0.54	0.51	0.00	3.10
Nº de unidades de saúde por 1.000 habitantes	0.42	0.18	0.07	0.95
<b>Pluviosidade</b>				
Precipitação média de 91 a 99 (mm)	911.28	52.91	448.54	1658.95

Algumas variáveis tais como grau de desigualdade, taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996 e média de anos de estudo na população com 25 anos ou mais apresentaram-se correlacionadas com a taxa de incidência de hanseníase (tabela 2). Uma correlação positiva também foi observada entre a percentagem de chefes de família com renda mensal até meio salário mínimo, o grau de desigualdade, e a percentagem de crianças de 7 a 14 anos fora da escola. Por outro lado, uma correlação negativa foi evidenciada entre a percentagem de chefes de família com renda mensal até meio salário mínimo, a média de anos de estudo na população com idade igual ou superior a 25 anos, a taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996, o número de médicos por 1.000 habitantes e a pluviosidade média.

**Tabela 4 – Coeficiente de correlação de Pearson entre variáveis relacionadas no estudo dos municípios do Ceará, Nordeste Brasil, 1991-1999.**

Variáveis	Tx. de incid. de hanse-níase	Grau de desigualdade	% da pop. c/ idade > 25 c/ mais de 11 anos de estudo	Tx. de cresc. pop. De 1991 a 1996	% crianças de 7 a 14 anos que ão vão à escola	% de Domicílios c/ suprimento de água adequado	Taxa de mortalidade infantil	Unidades de saúde por 1000 habitantes	Médicos por 1000 habitantes	% domicílios c/ densidade > 2 pessoas p/ dormitório	Pluviosidade média de 91 a 99 (mm)	% chefes de família c/ renda mensal $\leq \frac{1}{2}$ salário mín.
Tx. de incid. de hanse-níase	1.00											
Grau de desigualdade	0.24*	1.00										
% da pop. c/ idade $\geq$ 25 anos c/ mais de 11 anos de estudo	0.32**	0.26**	1.00									
Tx. de cresc. pop. De 1991 a 1996	0.16*	-0.12	0.10	1.00								
% de crianças de 7 a 14 anos que não vão à escola	0.09	-0.17*	-0.63	-0.014	1.00							
% de domicílios c/ suprimento de água adequado	0.13	0.24*	0.35	-0.09	-0.21*	1.00						
Tx. de mortalidade infantil	0.09	0.03	-0.10	0.13	0.02	-0.15*	1.00					
Unidades de saúde por 1000 habitantes	0.13	0.14	0.23*	0.20*	-0.28**	0.00	0.10	1.00				
Médicos por 1000 habitantes	0.32**	0.33**	0.63**	0.19*	-0.40**	0.21*	0.04	0.39**	1.00			
Variáveis	Tx. de incid. de hanse-níase	Grau de desigualdade	% da pop. c/ idade > 25 c/ mais de 11 anos	Tx. de cresc. pop. De 1991 a 1996	% crianças de 7 a 14 anos que ão vão à	% de Domicílios c/ suprimento de água	Taxa de mortalidade infantil	Unidades de saúde por 1000 habitantes	Médicos por 1000 habitantes	% domicílios c/ densidade > 2 pessoas	Pluviosidade média de 91 a 99 (mm)	% chefes de família c/ renda

			de estudo		escola	adequa- do				p/ dormitó- rio		mensal ≤ ½ salário mín.
% de domicílios c/ densidade > 2 pessoas por dormitório	0.01	-0.54**	-0.14	0.04	0.15	-0.26**	0.35**	-0.12	-0.04	1.00		
Pluviosidade média de 91 a 99 (mm)	0.12	0.01	0.32**	0.12	-0.11	-0.12	0.04	0.15	0.26**	0.20*	1.00	
% de chefes de família c/ renda mensal ≤ ½ salário mínimo	-0.14	0.29**	-0.51**	-0.20*	0.26**	-0.01	-0.07	0.03	-0.29**	-0.24*	-0.31**	

\* significante a 5%

\*\* significante a 1%

O grau de desigualdade ( $\beta=1.67$ ,  $P=0.011$ ), a média de anos de estudo na população com idade igual ou superior a 25 anos ( $\beta=1.35$ ,  $P=0.000$ ), a taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996 ( $\beta=0.02$ ,  $P=0.007$ ), a percentagem de crianças de 7 a 14 anos sem freqüentar a escola ( $\beta=0.02$ ,  $P=0.028$ ), e a presença de ferrovia no município ( $\beta=0.45$ ,  $P=0.038$ ) foram considerados associados às taxas de hanseníase no Ceará.

**Tabela 5 – Modelo de regressão linear para os fatores associados a incidências de hanseníase entre os 165 municípios.**

Variável	Coefficiente $\beta$	P-valor	Intervalo de confiança 95%
Grau de desigualdade (Theil's L index)	1.67	0.011	0.389-2.944
Média de anos de estudo na pop. c/ idade $\geq 25$ anos	1.35	0.000	0.620-2.081
Taxa de crescimento pop. de 1991 a 1996	0.02 (??)	0.007	0.006-0.038
% de crianças de 7 a 14 anos sem ir à escola	0.02(??)	0.028	0.003-0.045
Presença de ferrovia	0.45	0.038	0.025-0.871
Constante (??)	-3.10	0.000	-4.413 - 1.788

?? $R^2=0.20$ ;  $F=8.03$ ;  $p\text{-valor}=0.0000$  (??)

O mapa temático que segue mostra os municípios que possuem ferrovias e nos fornecem subsídios para observar a similaridade entre o mesmo e o mapa das taxas

de hanseníase no Estado. Nota-se a coincidência de ferrovias em municípios com taxas elevadas da doença.

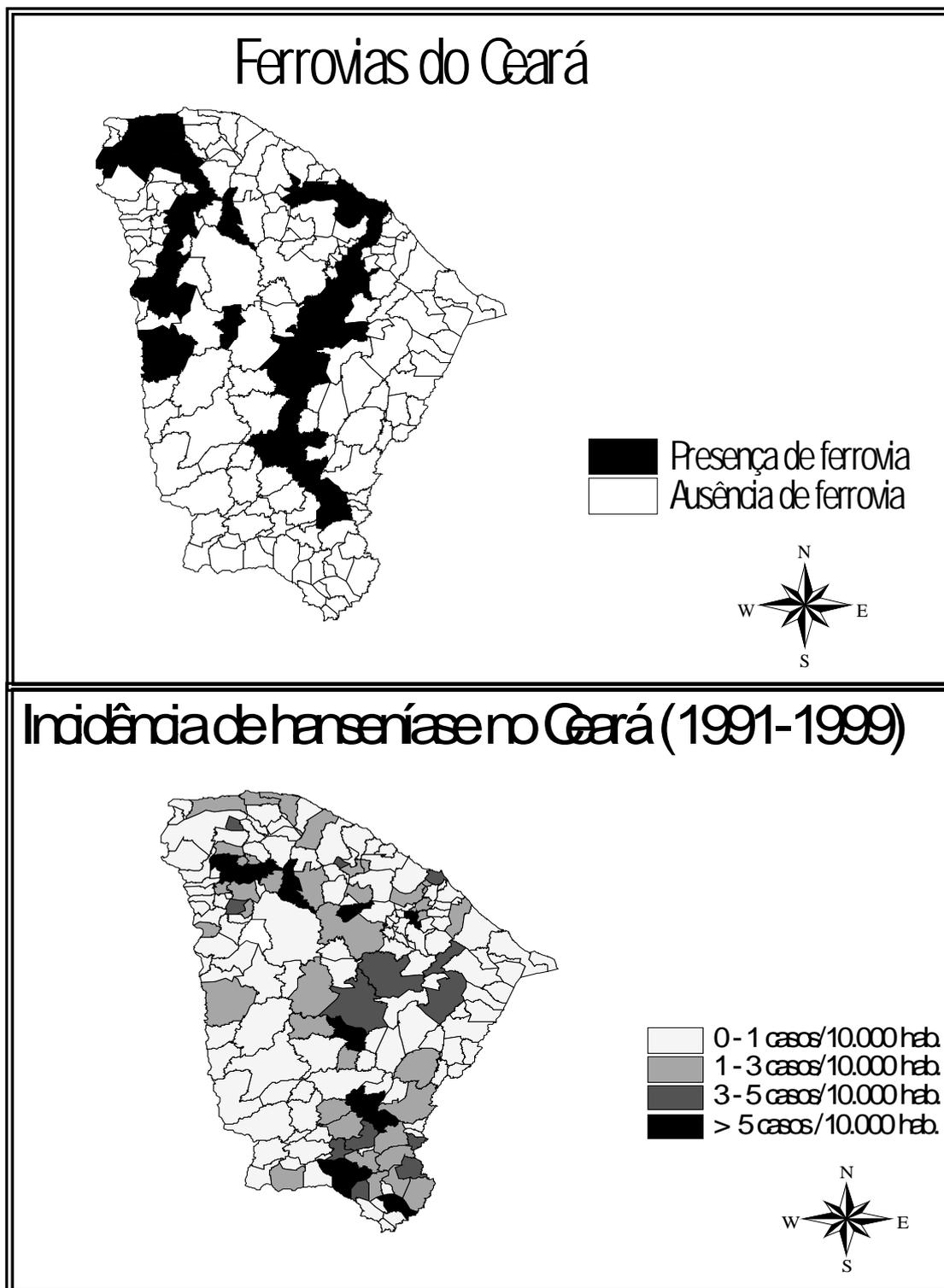


FIGURA 1 - Mapa comparativo entre incidência de hanseníase hanseníase e presença de ferrovia no Ceará

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO ECOLÓGICO

Nesse estudo ecológico envolvendo 165 municípios do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, foi constatado que o grau de desigualdade e média de anos de estudo da população com idade igual ou superior a 25 anos são os principais fatores correlacionados com a taxa de incidência de hanseníase. Além desses, a presença de ferrovia no município, a taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996 e a porcentagem de crianças de 7 a 14 anos fora da escola também se mostraram associadas à doença.

Estudos desenvolvidos no nível individual apontam uma associação entre hanseníase e condições absolutas de vida tais como renda e educação. Contudo, em estudos ecológicos o relacionamento entre esses fatores e nível de saúde da população, curiosamente, não aponta uma associação direta. Ora, a qualidade de vida não abrange somente as necessidades básicas do indivíduo, mas também o acesso à cultura, ao lazer e aos bens ético-políticos que repercutem sobre o bem-estar social. Dessa forma, particularmente, em regiões emergentes, submetidas ao processo de desenvolvimento econômico e crescente urbanização, as diferenças relativas nas condições de vida poderiam exercer papel tão ou mais importante que as condições absolutas de vida? Nessas regiões, o crescimento da economia é marcado pela segregação, onde convivem situações polares de afluência e miséria e, portanto, parece ser importante a análise das duas formas de pobreza.

Mais recentemente, tem sido discutido o relacionamento entre o grau de desigualdade e nível de saúde entre países desenvolvidos. Coburn (2000) tem afirmado que países com extrema desigualdade na distribuição de renda tendem a apresentar piores níveis de saúde. Adicionalmente, tem sido apontado que é a renda relativa e não a renda absoluta que afeta mais a qualidade de saúde de um povo (Wilkinson, 1998). Acredita-se que outros fatores relacionados com a posição social do indivíduo influenciam de forma significativa na psique e na saúde do mesmo (Wilkinson, 1997). Conforme Jung:

“Um funcionamento inadequado da psique pode causar prejuízos ao corpo, da mesma forma, que inversamente, um sofrimento corporal pode afetar a psique, pois a psique e o corpo não estão separados, mas são animados por uma mesma vida”.

Portanto, é possível que pobreza e desigualdade possam afetar duplamente à saúde dos indivíduos que se encontram em situação socioeconômica inferior? Status social inferior conduz a piores condições de moradia, alimentação

inadequada, falta de higiene, que por sua vez, ampliam as possibilidades de desenvolver doenças, inclusive hanseníase. Por outro lado, a desigualdade social poderia provocar menor auto-estima, depressão, maior nível de stress, e menor coesão social, podendo também interferir de forma negativa no nível de saúde dos indivíduos?

Os efeitos da desigualdade social nos níveis de saúde parecem ser explicados também sob o ponto de vista psicossomático. Segundo Wilkinson, a percepção da posição ocupada dentro da hierarquia de classes é “interiorizada”, e juntamente ao stress, passam a afetar o funcionamento do organismo que “exterioriza” com sintomas físicos, através da via psico-neuro-endócrina. As emoções negativas e o stress causam uma deficiência no sistema imunológico fundamental para a manutenção da saúde.

No sistema límbico ocorrem interações entre os sistemas nervoso, endócrino e imunológico, fazendo interagir as percepções córticocerebrais com o hipotálamo. Particularmente, o hipotálamo é considerado o sítio cerebral responsável pela constelação de respostas orgânicas aos agentes stressores (Ballone, 2001). A seguir, estão mencionadas algumas substâncias que atuam na resposta orgânica ao stress:

<b>SUBSTÂNCIAS</b>	<b>PRODUÇÃO</b>	<b>ATUAÇÃO NO SIST. IMUNOL.</b>
Dopamina, norepinefrina, fator liberador de corticotrofina	Hipotálamo, contíguo com a hipófise	Aumenta o corticóide, inibindo a resposta inflamatória através das células T.
ACTH, vasopressina, prolactina, hormônio somatotrófico, hormônio estimulador da tireóide	Hipófise e linfócitos	Atuam através de receptores específicos nas células linfóides.
Linfocinas e monocinas	Células linfóides e macrófagos	Ampliam a inflamação produzida pela resposta imunológica (Interleucina 1)
Prostaglandinas, leucotrienos, tromboxanes, etc...	Várias células, linfóides ou não	Estimula ou inibe os linfócitos T e macrófagos na reação ao stress
Neuropeptídeos	Terminações nervosas em diversos órgãos: hipotálamo, céls. Linfóides...	Regulação, transmissão e execução das ações do sist. Nervoso.

**FIGURA 2 - Substâncias que atuam na resposta ao stress**

Ressalta-se ainda o papel do sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático) sobre o sistema imunológico (Ballone, 2001).

