

A contribuição do NDVI para o estudo epidemiológico da Leishmaniose Visceral Americana, no interior da Bahia

Helen da Costa Gurgel¹
Maria Emília Bavia²
Deborah Daniela Madureira Trabuco Carneiro²
Cruiff Emerson Pinto da Silva³
Cristovam Madureira Filho⁴
Ricardo Bahia Rios²
Maria das Graças Barbosa⁵

¹ Universidade Paris X - França – IRD - US 140 ESPACE - UMR TEMPS
Centre IRD d'Orléans - Technoparc - 5, Rue du Carbone - 45072 - Orléans Cedex 2 - França
helen.gurgel@ens.fr

² Universidade Federal da Bahia, Brasil
Rua Adhemar de Barros, 500, Ondina, Salvador, Bahia, Brasil, CEP 40.170.110
meb12003@hotmail.com, ddmtc@superig.com.br, rrbahia@pop.com.br

³ Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, Brasil
Av. Universitária, Km 3 BR 116, Mod 4, Feira de Santana, Bahia, Brasil, CEP 40.100-000
cruiff.ssa@ftc.br

⁴ Fundação Nacional de Saúde, Brasil
Rua do Tesouro, 21/23 - 7º Andar, Ajuda, Salvador, Bahia, Brasil, CEP 40.020-050
cmadfilho@ig.com.br

⁵ Centro de Informação Anti-Veneno da Secretaria de Saúde do Estado da Bahia
Rua Direita do Saboeiro, s/n, Cabula, Salvador, Bahia, Brasil CEP 41.150-000
maria_grb@hotmail.com

Abstract: The American Visceral Leishmaniasis (AVL) is an important problem in public health in the Brazilian Northeast region. Environmental characterization of endemic areas will contribute to develop control programs for this disease. The absence of easy and low cost modes of adequate data acquisition lead to difficulties in the realisation of this kind of study. The NDVI of the AVHRR/NOAA that has been used like an environmental index in some epidemiological studies appears as a solution for these data problems. The results of this paper show a strong correlation between the NDVI and the regions of the major AVL incidence in the bahian hinterlands. Thus the NDVI database of the AVHRR/NOAA can be very useful in the elaboration of prediction models for the whole Brazilian northeast.

Palavras-chave: NDVI, AVHRR/NOAA, American Visceral Leishmaniasis, epidemiology, Bahia, NDVI, AVHRR/NOAA, Leishmaniose Visceral Americana, epidemiologia, Bahia.

1 - Introdução

Atualmente, muito se tem discutido sobre o retorno de doenças que estavam controladas ou restritas a certas regiões. Diversos estudos relacionam esses eventos às fortes mudanças ambientais que tem ocorrido nas últimas décadas. Neste quadro destaca-se a Leishmaniose Visceral Americana (LVA) ou Calazar, considerada como um grave problema de Saúde Pública. Com transmissão inicialmente associada aos ambientes silvestres ou concentrada em pequenas localidades rurais do interior nordestino, a LVA vem apresentando alteração no seu comportamento nos últimos anos, atingindo centros urbanos de médio porte, como Teresina e Fortaleza (Brasil, 2004).

As ações antrópicas, com transformações das paisagens naturais, como a substituição da vegetação original por atividades agropecuárias, e a ocupação desordenada do espaço geográfico urbano, vem modificando profundamente o espaço ecológico da doença, alterando o comportamento dos vetores e hospedeiros, com conseqüente ampliação das suas áreas endêmicas (Morse, 1995 e Bevilacqua et al, 2001).

Conhecer mais detalhadamente a relação das doenças com o espaço onde ela se reproduz, vêm ajudando a identificar padrões epidemiológicos, que vêm auxiliando no controle e predição de diversas enfermidades. Nesse contexto destacam-se, principalmente, as doenças transmitidas por vetores (principalmente mosquitos), tais como a febre amarela, a malária e a leishmaniose cutânea e visceral (Carneiro et al., 2004 e Aparício e Bitencourt, 2004).