Segundo Hastings, (1985), apesar da hanseníase ser uma doença infecciosa crônica, ela pode ser considerada uma enfermidade imunológica. A resposta imunológica individual é essencial para a defesa orgânica contra esta doença. Muitos dos sintomas e complicações da hanseníase são provenientes de reações imunológicas contra substâncias antigênicas liberadas pelo bacilo. A resposta imunológica celular através dos macrófagos é considerada a principal responsável pela inibição do crescimento bacteriológico e conseqüente resistência contra a infecção. A capacidade de reação imunológica contra a hanseníase influencia o curso da doença após a infecção e o tipo de manifestação clínica a ser desenvolvida. Diversos fatores estão envolvidos com a capacidade de resistência ao bacilo. Destacam-se os fatores genéticos, estado nutricional, padrões de higiene e exposição prévia à mycobacteria ambiental. A associação encontrada entre as taxas de hanseníase e o grau de desigualdade social no município poderia então ser justificada por esses mecanismos acima discutidos? Faz-se necessário um maior debate nessa área no sentido de se comprovarem essas hipóteses que vêm sendo recentemente defendidas.

Nessa discussão, há que se destacar o papel da atual conjuntura econômica mundial que repercute intensamente na qualidade de vida das populações. O neoliberalismo em alguns países pode produzir maior desigualdade de distribuição da renda, menor coesão social e, conseqüentemente, níveis mais baixos de saúde (Coburn, 2000). O crescimento da integração de mercado mundial tem produzido mais riqueza e um maior volume de transações comerciais. Entretanto, o impacto desse recente processo de internacionalização do capital e a ausência do Estado na promoção do bem estar social poderia estar ocasionado paradoxalmente, pobreza e exclusão?

Alguns dados podem representar bem a presente situação de desigualdade social e econômica no Brasil e na região Nordeste. Essa região apresenta 28.5% do total da população brasileira, mas, contribui com somente 13.2% de toda o produto interno bruto (Brasil, 2001). Enquanto a região Sul apresentava taxa de mortalidade infantil igual a 20.7 mortes por 1.000 nascidos vivos, o Nordeste possuía o dobro dessa taxa em 1999 (53 mortes por 1000 nascidos vivos). A percentagem de analfabetismo em pessoas com idade igual ou superior a 15 anos no Sul foi 7.8% e no Nordeste foi quase quatro vezes maior (26.6%). O Nordeste brasileiro tem a maior proporção de população vivendo em situação de pobreza (54.1%) e o Estado

do Ceará ocupa o terceiro lugar no ranking regional (Brasil, 2001). Esses indicadores refletem a situação de extrema miséria em que se encontra uma grande parcela da população nordestina. Essa desigualdade não se observa apenas em relação às regiões e aos estados, mas também ocorre entre municípios e dentro destes.

A incidência de hanseníase pode ser influenciada tanto pelas condições de vida quanto pela escala de diferenças sócio-econômicas existentes dentro de uma sociedade? Dessa forma, poderia ser sugerido que além dos indicadores absolutos de pobreza (renda per capita, renda familiar, etc), os quais medem a capacidade de aquisição de produtos e serviços, existem outros fatores relacionados à complexidade da estrutura social que agem como possíveis determinantes dessa doença.

Os achados desse estudo indicam que uma maior média de anos de estudo entre a população com idade igual ou superior a 25 anos de idade leva a uma maior taxa de incidência de hanseníase. Com esse resultado, imaginamos que a associação apresenta um paradoxo, tendo em vista que níveis melhores de escolaridade, normalmente, proporcionam melhor qualidade de vida. Entretanto, a análise dos dados revelou que a maioria dos municípios possuía um percentual muito pequeno de pessoas com mais de 11 anos de estudo. A maior percentagem de população com idade igual ou superior a 25 anos apresentando mais de 11 anos de estudo foi 9.9%. Somente uma pequena parcela da população consegue atingir o nível do segundo grau e outra muito menor, o nível superior. Aproximadamente 75% dos municípios têm somente 1.2% da população com mais de 11 anos de estudo. Podemos pensar na idéia de que municípios que apresentam uma maior média de anos de estudo na população com idade superior ou igual a 25 anos tendem a possuir melhores condições de detecção da doença do que aqueles municípios em situação inferior. Ou seja, será que as taxas da hanseníase são realmente mais altas em municípios com maior média de anos de estudo ou será que essa relação expressa somente a capacidade de registro dos casos pelos municípios?

A percentagem de crianças com idade entre 7 a 14 anos de idade que não freqüentam a escola, apresentou-se associada positivamente com a taxa de incidência de hanseníase. Esse dado reforça a idéia que a referida variável expressa melhor a pobreza do município e conseqüentemente, também a relação da educação com a hanseníase.

Outra variável independente, a taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996, foi também considerada associada à taxa de incidência de hanseníase. O clima seco no interior do Estado e a falta de políticas governamentais de incentivo à agricultura em áreas rurais têm produzido um intenso êxodo rural. O fluxo de pessoas oriundas de cidades pequenas do interior, para a capital e outras cidades, tem provocado um processo de urbanização descontrolado. Será que o processo de migração não aumentaria o número de suscetíveis nas regiões de maior taxa de crescimento populacional? A população oriunda do interior do Estado, em geral, apresenta baixo nível de escolaridade e pouca qualificação profissional ficando exposta a condições precárias de trabalho e moradia. É bem possível que as altas taxas sejam justificadas pelo aumento de suscetíveis à contaminação pelo bacilo de Hansen.

A presença de ferrovia no município foi também considerada associada a taxa de incidência de hanseníase. Por ser a hanseníase uma enfermidade secular, as rotas de ocupação do Estado do Ceará podem ter interferido na distribuição da hanseníase pelos municípios. Essa ocupação do Estado esteve intimamente ligada aos fatores climáticos e econômicos. Com relação ao clima, observa-se a prioridade de ocupação de áreas férteis produtoras de café e algodão, bem como aquelas regiões propícias a atividade pecuária. Crato, Juazeiro do Norte, Quixadá, Quixeramobim, Baturité e outras são citadas pelos livros de História do Ceará como terras há muito produtivas. A partir de 1870 quando o Ceará se inseriu no contexto mundial de exportação foi iniciada a construção de ferrovias no Estado. Dessa forma, as estradas de ferro deveriam ligar a Capital ao Interior passando pelas áreas produtivas e ligar Fortaleza ao resto do País melhorando o fluxo de produtos antes só realizado por mulas. Além disso, relatos da época fazem referência à importância das ferrovias durante as secas que assolaram o Estado. Nos períodos de estiagem as ferrovias serviam como meio de socorro aos flagelados através do transporte de gêneros de primeira necessidade bem como pelo fornecimento de trabalho nas frentes de construção das estradas de ferro. Criava-se o maior número possível de “colocações” aos indigentes vítimas da seca que se amontoavam em abrigos submetendo-se a condições de total promiscuidade e completa falta de higiene. Em meio à toda essa situação de calamidade, inúmeras epidemias se manifestaram provocando mortes. Segundo Relatório da Rede de Viação Cearense de 1916: 55-6, particularmente durante a terrível seca de 1915, os operários e suas famílias foram

acometidos por moléstias contagiosas tais como o tifo, a varíola e o carbúnculo devido ao abatimento físico da população e péssimo estado sanitário dos abrigos (Ferreira, 1989). Embora a utilização da maioria das ferrovias do Estado tenha sido preterida em função do uso das rodovias, no século passado elas serviram de importante via por onde transitaram pessoas e mercadorias mantendo um fluxo entre os municípios do Ceará, bem como, estabelecendo contato com estados vizinhos como Paraíba e Pernambuco. Sendo a hanseníase uma doença secular que possui período de incubação bastante longo, essas ferrovias podem ter influenciado as taxas atuais tendo exercido papel de disseminadoras da doença.

Tendo em vista que a saúde é determinada por diferentes contextos, sociais, econômicos, culturais e políticos que proporcionam maior ou menor qualidade de vida à população, os problemas a ela relacionados não podem ser analisados separadamente. Faz-se necessário uma análise das características pertencentes à sociedade em que os eventos de saúde estão inseridos para que medidas eficazes possam ser tomadas.

Esse estudo ecológico teve o papel de gerar hipóteses, não cabendo fazer inferências causais que possam nos levar à falácia ecológica. A escassez de referência bibliográfica relacionada a fatores causais da hanseníase dificulta investigações desse gênero. Além disso, os fatores causais da hanseníase parecem ser múltiplos, interligados e quem sabe alguns desses sejam ainda hoje desconhecidos pela área científica. Os resultados encontrados explicam apenas 20% dos casos de hanseníase, pois a transmissão pessoa-pessoa continua possuindo importância predominante. Portanto, os resultados contidos nesse artigo necessitam ser testados em pesquisas futuras onde a exposição e o desfecho possam ser avaliados no mesmo indivíduo. No entanto, o conhecimento dos fatores correlacionados à hanseníase e o papel desses na distribuição dos casos pode contribuir com as medidas de controle da hanseníase.

## 7 ANÁLISE ESPACIAL

Análise espacial é o estudo quantitativo de fenômenos que são localizados no espaço. A análise de dados espaciais envolve uma série de etapas. A primeira delas é a visualização espacial do fenômeno em gráficos e mapa, objetivando descrever os dados de forma a contribuir para o desenvolvimento de hipóteses e modelos.

### 7.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

As técnicas de análise exploratória aplicadas a dados espaciais são essenciais ao desenvolvimento das etapas da modelagem estatística espacial, em geral muito sensíveis ao tipo de distribuição, à presença de valores extremos e à ausência de estacionariedade.

Nesta etapa são utilizados *boxplots*, histogramas e o sumário das medidas de tendência central e dispersão a fim de investigar o tipo de distribuição das variáveis. Quando a distribuição é muito afastada da normalidade, é comum a transformação das variáveis após comparação das transformações possíveis, utilizando-se a função que melhor estabilizar as suas variâncias.

Nesta etapa são utilizados principalmente recursos gráficos, disponíveis no pacote estatístico S-Plus.

Ainda nesta etapa, investiga-se a existência de valores atípicos (*outliers*) através da visualização das relações entre as variáveis dependentes e as independentes, através de gráficos do tipo XY (*scatterplot*).

### 7.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA ESPACIAL DOS DADOS

Análise exploratória espacial dos dados tem como finalidade a visualização e a descrição da distribuição espacial da hanseníase, identificando localizações espaciais atípicas, descobrindo padrões de associação espacial e sugerindo instabilidade espacial ou estacionariedade espacial.

Na abordagem de dados de área, valores atípicos acontecem quando ao serem comparados os valores observados para cada município com medidas (*spatial lags*) calculadas a partir dos valores de municípios vizinhos, essas *spatial lags* se apresentam muito diferentes dos valores dos municípios.

### 7.3 ANÁLISE ESPACIAL DOS DADOS

Os procedimentos básicos para esta análise são: a definição das condições de vizinhança espacial e o teste de autocorrelação espacial. Faz-se necessário para a realização da modelagem dos dados que o processo espacial subjacente seja considerado estacionário.

Realizou-se a decomposição da variação espacial em larga e pequena escala a fim de verificar existência de estacionariedade. Estimativas da dependência espacial em pequena escala são consideradas válidas na vigência de estacionariedade (ausência de gradiente espacial). A existência de falta de estacionariedade foi verificada e corrigida através da especificação de um modelo de regressão onde a média do processo é modelada em função de indicadores de localização espacial (latitude e longitude) (Bailey, 1995). Para a variação em larga escala ou gradiente espacial foi utilizado um modelo “suavizador” não-paramétrico chamado loess (Hastie et al., 1990). Loess é uma técnica de suavizamento que opera via ajuste de regressão ponderada e local, onde:

$$\text{Loess}(\log(\text{rate})) = \text{longitude} + \text{latitude} + \text{longitude} \cdot \text{longitude}$$

O nível de “localidade” do alizamento é definido através da “largura da janela”. Nesse caso, optou-se pela janela com largura de 0,5. Ou seja, o loess selecionou apenas 50% das observações que estão mais próximas espacialmente da observação-alvo. O valor suavizado no ponto alvo é obtido através de um ajuste de regressão local ponderada. Os pesos são fornecidos por uma função tri-cúbica, centrada na observação-alvo e decaindo com a distância (Hastie et al., 1990).

Em seguida, os resíduos desse modelo foram usados para explorar o componente de segunda ordem da variação espacial. Para isso, foi usado o I de Moran que identificou o grau de aglomeração espacial das taxas de incidência de hanseníase.

I de Moran é definido como (Cliff 1981):

$$I = \frac{n}{n-1} \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}$$

$$I = \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i \sum_j W_{ij} \sum_i (X_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

Na equação acima temos:

$n \Rightarrow$  Número de áreas;

$y_i \Rightarrow$  Valor do atributo considerado na área  $i$ ;

$y \Rightarrow$  Valor médio do atributo na região de estudo;

$w_{ij} \Rightarrow$  Pesos atribuídos conforme a conexão entre as áreas  $i$  e  $j$ .

Este indicador é uma medida de correlação espacial usada para detectar afastamentos de uma distribuição espacial aleatória. Tais afastamentos indicam a existência de padrões espaciais, como, por exemplo, aglomerado ou tendência espacial. Os desvios com relação à média de cada atributo são multiplicados pelos desvios da vizinhança, obtidos pela matriz de proximidade espacial, que representa a estrutura e/ou dependência espacial das áreas envolvidas.

O índice de Moran testa se as áreas conectadas apresentam maior semelhança quanto ao indicador estudado do que o esperado num padrão aleatório. A hipótese nula é a de completa aleatoriedade espacial, quando o indicador se distribui ao acaso entre as áreas sem relação com a posição. De uma forma geral, o índice de Moran tende a ter valores entre  $-1$  e  $1$ , quantificando o grau de correlação existente, sendo positivo para correlação direta, negativo quando inversa (Carvalho 1997).

O  $I$  de Moran tem alguma similaridade com o coeficiente de correlação tradicional possuindo valores que variam de  $-1$  a  $1$ , embora esses limites possam ser excedidos, dependendo da matriz de conectividade escolhida. Se não existe dependência espacial, o índice apresentará valores próximos de zero, e valores próximos de um indicam a existência de clusters (Elliot et al. 2000). As análises estatísticas foram feitas mediante uso do pacote estatístico S+SpatialStats (Mathsoft, Seattle, WA).

Para estimar a variabilidade de dados de área, uma ferramenta básica é a matriz de proximidade espacial  $W$ . Dados um conjunto de  $n$  áreas  $\{A_1, \dots, A_n\}$  construímos a matriz  $w$  ( $n \times n$ ) onde cada um dos elementos  $w_{ij}$  representa uma medida de proximidade entre  $A_i$  e  $A_j$ . Esta medida de proximidade pode ser calculada a partir de um dos seguintes critérios:

$w_{ij} = 1$ , se o centróide de  $A_i$  está a uma determinada distância de  $A_j$ , caso contrário  $w_{ij} = 0$

$W_{ij}=1$ , se  $A_i$  compartilha um lado comum com  $A_j$ , caso contrário  $w_{ij}=0$

$W_{ij}=1_{ij}/1_i$ , onde  $1_{ij}$  é o comprimento da fronteira entre  $A_i$  e  $A_j$  e  $1_i$  é o perímetro de  $A_i$ .

Nesse estudo foi escolhida a matriz de vizinhança de primeira ordem ajustada (Cressie 1991). Nesse caso, uma medida espacial é definida usando o critério de vizinhança de primeira ordem. Então, uma média (centróide-a-centróide) da distância entre os polígonos e o polígono  $i$  é calculada. Um polígono não pertencente à categoria dos polígonos definidos como vizinhos será admitido como polígono vizinho se a sua distância espacial (centróide-a-centróide) do polígono  $i$  for menor que a distância média. O elemento  $x_{[i,j]}$  da matriz  $X$  é 1 se o polígono  $j$  é um vizinho do polígono  $i$  conforme o critério acima mencionado, e é 0 na outra condição.

Além das etapas citadas, existem outras que não foram realizadas nesse estudo, mas que merecem ser comentadas. A análise ecológica dos dados é bastante importante e deve ser realizada posteriormente a fim de elucidar melhor as causas da agregação espacial. A idéia central desta abordagem é a identificação de associações entre a ocorrência de hanseníase e os possíveis determinantes.

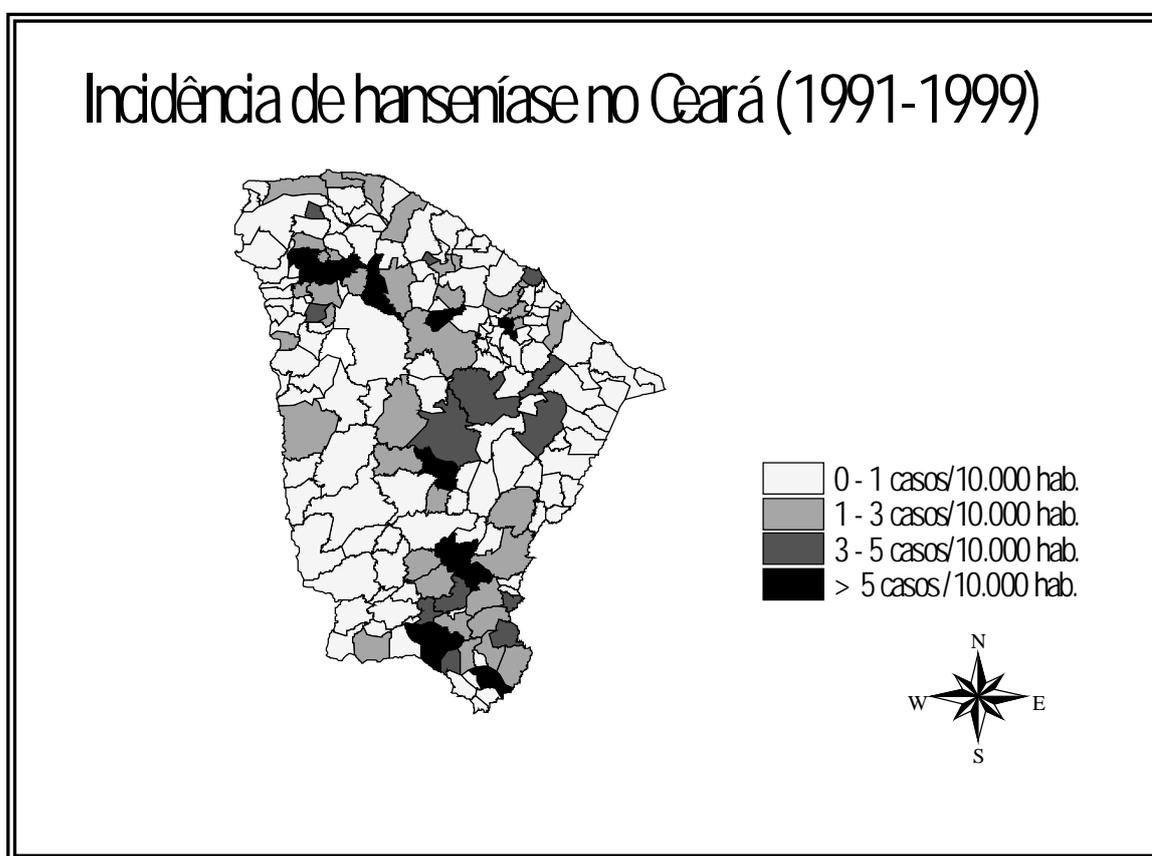
Após a análise exploratória dos dados, serão avaliadas as relações entre as transformações de cada variável do modelo e a transformação da taxa de incidência da hanseníase. Em seguida, procede-se a uma análise multivariada com o propósito de identificar o modelo mais adequado. Basicamente, são utilizadas as análises dos resíduos com recursos gráficos que permitem comparar o padrão destes erros com a distribuição normal.

Detectando-se a ocorrência de autocorrelação espacial, utiliza-se um modelo de regressão espacial que incorpora esta dependência no espaço na determinação dos fatores responsáveis pela ocorrência espacial. Os modelos assumem a normalidade multivariada e pode-se usar uma estrutura de covariância do tipo auto-regressão espacial simultânea (SAR) que corresponde aos procedimentos auto-regressivos da análise de séries temporais

Outra possibilidade da análise espacial bastante útil é a predição da variável, levando-se em conta as coordenadas de localização geográfica do lugar de interesse.

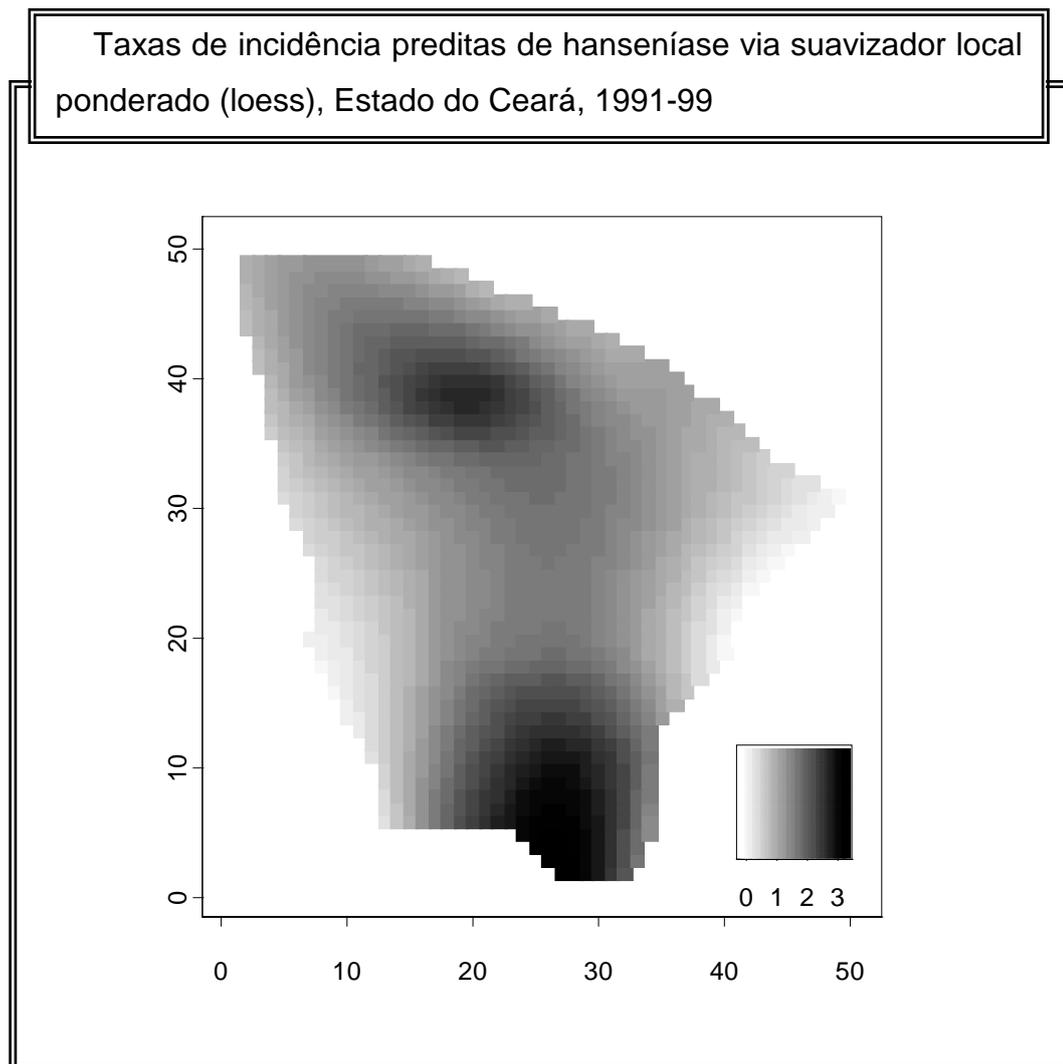
## 8 RESULTADOS DA ANÁLISE ESPACIAL

Figura 1 mostra a taxa de incidência de hanseníase nos municípios do Ceará no período de 1991 a 1999. Observou-se três concentrações de municípios com taxas de incidência elevadas. Há um aglomerado de municípios ao Norte do Estado, onde destaca-se a presença de Sobral, outro aglomerado situa-se ao Centro e um ao Sul, constituído pelos municípios de Crato, Juazeiro do Norte, entre outros. Isso sugere que as regiões com taxas de incidência de hanseníase mais elevadas concentram-se no Norte, Sul e no Centro do Estado.



**Figura 3 - Mapa temático com as taxas de incidência de hanseníase de 1991 a 1999.**

Figura 3 apresenta um modelo “loess” que suaviza a superfície de tendência. Existe uma aparente interação entre latitude e longitude, pois ocorre um aumento da tendência correndo entre Norte e Sul no Centro do Estado.



**Figura 4 - Taxas de incidência previstas de hanseníase via suavizador local ponderado (loess), Estado do Ceará, 1991-1999.**

Os resultados foram Moran=0.37, p-valor < 0.001. Esses valores foram obtidos usando teste de autocorrelação espacial aplicado aos resíduos do modelo de regressão espacialmente medidos, calculados por meio da matriz de vizinhança de primeira ordem. Os resultados indicam a existência de autocorrelação

## 9 DISCUSSÃO DA ANÁLISE ESPACIAL

A distribuição da hanseníase no Estado do Ceará é caracterizada pela formação de aglomerados espaciais. A concentração de municípios com taxas de incidência elevadas foi evidenciada ao Norte, ao Sul e ao Centro do Estado. Curiosamente, essas regiões são formadas por municípios como Sobral, Crato, Juazeiro do Norte que apresentam em comum um maior processo de urbanização e desenvolvimento econômico comparado aos demais municípios do Estado. Apesar disso, compartilham de altos níveis de desigualdade social.

Municípios mais desenvolvidos tendem apresentar serviços de saúde eficientes e de fácil acesso possuindo melhores condições para detecção da doença. Dessa forma as altas taxas podem apontar apenas a capacidade de detecção desses municípios gerando um “falso aglomerado”? Adicionalmente esses municípios são alvo de intenso fluxo migratório que poderia aumentar o número de suscetíveis à doença gerando assim, taxas mais altas.

Por outro lado, a crescente desigualdade social à que são submetidas essas populações exclui os indivíduos material e socialmente das oportunidades. Dessa forma, apesar de possuírem melhores indicadores absolutos de renda apresentam altas taxas de hanseníase. Ou seja, a desigualdade social poderia aumentar a suscetibilidade à doença? Portanto, o nível de distribuição de renda dos municípios pode ser outra forma de explicar essa aparente contradição encontrada no estudo que nos mostra municípios mais “ricos” com maior número de doentes.

Além desses fatores acima discutidos, não se descarta a possibilidade da influência de fatores ambientais na distribuição da hanseníase no Estado. Outra característica marcante da distribuição da hanseníase é que ela apresenta similaridades com o trajeto das ferrovias utilizadas pelos habitantes dessas regiões no século passado. Antes mesmo da construção das ferrovias, essas regiões foram as primeiras a serem povoadas devido ao seu potencial para atividade agropecuária. Poderíamos sugerir que as taxas de hanseníase foram se distribuindo de acordo com as rotas de ocupação do Estado?

Observou-se que muitos municípios não apresentaram nenhum caso da doença durante os anos de 1991 a 1999. Por outro lado, houve municípios onde a incidência só começou a aumentar a partir de 1995, quando campanhas para detecção de casos de hanseníase começaram a ser implementadas. Um aumento

na capacidade de detecção de casos pelos serviços de saúde de alguns municípios durante esta década poderia explicar parte dos resultados observados e indicar a possibilidade de subnotificação principalmente no período anterior às campanhas.