Porém, para se realizar alguns estudos abordando certas informações ambientais, muitas barreiras existem. Tais como o nível de detalhe dos dados disponíveis, as facilidades de obtenção e manipulação das informações existentes, o custo de aquisição dos dados, etc. As geotecnologias (sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas – SIG, GPS, etc.) vêm sendo utilizadas para sanar algumas dessas dificuldades. Sendo empregadas como instrumento de análises espaciais e temporais das transformações ambientais e propiciando a integração dessas variáveis aos estudos epidemiológicos. O que significou um importante avanço qualitativo na pesquisa em disciplinas básicas da saúde pública (Carvalho et al., 2000 e Kistemann et al., 2002).

A LVA vem recebendo especial atenção do Ministério da Saúde, que já reconhece a necessidade da reavaliação do enfoque e dos métodos tradicionais adotados para o controle da doença, uma vez que os investimentos de milhares de reais praticados anualmente por ações governamentais, com os programas de controle, não têm obtido o êxito esperado na redução da incidência e dispersão da doença.

No cenário nacional a LVA encontra-se em ampla expansão geográfica, e a Bahia vem liderando as estatísticas de prevalência (Brasil, 2003) com surtos em regiões com características paisagísticas específicas e com alta taxa de endemicidade. O distrito sanitário de Barra, no noroeste da Bahia, destaca-se como uma das regiões mais atingidas pela a endemia, sendo 1997 o ano de maior incidência, registrando cerca de 30% do total dos casos baianos. Essa região tem características paisagísticas bem distintas, se situando na área de transição entre a caatinga e o cerrado. A concentração de casos em alguns municípios e a completa ausência em outros suscitou a necessidade de conhecer mais detalhadamente a dinâmica ambiental da região.

Recentemente, diversos estudos vêm evidenciando o potencial do uso do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) em estudos epidemiológicos. Grey e Hay (2002), demonstraram que o NDVI tem forte correlação entre precipitação e umidade, além do seu alto potencial em caracterização da cobertura vegetal, fatores esses que influenciam na distribuição e abundância de certos vetores de doenças tropicais, como é o caso da LVA. Baseado nessas informações, o objetivo desse trabalho é de caracterizar espacialmente e temporalmente os municípios atingidos por essa enfermidade, utilizando dados climatológicos e de vegetação disponíveis, dando ênfase à utilização do NDVI originado do AVHRR/NOAA.

2 – Área de Estudo

O distrito sanitário de Barra (**Figura 1**) é uma divisão administrativa da Fundação Nacional de Saúde (FNS) e é composto por 33 municípios do noroeste baiano. Com uma população de cerca de 710.000 habitantes, distribuída por aproximadamente 125.000 Km², situando-se em pleno vale do São Francisco, entre a chapada Diamantina e a Serra Geral de Goiás. Apresenta um clima típico do interior nordestino, passando de um clima seco a úmido, com temperaturas médias variando entre 19,4° e 29°C e com precipitações anuais entre 500 e 2000 mm. Essa grande variabilidade climática se reflete numa paisagem bem diversificada, onde as

vegetações mais típicas são a caatinga, o cerrado e a floresta estacional, encontrando-se também diversas áreas de tensão ecológica (IBGE, 1993). Essa região é uma das mais carentes do estado, apresentando os mais baixos índices de desenvolvimento humano e econômico da Bahia (SEI, 2002). Sua economia se baseia na agricultura, e grande parte da população vive em áreas rurais. Irecê e Barreiras são os centros urbanos mais importantes da região. Esse último vem se destacando pelo forte crescimento que apresentou na última década, tornando-se um importante pólo agropecuário e o maior produtor de grãos do Nordeste, passando a ser uma região de forte atração populacional.

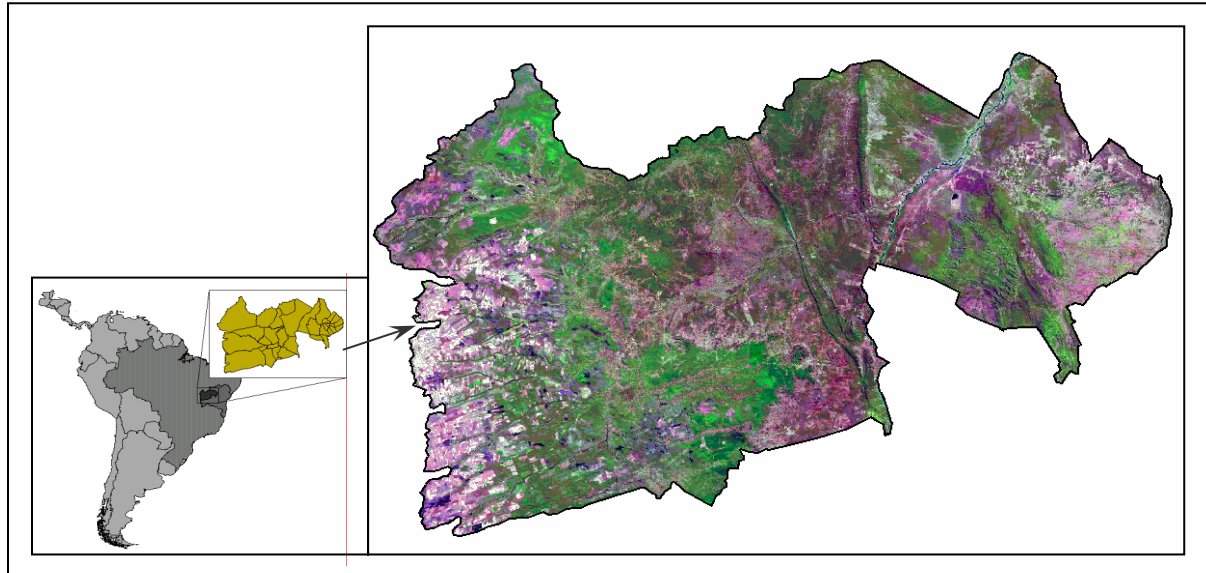


Figura 1 – Localização do Distrito Sanitário de Barra

3 - Material e Métodos

O banco de dados epidemiológicos foi construído a partir da tabulação, das informações referentes ao ano de 1997, obtidas na Fundação Nacional de Saúde. Foi incluído: o registro dos casos positivos caninos, que foi organizado por município de apreensão e número de cães sacrificados; o registro dos casos humanos positivos para a LVA por município; e a presença do vetor, o flebotomíneo. Para a captura do vetor, a equipe entomológica da FNS utilizou armadilhas luminosas, com posterior classificação entomológica. Somente o número de fêmeas foi considerado para o estudo.

Os dados de cobertura vegetal dos 33 municípios foram compilados do banco de dados Atlas do programa SPRING (Inpe, 2004) e foram manipulados no software ArcView. O mapa de vegetação desse banco é originário do projeto RADAM e foi digitalizado pelo IBGE na escala 1:2.500.000.

Devido à falta de dados mensais completos e disponíveis de precipitação e temperatura para todos os municípios da região para o ano de 1997, foi utilizada a média climática dos municípios (SEI, 1999) com o intuito de auxiliar na caracterização da paisagem.

O conjunto de imagens de NDVI utilizado nesse estudo foi produzido pelo Grupo de Estudos de Monitoramento e Modelagem do Inventário Global - *Global Inventory Modeling and Monitoring Study* (GIMMS) da *Goddard Space Flight Center/National Aeronautics & Space Administration* (GSFC/NASA). Essas imagens são composições mensais, obtidas pelo o sensor AVHRR/NOAA (*Advanced Very High Resolution Radiometer - National Oceanic and Atmospheric Administration*), disponibilizadas com resolução espacial de 8 km x 8 km, e abrangem os meses de janeiro 1982 a dezembro de 1999. Informações completas sobre estes dados podem ser encontradas em Goddard (2004). Os dados cobrem toda a América do Sul e

para extrair e manipular as informações, unicamente sobre os 33 municípios do distrito sanitário de Barra, foi realizada uma máscara para cada município sobre o conjunto de imagens, e a seguir foram calculadas as médias mensais para cada município. A manipulação e extração dos dados foram realizadas através do software ENVI.

As análises estatísticas dos dados foram baseadas na análise de correlação não paramétrica de Spearman, ao nível de 5%, no teste-t e no teste de Mann Whitney (Conover, 1971 e Freund e Simon, 2000). Os dados foram analisados através do pacote estatístico SPSS.