Técnicas de análise espacial oferecem inúmeros subsídios aos sistemas de vigilância epidemiológica. Sua aplicação abrange a identificação de padrões na distribuição das doenças, sugestão de fatores causais ou fontes de exposição, caracterização de áreas de risco à saúde, trazendo contribuições significantes para as ações de controle. Portanto, estudos epidemiológicos envolvendo análise espacial são de extrema importância para a saúde e particularmente, para a hanseníase que vem sendo considerada uma doença de distribuição geográfica irregular. Dessa forma, sugere-se a realização de outros estudos que possam ajudar a esclarecer o papel desempenhado por esses fatores sobre a distribuição hanseníase.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.L.F. *Evolução e análise da distribuição espacial da AIDS e caracterização sócio-econômica do município de Fortaleza*. Universidade Federal do Ceará, 2001. (Dissertação de Mestrado).
- ALBUQUERQUE, M.F.P.M., MORAIS, H. M. M., XIMENES, R. A expansão da hanseníase no nordeste brasileiro. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 107-116, 1989.
- BAILEY, T.C.; GATRELL, A. C. *Interactive Spatial Data Analysis*. New York: Longman, 1995.
- BALLONE, G. J. Estresse e Sistema Imunológico – in. PsiqWeb Psiquiatria Geral, Internet, 2001 – disponível em <<http://sites.uol.com.br/gballone/psicossomatica/imuno.html>>.
- BEERS VAN, S. M.; IZUMI, S.; MADJI, B.; MAEDA, Y.; DAY, R.; KLASTAR, P.R. An epidemiological study of leprosy infection by serology and polymerase chain reaction. *Int. J. Lepr.* 1994;62(1):2-9.
- BEERS VAN, S. M.; WIT, de L. Y.; KLASTAR, R. P. (1996) The epidemiology of Mycobacterium leprae: Recent insight. *FEMS Microbiology Letters*, 136(03): 221-230.
- BJUNE, G.; CLOSS, O.; BARNETSON, R. St. R. Early events in the host-parasite relationship and immune response in clinical leprosy: its possible importance for leprosy control. *Clin. exp. Immunol.* 1983;54:289-297.
- BORJA-ABURTO, V. Estudos ecológicos. *Salud Pública de México*. 42(6):
- BRASIL. Ministério da Saúde, DATASUS (2001). Indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2000.
- BRONW, J. A. Factors influencing the transmission of leprosy. *Trans. Royal Society Trop. Med. Hygiene.* 1959;53(2):179-189.
- CARVALHO, M. S. *Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco a saúde*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997. (Tese de Doutorado).
- CLIFF, A. D; ORD, J. K. *Spatial Processes*. London: Pion, 1981.
- COBURN, D. Income inequality, social cohesion and the health status of populations: the role of neo-liberalism. *Social Science and Medicine*, 2000; 51(1): 135-146.
- COURA, J. R. Endemias e meio ambiente no sec. XXI. *Cad. Saúde Públ.*, Rio de Janeiro, 8 (3): 335-341, jul/set, 1992.

CRESSIE, N. *Statistics for Spatial Data*. Chichester: John Wiley, 1991.

DESIKAN, V. K. & SREEVATSA. Extended studies on the viability of *Mycobacterium leprae* outside the human body. *Lepr Rev.* 1995; 66: 287-295.

DISTRICT DATABASES. Who district level databases for leprosy endemic countries. <[http://int/lep/monitoring\\_and\\_Evaluation/district.htm](http://int/lep/monitoring_and_Evaluation/district.htm)>.

ELLIOT, P.; WAKEFIELD, J. C.; BEST, N. G.; BRIGGS, D. J. *Spatial Epidemiology*. Oxford University Press, 2000.

FISCELLA, K.; FRANKS, P. Individual income, income inequality, health, and mortality: What are the relationship? *Health Serv. Res.*, 2000; 35: 307-318.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Secretaria de Saúde. Diretoria de Saúde. Departamento Técnico de Saúde. *Situação Epidemiológica e Operacional da Hanseníase*. Ceará, 1998.

GRAVELLE, H.; WILDMAN, J.; SUTTON, M. Income, income inequality and health: what can we learn from aggregate data? *Social Science & Medicine* 54:577-589, 2002.

HAINING, R.; WISE, S. Ma J. Exploratory spatial data analysis in a geographic information system environment. *Am Stat*, 1998; 47: 457-469.

HASTIE, T. J.; TIBBSHIRANI, R. *Generalized Additive Models*. London: Chapman and Hall, 1990.

HASTINGS, R. C. *Leprosy*. London/New York: Churchill Livingstone, 1985.

HASTING, R. C. *Leprosy*. Medicine in the Tropics. 1985.

HATTA, M.; BEERS VAN, S. M.; MADJID, B.; DJUMADI, A.; WIT, M. Y.; KLAFTER, P. R. Distribution and persistence of *Mycobacterium leprae* nasal carriage among population in which leprosy is endemic in Indonesia. *Transaction of the Royal Society of Trop. Med. and Hygiene*. 1995;89:381-85.

IBGE/DPE/DECNA – *Brasil*: SUDENE/DPO/EPR/CR – Nordeste, dados preliminares para 1996 e 1997.

IPEA/Fundação João Pinheiro/IBGE/PNUD. Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, 1998.

IPLANCE/UNICEF. Indicadores sociais dos municípios do Ceará. *Censo demográfico 1991/IBGE*. Fascículos 1-4. Fortaleza, Ceará: IPLANCE/UNICEF, 1995.

IRGENS, L. M.; KAZDA, J.; MULLER, K. & EIDE, G. E. Conditions relevant to the occurrence of acid-fast bacilli in sphagnum vegetation. *Acta path. Microbiol. Scand. Sect. B*, 1981; 89: 41-47.

IZUMI, S.; BUDIAWAN, T.; SAEKI, K.; KAWATSU, K. An epidemiological study on *Mycobacterium leprae* infection and prevalence of leprosy in endemic villages by molecular biological technique. *Indian J Lepr* 1999;71(1);37-43.

KAZDA, J. *The ecology of Mycobacterium leprae*. Kluwer Academic Publishers 2000.

KRAHENBUHL, L. J. Causative organism and host response. *Lepr Rev.* 1999; 70: 95-102.

LAPA, T. M. *Análise espacial da distribuição da hanseníase no município de Olinda: uma contribuição para o sistema local de vigilância epidemiológica*.1991. Tese de Mestrado.

LEITE, A. J. M. *Seca, pobreza, urbanização e suas conseqüências na mortalidade infantil das crianças do nordeste brasileiro: uma abordagem epidemiológica espacial*. Projeto - CNPQ. 2000.

MATSUOKA, M.; IZUMI, S.; BUDIawan, T.; NAKATA, N.; SAEKI, K. Mycobacterium leprae DNA in daily using water as a possible source of leprosy infection. *Indian J. Lepr.*1999; 71(1),61-67.

MANI, M. Z. *Ecological factors in transmission of leprosy*. Indian J. Lepr 1996; 68: 375-377.

MEDRONHO, R. A. *Geoprocessamento e Saúde: uma nova abordagem do espaço no processo Saúde-Doença*. FIOCRUZ/CICT/NECT Rio de Janeiro, 1995: 135p.

NELSON, G. S. Leprosy in the West Nile District of Uganda: Na epidemiological study with special reference to the distribution of leprosy in África. *Trans. Royal Society Trop. Med. Hygiene*.1958;52(2):176-185.

PONNIGHAUS, J. M.; FINE, P. E. M.; STERN, J. A.; MALEMA, S. S.; BLISS, L.; WILSON, R. J. Extended Schooling and Good Housing Conditions are Associated with Reduced Risk of Leprosy in Rural Malawi. *Int. J. Lepr* 1994; 62: 345-352.

PREMKUMAR, R.; SOLOMON, S. Ecological factors in transmission of leprosy. *Indian J. Lepr.* 1996: 68(4): 375-357.

RICHARDSON, S. *Statistical methods for geographical correlation studies*. In: Elliot P, Cuzick J, English D, Stern R, editors. Geographical and Enviromental Epidemiology: Methods for Small-Area Studies. Oxford: Oxford University Press, 1996; 181-204.

SALEM, I. J.; FONSECA, M. J. O. Bacilos álcool-ácido-resistentes na água do Lago do Aleixo. *Hansenologia Int.* 1982; 7(1): 25-35.

STERN, J. A. C.; PONNIGHAUS, J. M.; FINE, P. E. M.; MALEMA, S. S.; Geographic determinants of leprosy in Karonga District, Northern Malawi. *International Journal of Epidemiology* , 1995;24(6):1211-1222.

SZWARCOWALD, C. L.; BASTOS, F. I.; ESTEVES, M. A. P.; ANDRADE, C. L. T.; PAEZ, M. S.; MEDICI, E. V.; DERRICO, M. Desigualdade de renda e situação de saúde: o caso do Rio de Janeiro. *Cad. Saúde Pública.* 1999;15(1):15-28.

TALHARI, S.; NEVES, R. C. *Dermatologia Tropical: Hanseníase*. Rio de Janeiro: Tropical,1997.

TAVARES, C. M. *Evolução da endemia hansênica no Estado do Ceará. Características epidemiológicas e operacionais no período de 1970 a 1996.* Universidade Federal do Ceará 1997. Tese de Mestrado.

VAN BEERS, S. M.; MADELEINE, Y. L.; KLASTER, P. R. *The epidemiology of Mycobacterium leprae: Recent insight.* *Feems Microbiol Lett* 1996;136(3):221-230.

VISSCHEDIJK, J.; VAN DE BROEK, J.; EGGENS, H.; LEVER, P.; VAN BEERS, S.; KLASTER, P. *Mycobacterium leprae-millennium resistant!. Leprosy control on the threshold of a new era.* *Trop Med and Int Health.* 2000;5(6):388-399.

WAGSTAFF, A.; VAN DOORSLAER, E. *Income Inequality and Health: What Does the Literature Tell US?* *Annu. Rev. Public Health* 2000;21: 543-567.

WARNDORFF, D. K. *Leprosy elimination: track and prospects.* *Tropical Med. Int. Health.* 2000; 5(6): 385-387.

WERNECK, G. L. *Spatial analysis of the distribution of visceral leishmaniasis in Teresina, Brazil.*

WILKINSON, R. G. 1997. *Socioeconomic determinants of health: health inequalities: relative or absolute material standards?* *BMJ* 314:591.

WILKINSON, R. G. 1998. *Low relative income affects mortality.* *Br Med J* 316:1611

<[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 04/10/2001.

<[www.funasa.gov.br/pub/GVE/GVE0513.htm](http://www.funasa.gov.br/pub/GVE/GVE0513.htm)>.

<[www.ceara.gov.br/ce-gov-e/](http://www.ceara.gov.br/ce-gov-e/)>

## “ARTIGO 1”

### **HANSENÍASE E DESIGUALDADE SOCIAL NO CEARÁ, NORDESTE BRASILEIRO: UM ESTUDO ECOLÓGICO**

#### RESUMO:

A hanseníase, doença de caráter secular, apresenta distribuição geográfica irregular no Ceará, existindo uma variação de taxas de 0 a 25/10.000 habitantes. Existem aglomerados de municípios em situação hiperendêmica e pouco se sabe sobre a causa desses focos da doença. Este estudo ecológico envolvendo 184 municípios do Ceará, Nordeste brasileiro, teve por objetivo investigar os possíveis determinantes da hanseníase no Estado, associando esses fatores à distribuição geográfica da doença. Treze municípios foram excluídos do estudo, pois não apresentaram nenhum caso da doença durante esse período, e portanto, parecem não representar bem a realidade do Estado. Foram coletadas as taxas de incidência de hanseníase de 1991 a 1999 na Secretaria Estadual de Saúde. Procedeu-se o cálculo de uma média para esse período, utilizando estimativa da população para o ano de 1996. Foram investigadas variáveis relacionadas aos fatores sócio-econômicos, educacionais, de saneamento, demográficos, indicadores de saúde e outros. O processamento dos dados foi realizado através do software Stata. A análise dos dados foi conduzida usando o coeficiente de correlação de Pearson e regressão linear simples e múltipla. Para selecionar as variáveis incluídas no modelo final foi utilizado o critério de nível de significância a 5%. No sentido de averiguar a significância estatística da covariância, aplicou-se o teste Wald. Os pressupostos da regressão foram confirmados através do diagnóstico dos resíduos. Os resultados apontaram para uma associação das taxas de hanseníase com o grau de desigualdade no município, a média de anos de estudo na população com idade igual ou superior a 25 anos, a taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996, a percentagem de crianças de 7 a 14 anos sem freqüentar a escola e a presença de ferrovia no município.

**Palavras-chave:** Hanseníase; distribuição geográfica; determinantes sócio-econômicos; estudo ecológico; desigualdade social.

## INTRODUÇÃO

A hanseníase permanece como um dos mais relevantes problemas de saúde pública nos países subdesenvolvidos. Apesar das medidas efetivas de controle terem sido implementadas, a epidemiologia dessa doença apresenta questões obscuras, principalmente, no que diz respeito as particularidades de sua distribuição geográfica. É comum, a hanseníase não se distribuir uniformemente dentro de regiões endêmicas (Sterne et al. 1995). Na região Nordeste, os casos da doença são distribuídos de maneira extremamente heterogênea, especialmente no Ceará, um dos estados mais pobres da região. Os municípios do Ceará possuem taxas que variam entre 0/10 000 habitantes até 25/10 000. Entre os 26 municípios considerados epidemiologicamente importantes, 21 se encontram em situação hiperendêmica (80,8%), 3 municípios têm endemicidade muito alta (11,5%), e 2 têm endemicidade alta (7,7%). Vale ressaltar que 80% dos casos diagnosticados no Ceará em 1998 residem nestes municípios, retratando assim uma forte concentração de doentes nessas cidades. Outra característica da distribuição espacial da hanseníase é que municípios em situação hiperendêmica são geralmente vizinhos de municípios com incidência muito alta e alta. (Secretaria de Saúde – PCEH, 1998; Tavares, 1997; Ceará, 1998).

Evidentemente, a transmissão da infecção por via direta é a principal responsável pela manutenção de altas taxas, particularmente em regiões onde prevalecem condições inadequadas de moradia, falta de higiene e ambientes aglomerados (Ponnighaus et al. 1994; Mani 1996). A influência de fatores genéticos na distribuição dos casos vem sendo investigada. Contudo, a irregular distribuição geográfica de casos novos da hanseníase não é suficientemente explicada apenas pela transmissão pessoa-pessoa e/ou a predisposição genética (Sterne et al. 1995; Van Beers et al. 1996; Warndorff 2000). Observações de clusters tem levantado hipóteses que a distribuição geográfica da hanseníase pode também ser determinada por fatores ambientais que facilitariam diretamente a transmissão da infecção, a progressão da doença, ou aquisição de imunidade. Alternativamente, padrões geográficos podem refletir fatores relacionados a condições sócio-

econômicas, tipos de comportamento cultural, ou nível nutricional, que variam entre diferentes populações, inclusive dentro de uma mesma população. Dessa forma, a interpretação da distribuição geográfica da hanseníase é particularmente difícil, pois muitos dos fatores ambientais relevantes estão associados com o aspecto sócio-econômico (Sterne et al. 1995).

Evidências que *M. Leprae* sobrevive fora do organismo humano sustentam a idéia da influência de fatores ambientais na transmissão da hanseníase (Kazda 2000; Desikan 1995, Hatta et al. 1995). Associações com a água ou umidade são temas recorrentes na literatura (Sterne et al. 1995; Matsuoka et al. 1999). Tem sido sugerida também associação da transmissão do bacilo com ambientes onde existe aglomeração de pessoas. Por outro lado, existem indicadores que apontam uma maior ocorrência de casos da doença em áreas rurais que em centros urbanos. (Van Beers et al., 1996; Fine, 1982 in Sterne et al., 1995). É possível que a exposição a 'environmental mycobacteria' possa contribuir com a variação geográfica na eficácia da vacinação BCG contra a hanseníase (Sterne et. al 1995).

Em um estudo realizado na Indonésia, Filipinas, Hawaii e outro países na África, não foi possível estabelecer nenhum contato prévio que justificasse cerca de 30-60% dos casos novos da hanseníase (Arnold & Fasal, 1973 in Kazda 2000). Todas essas informações sugerem que fatores ambientais ainda desconhecidos podem favorecer a transmissão do *M. leprae* em regiões de alta endemicidade. A persistência do *M. leprae* no ambiente tem sido apontada como uma das causas para a permanência de altas taxas de incidência apesar da poliquimioterapia (Beers et. al 1996).

O controle efetivo da hanseníase com a redução da incidência poderá ser alcançado se a epidemiologia da doença for bem entendida (Beers et. al 1996). Esse estudo ecológico investiga principalmente a relação entre a hanseníase e fatores sócio-econômicos no Ceará, relacionando-a à distribuição geográfica entre os municípios. Outras variáveis também serão estudadas tais como: variáveis demográficas, educacionais, pluviosidade, etc... Em virtude da dificuldade em acessar dados de clima, vegetação e outros relacionados ao ambiente físico dos municípios, não foi possível estudar essa relação.

## MATERIAL E MÉTODOS

### REGIÃO DE ESTUDO

Estudo do tipo ecológico sobre os possíveis fatores determinantes da distribuição da hanseníase no Estado do Ceará, localizado na região do Nordeste brasileiro. No Ceará predomina o semi-árido, freqüentemente atingido pelas secas. O último censo demográfico nacional, realizado em 1991, registrou a população total do Estado em 6.366.647 habitantes. Em 1996, procedeu-se uma contagem intercensitária que totalizou o contingente populacional do Estado em 6.809.794 habitantes. A densidade demográfica foi calculada em 43,5 habitantes por km<sup>2</sup> com taxa de crescimento anual de 1,3. O Estado está dividido em 184 municípios, dos quais, 6 foram recém criados e, portanto, não farão parte do estudo.

### ÁREA E LIMITES

O Estado do Ceará possui área de 148.016 km, e limita-se ao Norte com o Oceano Atlântico, e ao Sul com o Estado de Pernambuco. A Oeste, com Piauí e a Leste com os estados de Rio Grande do Norte e Paraíba.

### FONTE E COLETA DOS DADOS

#### 4.3.1 Dados de Morbidade

Foi coletada a incidência de hanseníase de 1991 a 1999 para os 184 municípios do Ceará. Esses dados são provenientes de relatórios (1991 a 1994) e do Sistema de Notificação de Agravos SINAM/MS em meio magnético (1995 a 1999), obtidos junto à Secretaria de Saúde do Estado do Ceará. A hanseníase faz parte do grupo das doenças de notificação compulsória no Brasil. O tratamento é feito mediante acompanhamento ambulatorial onde os pacientes recebem a medicação durante o período de 6 até 18 meses. Portanto, os dados coletados parecem ser confiáveis. Apesar disso, as campanhas implementadas em 1995 podem ter influenciado na maior detecção de casos da doença após essa data. Dessa forma, também é provável que alguns municípios possuam subnotificação

para o período que antecedeu as campanhas. Procedeu-se o cálculo de uma média para o período de 1991 a 1999 da seguinte forma: Para cada ano do calendário (1991 a 1999) e para cada município cearense, o número de casos novos de hanseníase e estimativa da população central do ano (1° de julho) foram obtidos. Para cada município calculou-se a taxa de incidência anual média nestes anos, somando-se o número total de casos de hanseníase e dividindo-se pela soma das populações centrais de cada ano.

Somente 165 municípios foram incluídos no estudo. Nós decidimos não considerar 13 municípios nos quais não foi registrado nenhum caso de hanseníase no período de 1991 a 1999. Acreditamos que esses municípios podem não representar bem a realidade.

#### 4.3.2 **Dados do censo demográfico**

Foram coletados dados do censo demográfico de 1991 e contagem populacional de 1996 fornecidos pela FIBGE, em meio magnético. São dados relacionados a condição sócio-econômica, demográfica e educacional, bem como indicadores de saúde referentes a população de cada município, que seguem abaixo:

Sócio-econômica: percentagem de chefes de família com renda mensal até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo em 1991.

Educacional: média de anos de estudo entre a população com 25 anos de idade ou mais; percentagem de crianças de 7 a 14 anos de idade fora da escola em 1991.

Saneamento: percentagem de domicílios com suprimento de água adequado em 1991.

Demográficos: Taxa de crescimento populacional do município entre 1991 a 1996; percentagem de domicílios com densidade superior a duas pessoas por dormitório em 1991.

Indicadores de saúde: Número de médicos por 1.000 habitantes em 91; Número de unidades de saúde por 1.000 habitantes em 91.

#### 4.3.3 **Dados ambientais**

Dados referentes a pluviosidade mensal dos municípios para o período de 1991 a 1999 coletados na FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) em meio magnético. Foi calculada a média anual de 1991 a 1999, e, em seguida, dividiu-se pelo total de anos. Também foi investigada a existência de ferrovia no município através de mapa digitalizado do Ceará proveniente do IPLANCE (Instituto de Planejamento do Ceará). Essa variável foi eleita por ter sido bastante usada no século passado como principal via para transporte de pessoas e mercadorias. Essa variável entrou no estudo de forma dicotômica, classificando de 0 o município sem ferrovia e, de 1, os municípios onde foi observada presença da via férrea. Ainda foram investigados a presença de rios e rodovias nos municípios que seguiram os mesmos critérios citados acima.

#### **4.3.4 Dados do Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil**

Foram coletados indicadores relacionados à qualidade de vida da população, dos quais pode-se citar o grau de desigualdade no município. São as seguintes:

- Sócio-econômica: Grau de Desigualdade - definida como o grau de desigualdade entre a distribuição de renda medida pelo Theil's index – que pode variar de 0 a 1 – quanto mais próximo de 1, maior o grau de desigualdade no município.
- Indicador de saúde: Taxa de mortalidade infantil em 1991.

#### **Processamento e consolidação dos dados**

O estudo ecológico foi realizado através do software Stata e a análise espacial foi feita mediante uso do ArcView versão 3.1, S-Plus for ArcView, S-Plus versão 2000 e módulo S+SpatialStats (Mathsoft, Seattle, WA).

#### **Análise dos dados (estudo ecológico)**

A análise dos dados foi conduzida usando o coeficiente de correlação de Pearson e regressão linear simples e múltipla. Para selecionar as variáveis incluídas no modelo final foi utilizado o critério de nível de significância a 5% e para a permanência, 20%. No sentido de averiguar a significância estatística da covariância, aplicou-se o teste Wald. Os pressupostos da regressão foram confirmados através do diagnóstico dos resíduos.

## Resultados

A incidência média entre os municípios para o período (1991-1999) variou de 0.063 a 14.68 por 10.000 (13 municípios não registraram nenhum caso de hanseníase nesse período).

Algumas das variáveis independentes mostraram uma extensa variação de seus valores entre os municípios (tabela 1). Cerca de 10% dos municípios tinham um grau de desigualdade maior que 0.70 (quanto mais próximo de 1 indica maior grau de desigualdade). Adicionalmente, 50% dos municípios apresentaram 40% ou mais de seus chefes de família com renda mensal até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo. A média de anos de estudo entre a população com 25 anos de idade ou mais foi de 6.1, ou seja, a maior parte dos habitantes dessas cidades completaram apenas o nível fundamental de ensino. Além disso, nenhum município apresentou mais que 10% de seus habitantes com nível de escolaridade superior a 11 anos de estudo e  $\frac{3}{4}$  dos municípios tinham mais que  $\frac{1}{3}$  das crianças com idade entre 7 e 14 anos sem freqüentar a escola. Em  $\frac{1}{4}$  dos municípios não há abastecimento de água adequado para mais de 60% das residências. A taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996 foi negativa para  $\frac{1}{4}$  dos municípios, isso quer dizer que o número de habitantes dessas localidades diminuiu nesse período. Somente 10% dos municípios apresentou pelo menos um médico por 1000 habitantes.

**Tabela 1 – Características sócio-econômicas, indicadores de saúde, e outras variáveis relacionadas no estudo entre os municípios do Ceará, Nordeste Brasil, 1991-1999.**

	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
--	-------	---------------	--------	--------

<b>Variável dependente</b>				
Tx. de incid. Média de hanseníase	1.57	5.41	0.063	14.68
<b>Variáveis socioeconômicas</b>				
Grau de desigualdade	0.50	0.14	0.22	0.97
% de chefes de família c/ renda mensal até ½ salário mínimo	39.45	12.21	9.40	72.20
<b>Variáveis educacionais</b>				
% de pessoas com idade $\geq$ a 25 anos c/ mais de 11 anos de estudo	1.91	0.67	0.60	6.10
% de crianças de 7 a 14 anos que não vão à escola	39.92	10.56	17.2	71.1
<b>Variáveis de saneamento</b>				
% de Domicílios c/ suprimento de água adequado	41.92	22.26	0.60	93.80
<b>Variáveis demográficas</b>				
% de Domicílios c/ densidade > 2 pessoas por dormitório	44.55	8.02	23.90	66.80
Tx de cresc. pop. de 1991 a 1996	4.05	10.67	-27.36	93.89
<b>Indicadores de saúde</b>				
Tx. de mortalidade infantil	96.04	22.43	48.77	174.40
Nº de médicos por 1.000 habitantes	0.54	0.51	0.00	3.10
Nº de unidades de saúde por 1.000 habitantes	0.42	0.18	0.07	0.95
<b>Pluviosidade</b>				
Precipitação média de 91 a 99(mm)	911.28	252.91	448.54	1658.95

Algumas variáveis tais como grau de desigualdade, taxa de crescimento populacional e nível de escolaridade apresentaram-se correlacionadas com a taxa de incidência de hanseníase (tabela 2). Uma correlação positiva também foi observada entre a percentagem de chefes de família com renda mensal até meio



domicí- lios c/ supri- mento de água adequa- do	0.13	0.24*	0.35	-0.09	-0.21*	1.00						
Tx. de mortali- dade infantil	0.09	0.03	-0.10	0.13	0.02	-0.15*	1.00					
Unida- des de saúde por 1000 habitan- tes	0.13	0.14	0.23*	0.20*	-0.28**	0.00	0.10	1.00				
Médicos por 1000 habitan- tes	0.32**	0.33**	0.63**	0.19*	-0.40**	0.21*	0.04	0.39**	1.00			
% de domicí- lios c/ densida- de > 2 pessoas por dormitó- rio	0.01	-0.54**	-0.14	0.04	0.15	-0.26**	0.35**	-0.12	-0.04	1.00		
Pluvio- sidade média de 91 a 99 (mm)	0.12	0.01	0.32**	0.12	-0.11	-0.12	0.04	0.15	0.26**	0.20*	1.00	
% de chefes de família c/ renda mensal ≤ ½ salário mínimo	-0.14	0.29**	-0.51**	-0.20*	0.26**	-0.01	-0.07	0.03	-0.29**	-0.24*	-0.31**	

\* significante a 5%

\*\* significante a 1%

O grau de desigualdade ( $\beta=1.67$ ,  $P=0.011$ ), a média de anos de estudo na população com idade igual ou superior a 25 anos ( $\beta=1.35$ ,  $P=0.000$ ), a taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996 ( $\beta=0.02$ ,  $P=0.007$ ), a percentagem de crianças de 7 a 14 anos sem freqüentar a escola ( $\beta=0.02$ ,  $P=0.028$ ) e a presença de ferrovia no município ( $\beta=0.45$ ,  $P=0.038$ ) foram considerados associados às taxas de hanseníase no Ceará.

**Tabela 5 – Modelo de regressão linear para os fatores associados a incidências de hanseníase entre os 165 municípios.**

Variável	Coefficiente $\beta$	P-valor	Intervalo de confiança 95%
Grau de desigualdade (Theil's L index)	1.67	0.011	0.389-2.944
Média de anos de estudo na pop. c/ idade $\geq$ 25 anos	1.35	0.000	0.620-2.081
Taxa de crescimento pop. de 1991 a 1996	0.02 (??)	0.007	0.006-0.038
% de crianças de 7 a 14 anos sem ir à escola	0.02(??)	0.028	0.003-0.045
Presença de ferrovia	0.45	0.038	0.025-0.871
Constante (??)	-3.10	0.000	-4.413 - 1.788

?? $R^2=0.20$ ;  $F=8.03$ ;  $p\text{-valor}=0.0000$  (??)

O mapa temático que segue mostra os municípios que possuem ferrovias e nos fornecem subsídios para observar a similaridade entre o mesmo e o mapa das taxas de hanseníase no Estado. Nota-se a coincidência de ferrovias em municípios com taxas elevadas da doença.