3 – Resultados e Discussão

Durante o ano de 1997, a Leishmaniose Visceral Americana teve uma incidência de 05 casos para cada 10.000 habitantes no distrito sanitário de Barra. Foram registrados 374 casos humanos autóctones. Somente em 18% dos municípios que compõem o distrito, não foi registrada a presença de indivíduos positivos.

A partir da **Figura 2**, que mostra a média mensal de NDVI do distrito sanitário de Barra entre janeiro de 1982 e dezembro de 1999 (com exceção do ano de 1994), é possível verificar que o ciclo anual da vegetação nessa região é bem definido. Apresentando dois períodos bem marcados, um onde a vegetação tem uma grande perda de biomassa, que se inicia em junho e tem seu mínimo entre setembro e outubro e outro bem mais verde entre novembro e maio. Pode-se também observar nessa figura algumas flutuações interanuais no NDVI relacionadas com o evento climático El Niño, como, por exemplo, o forte episódio de 1992-93, que provocou uma acentuada queda nos valores NDVI.

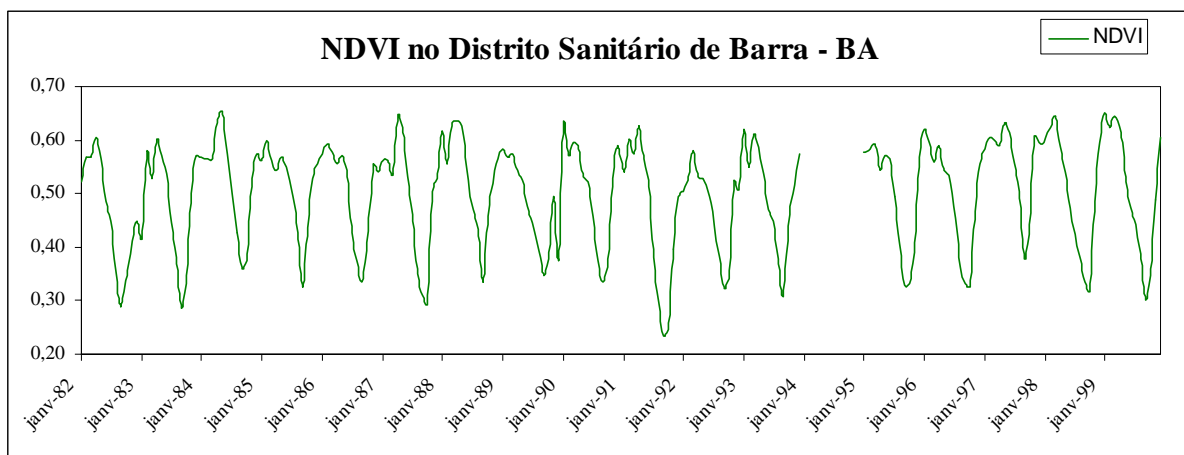


Figura 2 –NDVI mensal do Distrito Sanitário de Barra entre janeiro de 1982 e dezembro de 1999.

Apesar dos diversos tipos de vegetação existentes nessa região, a **Figura 3** mostra que os 33 municípios distrito de Barra apresentam uma dinâmica anual da cobertura vegetal bem semelhante, apresentando um período mais seco e um mais verde bem marcado, como já foi verificado na **Figura 2**. Visto que o NDVI possui uma forte correlação com a distribuição da precipitação (Gurgel e Ferreira, 2003), esse resultado indica que todos os municípios possuem a mesma dinâmica climática, com as estações chuvosas e secas ocorrendo na mesma época.