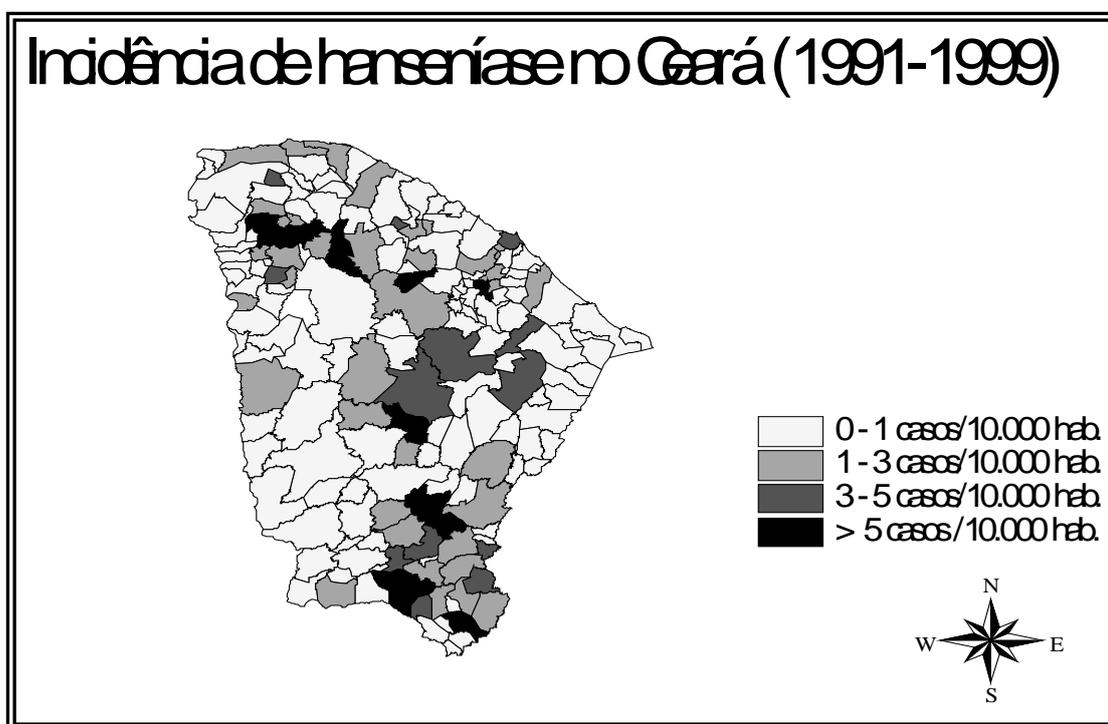


Figura 1 – Mapa comparativo entre incidência de hanseníase e presença de ferrovia no Ceará

## Discussão

Nesse estudo ecológico envolvendo 165 municípios do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, foi constatado que o grau de desigualdade e média de anos de estudo da população com idade igual ou superior a 25 anos são os principais fatores correlacionados com a taxa de incidência de hanseníase.

Estudos desenvolvidos no nível individual apontam uma associação entre hanseníase e condições absolutas de vida tais como renda e educação. Contudo,

em estudos ecológicos o relacionamento entre esses fatores e nível de saúde da população, curiosamente, não aponta uma associação direta. Ora, a qualidade de vida não abrange somente as necessidades básicas do indivíduo, mas também o acesso a cultura, ao lazer e aos bens ético-políticos que repercutem sobre o bem-estar social. Dessa forma, particularmente, em regiões emergentes, submetidas ao processo de desenvolvimento econômico e crescente urbanização, as diferenças relativas nas condições de vida passam a ter papel tão ou mais importante que as condições absolutas de vida. Nessas regiões, o crescimento da economia é marcado pela segregação, onde convivem situações polares de afluência e miséria e, portanto, as duas formas de pobreza devem ser analisadas.

Mais recentemente, tem sido discutido o relacionamento entre o grau de desigualdade e nível de saúde entre países desenvolvidos. Coburn (2000) tem afirmado que países com extrema desigualdade na distribuição de renda tendem a apresentar piores níveis de saúde. Adicionalmente, tem sido apontado que é a renda relativa e não a renda absoluta que afeta mais a qualidade de saúde de um povo. (Wilkinson, 1998). Acredita-se que outros fatores relacionados com a posição social do indivíduo influenciam de forma significativa na psique e na saúde do mesmo (Wilkinson, 1997). Conforme Jung:

“Um funcionamento inadequado da psique pode causar prejuízos ao corpo, da mesma forma, que inversamente, um sofrimento corporal pode afetar a psique, pois a psique e o corpo não estão separados, mas são animados por uma mesma vida”.

Pobreza e desigualdade afetam duplamente a saúde dos indivíduos que se encontram em situação socioeconômica inferior. Se por um lado, status social inferior conduz a piores condições de moradia, alimentação inadequada, falta de higiene, que por sua vez, ampliam as possibilidades de desenvolver doenças, inclusive hanseníase. Por outro lado, a desigualdade social provoca menor auto-estima, depressão, maior nível de stress, e menor coesão social, podendo também interferir de forma negativa no nível de saúde dos indivíduos.

Os efeitos da desigualdade social nos níveis de saúde podem ser entendidos sob o ponto de vista psicossomático. Segundo Wilkinson, a percepção da posição ocupada dentro da hierarquia de classes é “interiorizada”, e juntamente ao stress, passam a afetar o funcionamento do organismo que “exterioriza” com sintomas

físicos, através da via psico-neuro-endócrina. As emoções negativas e o stress causam uma deficiência no sistema imunológico fundamental para a manutenção da saúde. No sistema límbico ocorrem interações entre os sistemas nervoso, endócrino e imunológico, fazendo interagir as percepções córticocerebrais com o hipotálamo. Particularmente, o hipotálamo é considerado o sítio cerebral responsável pela constelação de respostas orgânicas aos agentes stressores (Ballone, 2001).

Segundo Hastings (1985), apesar da hanseníase ser uma doença infecciosa crônica, ela pode ser considerada uma enfermidade imunológica. A resposta imunológica individual é essencial na defesa orgânica contra esta doença. Muitos dos sintomas e complicações da hanseníase são provenientes de reações imunológicas contra substâncias antigênicas liberadas pelo bacilo. A resposta imunológica celular através dos macrófagos é considerada a principal responsável pela inibição do crescimento bacteriológico e conseqüente resistência contra a infecção. A capacidade de reação imunológica contra a hanseníase influencia o curso da doença após a infecção e o tipo de manifestação clínica a ser desenvolvida. Diversos fatores estão envolvidos com a capacidade de resistência ao bacilo. Destacam-se os fatores genéticos, estado nutricional, padrões de higiene e exposição prévia à mycobacteria ambiental. Apesar de ainda ser pouco discutido o papel do stress no processo de resistência à hanseníase, sugerimos a possibilidade de acrescentar mais esse fator determinante da doença.

Nessa discussão, há que se destacar o papel da atual conjuntura econômica mundial que repercute intensamente na qualidade de vida das populações. O neoliberalismo em países desenvolvidos produz maior desigualdade de distribuição da renda, bem como, menor coesão social e, conseqüentemente, níveis mais baixos de saúde (Coburn, 2000). O crescimento da integração de mercado mundial tem produzido mais riqueza e um maior volume de transações comerciais. Entretanto, o impacto desse recente processo de internacionalização do capital e a ausência do Estado na promoção do bem estar social em países desenvolvidos têm ocasionado paradoxalmente, pobreza e exclusão. Muitas pessoas se tornam excluídas não somente do trabalho, mas, também da identidade cultural, participação e representação política.

Os resultados obtidos no trabalho mostram que o grau de desigualdade de renda leva a maior taxa de incidência de hanseníase. Essa informação parece apontar para o impacto desse processo também em países em desenvolvimento.

Alguns dados podem representar bem a presente situação de desigualdade social e econômica no Brasil e na região Nordeste. Essa região apresenta 28.5% do total da população brasileira mas contribui com somente 13.2% de toda o produto interno bruto (Brasil, 2001). Enquanto a região Sul apresentava taxa de mortalidade infantil igual a 20.7 mortes por 1.000 nascidos vivos, o Nordeste possuía o dobro dessa taxa em 1999 (53 mortes por 1000 nascidos vivos). A percentagem de analfabetismo em pessoas com idade igual ou superior a 15 anos no Sul foi 7.8% e no Nordeste foi quase quatro vezes maior (26.6%). O Nordeste brasileiro tem a maior proporção de população vivendo em situação de pobreza (54.1%) e o Estado do Ceará ocupa o terceiro lugar no ranking regional (Brasil, 2001). Esses indicadores refletem a situação de extrema miséria em que se encontra uma grande parcela da população nordestina. Essa desigualdade não se observa apenas em relação as regiões e aos estados, mas também ocorre entre municípios e dentro destes.

A incidência de hanseníase parece ser influenciada tanto pelas condições de vida quanto pela escala de diferenças socioeconômicas existentes dentro de uma sociedade. Dessa forma, pode ser sugerido que além dos indicadores absolutos de pobreza (renda per capita, renda familiar, etc), os quais medem a capacidade de aquisição de produtos e serviços, existem outros fatores relacionados à complexidade da estrutura social que agem como possíveis determinantes dessa doença.

Os achados desse estudo indicam que uma maior média de anos de estudo entre a população com 25 anos de idade ou mais leva a uma maior taxa de incidência de hanseníase. Com esse resultado, imaginamos que a associação apresenta um paradoxo, tendo em vista que níveis melhores de escolaridade, normalmente, proporcionam maior qualidade de vida. Entretanto, a análise dos dados revelou que a maioria dos municípios possuía um percentual muito pequeno de pessoas com mais de 11 anos de estudo. A maior percentagem de população com idade igual ou superior a 25 anos apresentando mais de 11 anos de estudo foi 9.9%. Somente uma pequena parcela da população consegue atingir o nível do segundo grau e outra muito menor, o nível superior. Aproximadamente 75% dos municípios têm somente 1.2% da população com mais de 11 anos de estudo. Na verdade, a mais alta performance educacional permite que essa minoria da população tenha melhor condição social e econômica. Porém, isso faz aumentar as distâncias dentro do

gradiente sócio-econômico que contém as diferentes classes sociais desses municípios.

A percentagem de crianças com idade entre 7 to 14 anos de idade que não freqüentam a escola apresentou-se associada positivamente com a taxa de incidência de hanseníase. Esse dado reforça a idéia que a referida variável expressa melhor a pobreza do município e conseqüentemente, também a relação da educação com a hanseníase.

Outra variável independente, a taxa de crescimento populacional de 1991 a 1996, foi também considerada associada à taxa de incidência de hanseníase. O clima seco no interior do Estado e a falta de políticas governamentais de incentivo à agricultura em áreas rurais têm produzido um intenso êxodo rural. O fluxo de pessoas oriundas de cidades pequenas do interior, para a capital e outras cidades, tem provocado um processo de urbanização descontrolado. Esse processo de urbanização aumenta as desigualdades sociais, com uma forte polarização e exclusão desses imigrantes das oportunidades materiais e sociais. O viver urbano moderno tem alterado a qualidade de vida dos indivíduos que na impossibilidade de satisfazer suas necessidades básicas, sejam elas objetivas ou subjetivas, têm a sua psique comprometida. A insatisfação pode gerar um estado de inquietação, impotência e depressão. Adicionalmente, esse quadro de apatia é acrescido por outros fatores relacionados às mudanças no padrão epidemiológico decorrentes da urbanização. O crescimento da violência urbana, riscos ambientais tanto no trabalho como na moradia, entre outros, têm alterado a qualidade da saúde dos indivíduos que passam a desenvolver uma diversidade de sintomas físicos muitas vezes sem causa clínica conhecida.

A presença de ferrovia no município foi também considerada associada à incidência de hanseníase. Embora a utilização da maioria das ferrovias do Estado tenha sido preterida em função do uso das rodovias, na década passada ela serviu de importante via por onde transitaram pessoas e mercadorias. Essa informação que remonta à década passada pode ter influenciado as taxas atuais se pensarmos que essas ferrovias podem ter exercido papel de disseminadoras da doença.

Tendo em vista que a saúde é determinada por diferentes contextos, sociais, econômicos, culturais e políticos que proporcionam maior ou menor qualidade de vida à população, os problemas a ela relacionados não podem ser analisados separadamente. Se faz necessário uma análise das características pertencentes à

sociedade em que os eventos de saúde estão inseridos para que medidas eficazes possam ser tomadas.

As medidas de controle da hanseníase necessitam ir além do treinamento de recursos humanos suficiente e acesso ao tratamento poliquimioterápico. Enquanto algumas questões fundamentais não forem resolvidas, como é o caso da distribuição de renda injusta em nosso País, o cumprimento da meta de eliminação da doença estabelecida pela OMS (<1 casos/10.000 habitantes) enfrentará sérias dificuldades. Para enfrentar essa situação é fundamental que ocorram mais investimentos na área social, buscando construir uma sociedade mais coesa e com menos desigualdades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde, DATASUS (2001). Indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2000.

COBURN, D. *Income inequality, social cohesion and the health status of populations: the role of neo-liberalism*. Soc. Sci. Med. 2000; 51(1): 135-146.

FISCELLA, K.; FRANKS, P. *Individual income, income inequality, health, and mortality: What are the relationship?* Health Serv. Res., 2000; 35: 307-318.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Secretaria de Saúde. Diretoria de Saúde. Departamento Técnico de Saúde. Situação Epidemiológica e Operacional da Hanseníase. Ceará, 1998.

IBGE/DPE/DECNA – Brasil: SUDENE/DPO/EPR/CR – Nordeste, dados preliminares para 1996 e 1997.

IPLANCE/UNICEF. Indicadores sociais dos municípios do Ceará. Censo demográfico 1991/IBGE. Fascículos 1-4. Fortaleza, Ceará: IPLANCE/UNICEF, 1995.

IPEA/Fundação João Pinheiro/IBGE/PNUD. Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, 1998.

SZWARCWALD, C. L.; BASTOS, F. I.; ESTEVES, M. A. P.; ANDRADE, C. L. T.; PAEZ, M. S.; MEDICI, E. V.; DERRICO, M. *Desigualdade de renda e situação de saúde: o caso do Rio de Janeiro*. Cad. Saúde Pública. 1999; 15(1): 15-28

STERNE, J. A.; PÖNNIGHAUS, J. M.; FINE, P. E. M.; MALEMA, S. S. (1995). *Geographic determinants of leprosy in Karonga District, Northern Malawi* International Journal of Epidemiology 24(6):1211-1222.

WILKINSON, R. G. 1998. *Low relative income affects mortality*. Br Med J 316:1611

WILKINSON, R. G. 1997. *Socioeconomic determinants of health: health inequalities: relative or absolute material standards?* BMJ 314:591.

## “ARTIGO 2”

### ANÁLISE ESPACIAL DA HANSENÍASE NO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

#### RESUMO

No presente estudo, foi utilizada a técnica de análise espacial no intuito de investigar as variações geográficas nas taxas de incidência de hanseníase entre os municípios do Ceará, Brasil. Sendo essa uma doença de longa duração, procedeu-se o cálculo de uma média que representasse as taxas no período de 1991 a 1999. Foi feito mapeamento dessa variável que esboçou a possibilidade de dependência espacial. Então, passou-se à etapa de decomposição da variação espacial em larga e pequena escala. Para medir a variação da taxa de hanseníase em larga escala utilizou-se modelo (loess) responsável pelo “suavizamento” dos dados. Foi observado um aglomerado no Norte, onde destaca-se a presença de Sobral, no Centro e outro no Sul do Estado, constituído pelos municípios de Crato, Juazeiro do Norte, entre outros. A variação em pequena escala foi avaliada em função do Índice I de Moran, que apontou a existência de autocorrelação espacial. As regiões que apresentam taxas mais elevadas se caracterizam pelo maior nível de urbanização e desenvolvimento econômico comparado aos demais municípios. Essa relação aparentemente contraditória pode ser explicada através dos indicadores de desigualdade social muito elevados ou possivelmente, pela melhor qualidade dos serviços de saúde locais. Esses resultados sugerem associação da doença com fatores sócio-econômicos, em particular, com o grau de distribuição de renda no município. Não se pode descartar a possibilidade de que fatores ambientais exerçam influência sobre a distribuição geográfica das taxas no Estado. Sugere-se a realização de outros estudos que possam ajudar a esclarecer o papel desempenhado por esses fatores sobre a distribuição da hanseníase.

**Palavras-chave:** hanseníase, análise espacial, gradiente espacial, aglomerados.

## Introdução

Tradicionalmente, a hanseníase tem sido caracterizada como uma doença desfigurante e incapacitante, provocando discriminação social e prejuízos econômicos. Embora essa enfermidade tenha sido prevalente em muitos países do mundo, ela foi eliminada em alguns desses, inclusive na Noruega, mesmo antes dos avanços terapêuticos terem ocorrido. Contudo, a hanseníase continua em situação endêmica em muitos países subdesenvolvidos, afetando particularmente os segmentos mais pobres dessas sociedades. Observa-se que as péssimas condições de vida dessas populações contribuem para a permanência da endemia que assume caráter secular.

Apesar de importantes avanços terem ocorrido no tratamento da hanseníase, seu modo de transmissão permanece pouco esclarecido. Um dos mais importantes aspectos a se esclarecer na epidemiologia da hanseníase é a extrema irregularidade em sua distribuição geográfica, em termos de taxas e tipo de manifestação. O Estado do Ceará apresenta-se em situação endêmica possuindo focos hiperendêmicos. Os municípios cearenses mostram grande variação nas taxas de incidência (0 a 24,8 casos p/10.000 hab.) e prevalência (0 a 22,1 casos p/10.000 hab.). Além disso, a existência de clusters sugere a hipótese de que a distribuição geográfica é influenciada por fatores genéticos e/ou fatores ambientais. Contudo, pesquisas ainda não conseguiram explicar as causas dessa variação que parece estar relacionada a fatores ecológicos presentes em cada município.

No presente estudo, foram utilizadas técnicas de análise estatística espacial a fim de identificar o padrão espacial de ocorrência da hanseníase no Estado do Ceará. Com o intuito de determinar com acurácia esse padrão, procedeu-se a investigação de variação em larga escala e pequena escala nas taxas de incidência dos municípios. Variação em larga escala ou gradiente espacial, refere-se a tendência que o valor da média de um processo (por exemplo, incidência) apresenta no espaço e pode ser representado como uma função das coordenadas geográficas de uma área. Variação em pequena escala resulta de aglomerações de valores altos ou baixo ao longo da região e de autocorrelação espacial, a propriedade pela qual, áreas mais próximas tendem a apresentar valores similares de uma variável. É recomendável remover os efeitos da variação em larga escala quando deseja-se estudar apenas a variação em pequena escala. Dessa forma, foram usados

métodos de avaliação da variação em larga e pequena escala para identificação de clusters e geração de novas hipóteses sobre a influência de fatores ecológicos na transmissão da doença.

## MATERIAL E MÉTODOS

### **Área de estudo**

O Estado do Ceará está localizado na região do Nordeste brasileiro e conta com área de 148.016 Km. Limita-se ao Norte com o Oceano Atlântico, e ao Sul com o Estado de Pernambuco. A Oeste, faz fronteira com os estados do Piauí e a Leste com Rio Grande do Norte e Paraíba. O último censo demográfico nacional, realizado em 1991, registrou a população total do Estado em 6.366.647 habitantes. Em 1996, procedeu-se uma contagem populacional do Estado em 6.809.794 habitantes. A densidade demográfica foi calculada em 43,5 habitantes por km<sup>2</sup> com taxa de crescimento anual de 1,3. O Estado está dividido em 184 municípios, dos quais 6 foram criados a partir de 1994.

### **Fonte dos dados**

A hanseníase faz parte do grupo das doenças de notificação compulsória no Brasil. O tratamento é feito mediante acompanhamento ambulatorial onde os pacientes recebem a medicação durante o período de 6 até 18 meses. Portanto, os dados coletados parecem ser confiáveis. Apesar disso, as campanhas implementadas em 1995 podem ter influenciado na maior detecção de casos da doença após essa data. Dessa forma, também é provável que alguns municípios possuam subnotificação para o período que antecedeu as campanhas. Foram coletadas as taxas de incidência de hanseníase de 1991 a 1999 dos 184 municípios na Secretaria Estadual de Saúde. Procedeu-se o cálculo de uma média para o período de 1991 a 1999, utilizando estimativa da população para o ano de 1996. Os dados populacionais são oriundos do IBGE. Utilizou-se o mapa do Estado do Ceará digitalizado procedente do IBGE.

## **Processamento e consolidação dos dados**

Os dados foram analisados mediante uso do ArcView versão 3.1, S-Plus for ArcView, S-Plus versão 2000 e módulo S+SpatialStats (Mathsoft, Seattle, WA).

## **Análise Estatística**

Realizou-se a decomposição da variação espacial em larga e pequena escala a fim de verificar existência de estacionariedade. Estimativas da dependência espacial em pequena escala são consideradas válidas na vigência de estacionariedade (ausência de gradiente espacial). A existência de falta de estacionariedade foi verificada e corrigida através da especificação de um modelo de regressão onde a média do processo é modelada em função de indicadores de localização espacial (latitude e longitude). Para a variação em larga escala ou gradiente espacial foi utilizado um modelo “suavizador” não-paramétrico chamado loess. Loess é uma técnica de suavizamento que opera via ajuste de regressão ponderada e local, onde:

$$\text{Loess}(\log(\text{rate})) = \text{longitude} + \text{latitude} + \text{longitude} \cdot \text{longitude}$$

O nível de “localidade” do suavizamento é definido através da “largura da janela”. Nesse caso, optou-se pela janela com largura de 0,5. Ou seja, o loess selecionou apenas 50% das observações que estão mais próximas espacialmente da observação-alvo. O valor suavizado no ponto alvo é obtido através de um ajuste de regressão local ponderada. Os pesos são fornecidos por uma função tri-cúbica, centrada na observação-alvo e decaindo com a distância.

Em seguida, os resíduos desse modelo foram usados para explorar o componente de segunda ordem da variação espacial. Para isso, foi usado o I de Moran que identificou o grau de aglomeração espacial das taxas de incidência de hanseníase.

**I de Moran é definido como:**

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i \sum_j W_{ij} \sum_i (X_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

Na equação acima temos:

$n \Rightarrow$  Número de áreas;

$y_i \Rightarrow$  Valor do atributo considerado na área  $i$ ;

$\bar{y} \Rightarrow$  Valor médio do atributo na região de estudo;

$w_{ij} \Rightarrow$  Pesos atribuídos conforme a conexão entre as áreas  $i$  e  $j$

Este indicador é uma medida de correlação espacial usada para detectar afastamentos de uma distribuição espacial aleatória. Tais afastamentos indicam a existência de padrões espaciais, como por exemplo, aglomerado ou tendência espacial. Os desvios com relação à média de cada atributo são multiplicados pelos desvios da vizinhança, obtidos pela matriz de proximidade espacial, que representa a estrutura e/ou dependência espacial das áreas envolvidas.

O índice de Moran testa se as áreas conectadas apresentam maior semelhança quanto ao indicador estudado do que o esperado num padrão aleatório. A hipótese nula é a de completa aleatoriedade espacial, quando o indicador se distribui a o acaso entre as áreas sem relação com a posição. De uma forma geral, o índice de Moran tende a ter valores entre  $-1$  e  $1$ , quantificando o grau de correlação existente, sendo positivo para correlação direta, negativo quando inversa (Carvalho 1997).

O  $I$  de Moran tem alguma similaridade com o coeficiente de correlação tradicional possuindo valores que variam de  $-1$  a  $1$ , embora esses limites possam ser excedidos, dependendo da matriz de conectividade escolhida. Se não existe dependência espacial o índice apresentará valores próximos de zero, e valores próximos de um indicam a existência de clusters (Elliot et al. 2000). As análises estatísticas foram feitas mediante uso do pacote estatístico S+SpatialStats (Mathsoft, Seattle, WA).

Para estimar a variabilidade de dados de área, uma ferramenta básica é a matriz de proximidade espacial  $W$ . Dados um conjunto de  $n$  áreas  $\{A_1, \dots, A_n\}$  construímos a

matriz  $w$  ( $n \times n$ ) onde cada um dos elementos  $w_{ij}$  representa uma medida de proximidade entre  $A_i$  e  $A_j$ . Esta medida de proximidade pode ser calculada a partir de um dos seguintes critérios:

$W_{ij} = 1$ , se o centróide de  $A_i$  está a uma determinada distância de  $A_j$ , caso contrário  $w_{ij}=0$

$W_{ij} = 1$ , se  $A_i$  compartilha um lado comum com  $A_j$ , caso contrário  $w_{ij}=0$

$W_{ij} = 1_{ij}/1_i$ , onde  $1_{ij}$  é o comprimento da fronteira entre  $A_i$  e  $A_j$  e  $1_i$  é o perímetro de  $A_i$ .

Nesse estudo foi escolhida a matriz de vizinhança de primeira ordem ajustada (Cressie 1991). Nesse caso, uma medida espacial é definida usando o critério de vizinhança de primeira ordem. Então, uma média (centróide-a-centróide) da distância entre os polígonos e o polígono  $i$  é calculada. Um polígono não pertencente a categoria dos polígonos definidos como vizinhos será admitido como polígono vizinho se a sua distância espacial (centróide-a-centróide) do polígono  $i$  for menor que a distância média. O elemento  $x_{[i,j]}$  da matriz  $X$  é 1 se o polígono  $j$  é um vizinho do polígono  $i$  conforme o critério acima mencionado, e é 0 na outra condição.

A figura 1 mostra a taxa de incidência de hanseníase nos municípios do Ceará no período de 1991 a 1999. Observou-se três concentrações de municípios com taxas de incidência elevadas. Há um aglomerado de municípios ao Norte do Estado, onde destaca-se a presença de Sobral, outro aglomerado situa-se ao Centro e um ao Sul, constituído pelos municípios de Crato, Juazeiro do Norte, entre outros. Isso sugere que as regiões com taxas de incidência de hanseníase mais elevadas concentram-se no Norte, Sul e no Centro do Estado.

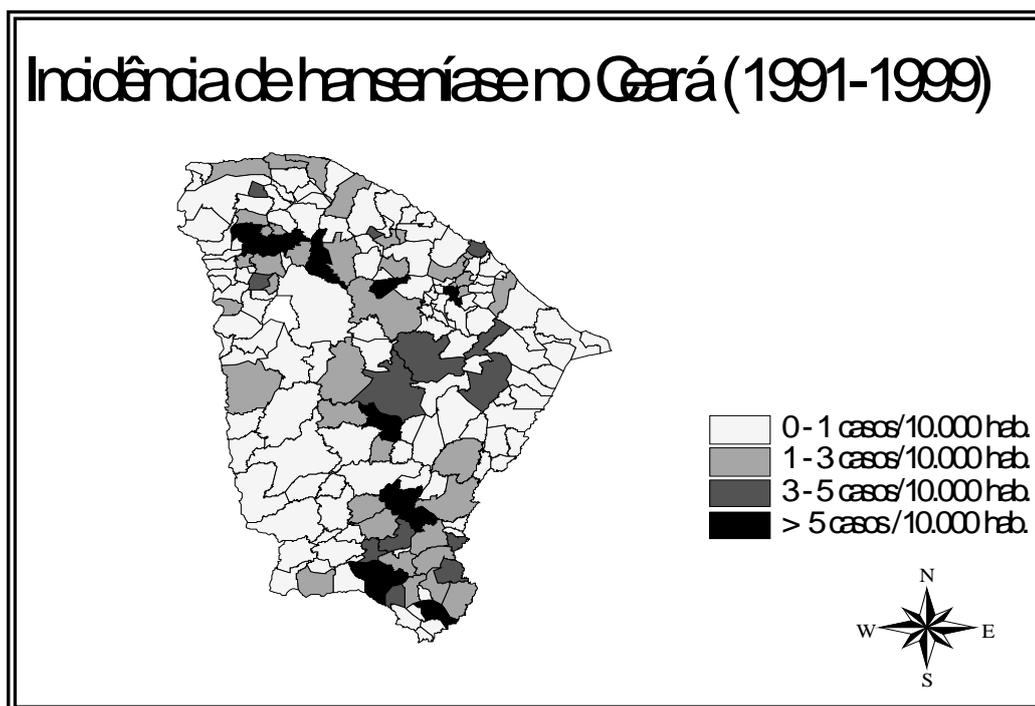
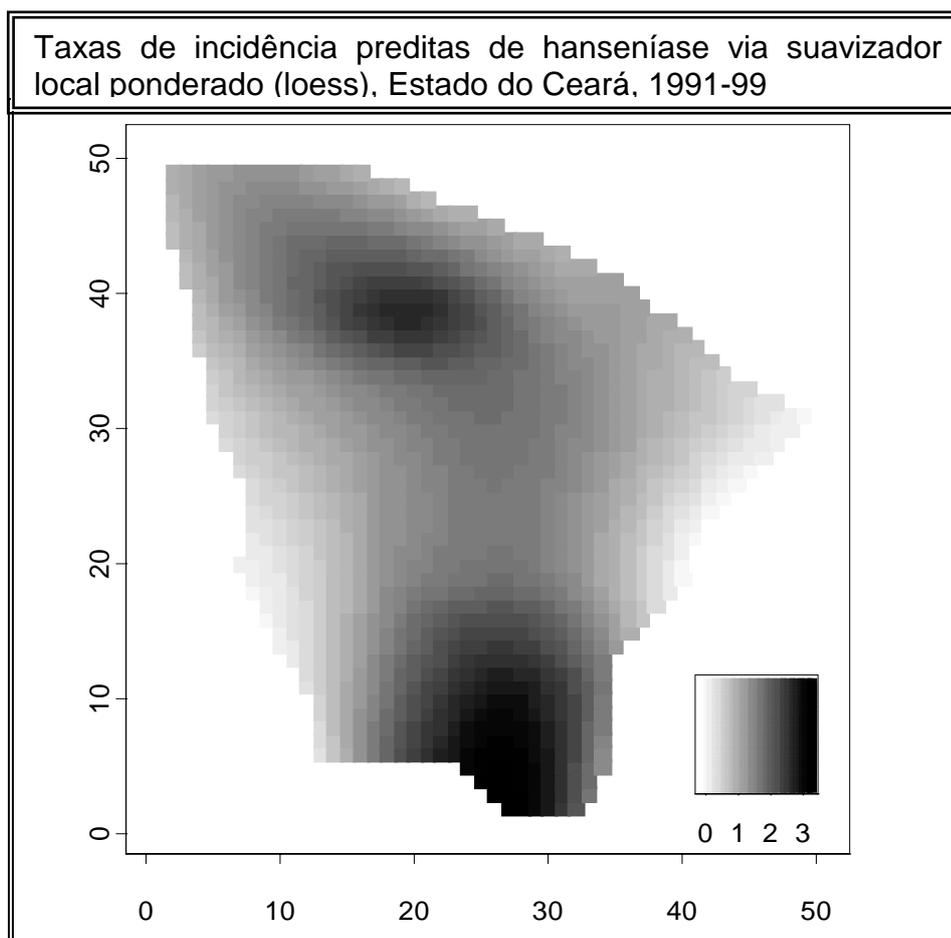


Figura 1- Mapa temático com as taxas de incidência de hanseníase de 1991 a 1999.



**Figura 2** - Apresenta um modelo “loess” que suaviza a superfície de tendência. Existe uma aparente interação entre latitude e longitude, pois ocorre um aumento da tendência correndo entre Norte e Sul no Centro do Estado.

Os resultados foram Moran = 0.37, p-valor < 0.001. Esses valores foram obtidos usando teste de autocorrelação espacial aplicado aos resíduos do modelo de regressão, espacialmente medidos, calculados por meio da matriz de vizinhança de primeira ordem. Os resultados indicam a existência de autocorrelação espacial significativa. Autocorrelação espacial pode ser conceituada como o fenômeno onde observações espacialmente próximas têm valores correlacionados.

## **Discussão**

A distribuição da hanseníase no Estado do Ceará é caracterizada pela formação de aglomerados espaciais. A concentração de municípios com taxas de incidência elevadas foi evidenciada ao Norte, ao Sul e ao Centro do Estado. Curiosamente, essas regiões são formadas por municípios como Sobral, Crato, Juazeiro do Norte que apresentam em comum um maior processo de urbanização e desenvolvimento econômico comparado aos demais municípios do Estado. Apesar disso, compartilham de altos níveis de desigualdade social. Isso sugere a associação da hanseníase com fatores sócio-econômicos e urbanização. Municípios que apresentam serviços de saúde eficientes e de fácil acesso possuem melhores condições para detecção da doença. Por outro lado, a crescente desigualdade social à que são submetidas essas populações, exclui os indivíduos material e socialmente das oportunidades. Dessa forma, apesar de possuírem melhores indicadores absolutos de renda apresentam altas taxas de hanseníase. Ou seja, a desigualdade social parece aumentar a suscetibilidade à doença. Portanto, o nível de distribuição de renda dos municípios pode explicar essa aparente contradição encontrada no estudo que nos mostra municípios mais “ricos” com maior número de doentes. Além desses fatores acima discutidos, não se descarta a possibilidade da influência de fatores ambientais na distribuição da hanseníase no Estado.

Observou-se que muitos municípios não apresentaram nenhum caso da doença durante os anos de 1991 a 1999. Por outro lado, houve municípios onde a incidência só começou a aumentar a partir de 1995, quando campanhas para detecção de casos de hanseníase começaram a ser implementadas. Um aumento na capacidade de detecção de casos pelos serviços de saúde de alguns municípios durante esta década poderia explicar parte dos resultados observados e indicar a possibilidade de subnotificação, principalmente no período anterior às campanhas.

Técnicas de análise espacial oferecem inúmeros subsídios aos sistemas de vigilância epidemiológica. Sua aplicação abrange a identificação de padrões na distribuição das doenças, sugestão de fatores causais ou fontes de exposição, caracterização de áreas de risco à saúde, trazendo contribuições significantes para as ações de controle. Portanto, estudos epidemiológicos envolvendo análise espacial são de extrema importância para a saúde e particularmente, para a hanseníase que vem sendo considerada uma doença de distribuição geográfica irregular. Dessa forma, sugere-se a realização de outros estudos que possam ajudar a esclarecer o papel desempenhado por esses fatores sobre a distribuição hanseníase.

### Referências Bibliográficas

BAILEY, T. C.; GATRELL, A.C. *Interactive Spatial Data Analysis*. New York: Longman, 1995.

CLIFF, A. D. *Ord JK*. Spatial Processes. London: Pion, 1981.

CRESSIE, N. *Statistics for Spatial Data*. Chichester: John Wiley, 1991.

ELLIOT, P. WAKEFIELD, J. C.; BEST, N. G.; BRIGGS, D. J. *Spatial Epidemiology*. Oxford University Press, 2000.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ . Secretaria de Saúde. Diretoria de Saúde. Departamento Técnico de Saúde. Situação Epidemiológica e Operacional da Hanseníase. Ceará-1998.

HASTIE, T. J.; TIBBSHIRANI, R. *Generalized Additive Models*. London: Chapman and Hall, 1990.

HASTING, R. C. *Leprosy*. Medicine in the Tropics. 1985.

HAINING, R.; WISE, S. Ma J. Exploratory spatial data analysis in a geographic information system environment. *Am Stat*, 1998; 47: 457-469.

IZUMI, S.; BUDIAWAN, T.; SAEKI, K.; KAWATSU, K. An epidemiological study on mycobacterium leprae infection and prevalence of leprosy in endemic villages by molecular biological technique. *Indian J Lepr* 1999;71(1);37-43.

LAPA, T. M. *Análise espacial da distribuição da hanseníase no município de Olinda: uma contribuição para o sistema local de vigilância epidemiológica*.1991. Tese de Mestrado.

MANI, M. Z. *Ecological factors in transmission of leprosy*. *Indian J. Lepr* 1996; 68: 375-377.

NELSON, G. S. *Leprosy in the West Nile District of Uganda: Na epidemiological study with special reference to the distribution of leprosy in África*. *Trans Royal Soc Trop Med Hyg*1958;52(2):176-185.

PONNIGHAUS, J. M.; FINE, P. E. M.; STERN, J. A. C.; MALEMA, S. S.; BLISS, L.; WILSON, R. J. Extended Schooling and Good Housing Conditions are Associated with Reduced Risk of Leprosy in Rural Malawi. *Int. J. Lepr* 1994; 62: 345-352.

RICHARDSON, S. *Statistical methods for geographical correlation studies*. In: Elliot P, Cuzick J, English D, Stern R, editors. *Geographical and Environmental Epidemiology: Methods for Small-Area Studies*. Oxford: Oxford University Press, 1996; 181-204.

STERNE, J. A.; PONNIGHAUS, J. M.; FINE, P. E.; MALEMA, S. S.; Geographic determinants of leprosy in Karonga District, Northern Malawi. *Int J Epidemiology* 1995;24:1211-1222.

SZWARCWALD, C. L.; BASTOS, F. I.; ESTEVES, M. A. P.; TAVARES DE ANDRADE, C. L.; PAEZ, M. S.; MEDICI, E. V.; DERRICO, E. *Desigualdade de renda e situação de saúde: o caso do Rio de Janeiro*. *Cad. Saúde Pública* 1999;15:15-28.

TAVARES, C. M. *Evolução da endemia hansênica no Estado do Ceará. Características epidemiológicas e operacionais no período de 1970 a 1996.* Universidade Federal do Ceará 1997. Tese de Mestrado.

VAN BEERS, S. M.; MADELEINE, Y. L.; KLASTER, P. R. *The epidemiology of Mycobacterium leprae: Recent insight.* Feems Microbiol Lett 1996;136(3):221-230.

VISSCHEDIJK, J.; VAN DE BROEK, J.; EGGENS, H.; LEVER, P.; VAN BEERS, S.; KLASTER, P. *Mycobacterium leprae-millennium resistant!*. Leprosy control on the threshold of a new era. Trop Med and Int Health 2000;5(6):388-399.

WAGSTAFF, A.; VAN DOORSLAER, E. *Income Inequality and Health: What Does the Literature Tell Us?* Annu. Rev. Public Health 2000;21: 543-567.

WARNDORFF, D. K. *Leprosy elimination: track and prospects.* Trop. Med. And Int. Health 2000; 5: 385-387.

WERNECK, G. L. *Spatial analysis of the distribution of visceral leishmaniasis in Teresina, Brazil.*

< [www.funasa.gov.br/pub/GVE/GVE0513a.htm](http://www.funasa.gov.br/pub/GVE/GVE0513a.htm) >

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito dessa terceira parte é descrever o processo de elaboração e construção do conhecimento científico, desde o seu início mais audacioso possível, passando por suas descobertas, desencontros e barreiras encontrados pelo percurso, chegando a sua fase final, muitas vezes diferente, mas não menos especial que imaginávamos.

A princípio, escolhi pesquisar sobre a hanseníase por ser essa uma doença tão antiga, ainda obscura, mas felizmente com cura! Como fisioterapeuta que sou, conheço o potencial da doença em causar seqüelas físicas e emocionais profundas em seus portadores. Apesar do interesse pelo estudo relacionado às seqüelas provocadas pela hanseníase e saber que esse assunto está diretamente ligado a fisioterapia, busquei conquistar outros conhecimentos mais abrangentes, ampliando minha visão sobre a doença. Nessa busca, esperei me inserir num contexto de saúde multidisciplinar, onde valorizo a saúde pública em suas fases de prevenção, cura e reabilitação. Dessa forma, espero estar contribuindo também com a fisioterapia, para que ela alargue seu horizontes e cresça ainda mais como ciência.

Inicialmente, essa pesquisa teria cunho qualitativo, mas por motivos operacionais ela tomou outra direção. Assumi a pouca experiência em estatística e informática e aceitei o desafio como uma forma de crescimento intelectual e por que não pessoal. Através de um convênio com a Alemanha, surgiu a idéia de pesquisar a influência dos fatores ambientais sobre a hanseníase. O convênio tinha como objetivo investigar o papel da água, vegetação, solo, temperatura e umidade relativa do ar, entre outros. Porém, a necessidade de investimentos financeiros elevados, dificuldade no acesso aos dados e o pouco tempo para a conclusão da pesquisa impediram a realização dessa meta. Então, resolvemos coletar variáveis com maior disponibilidades nas fontes secundárias. A pesquisa passou a focar variáveis relacionadas a fatores sócio-econômicos, educacionais, demográficos e a questão dos aspectos geográficos e climáticos foi aos poucos colocada em segundo plano.

Os dados coletados, como afirmei, são de fácil acesso, e de fontes confiáveis. Talvez, haja alguma dúvida quanto às informações relacionadas às taxas de hanseníase no período relacionado às campanhas. Muitos municípios não apresentaram nenhum caso da doença durante os anos de 1991 a 1999. Por outro lado, houve municípios onde a incidência só começou a se elevar a partir de 1995,

quando campanhas para detecção de casos de hanseníase começaram a ser implementadas. Um aumento na capacidade de detecção de casos pelos serviços de saúde de alguns municípios durante esta década poderia explicar parte dos resultados observados e indicar a possibilidade de subnotificação principalmente no período anterior às campanhas.

Estudos ecológicos têm a sua função particular de levantar hipóteses sobre a doença, cabendo a confirmação das mesmas através de outros estudos, como por exemplo, o caso-controle. Acreditamos no sucesso da pesquisa em suscitar questões pertinentes a epidemiologia da hanseníase e graças a isso, outra pesquisa do tipo caso-controle está em fase de implantação. Quanto ao relacionamento da hanseníase com os aspectos geográficos e climáticos, fica aqui a sugestão para uma futura pesquisa que valorize esse enfoque.

No que diz respeito, a análise espacial, podemos afirmar que o conhecimento e uso dessa técnica é de valia para as questões relacionadas à saúde pública e, portanto, devem ser incentivados. A análise estatística espacial realizada nessa pesquisa cumpriu apenas algumas etapas, se limitando a descrever o padrão de distribuição espacial da hanseníase e a aplicação do teste de autocorrelação espacial devido à complexidade da metodologia em questão. Por sua utilização relativamente recente, existem poucos profissionais com habilidade e embasamento científico para a troca desse conhecimento.

Após as idas e vindas na análise dos dados, chegamos, para minha surpresa e satisfação, a conclusões que culminaram com uma discussão sobre questões sociais e políticas importantes para nós profissionais da saúde e que dizem respeito a eliminação tão almejada da hanseníase. Acreditamos na necessidade de mudanças estruturais de ordem sócio-econômica que possibilitem melhor qualidade de vida à população para que a hanseníase seja definitivamente eliminada. Esperamos com esse trabalho, ter contribuído um pouco com os órgãos engajados no combate à doença e demais pesquisas relacionadas ao tema.