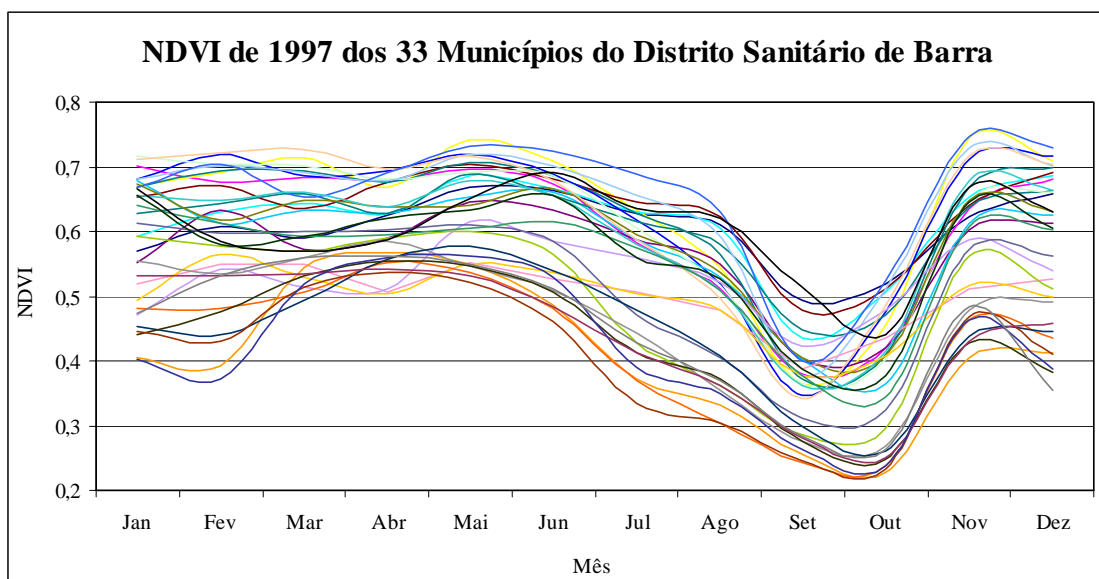


Figura 3 – Média do NDVI mensal dos 33 municípios do Distrito Sanitário de Barra

Ao cruzar o número de casos mensais e a média mensal de NDVI do ano de 1997 (**Figura 4**) constata-se que não há uma relação direta entre a variabilidade temporal do NDVI e a distribuição mensal da LVA. Isto deve estar associado ao tempo de incubação da doença que pode variar de 10 dias a 24 meses, sendo, em média, 2 a 4 meses. Porém ao espacializar os dados de LVA com o NDVI (**Figura 5**) pode-se verificar que a maior parte dos casos foram registrados na região onde ocorrem os mais baixos valores de NDVI. Fato esse que foi comprovado pelo o teste estatístico t-test. Onde se verificou que os valores de NDVI têm uma relação de dependência inversa e estatisticamente significativa ($p < 0,05$) aos casos de LVA, ou seja, quando menor o NDVI maior é a probabilidade da ocorrência de LVA. Nos municípios onde os vetores foram capturados, o mesmo resultado foi encontrado, os menores valores médios de NDVI (0,53) foram registrados nestes municípios em comparação com os demais (0,61).

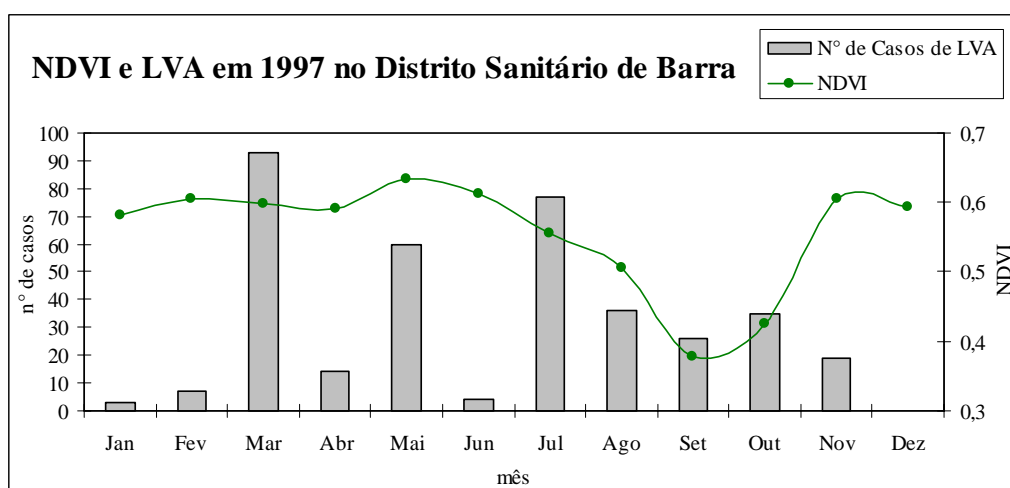


Figura 4 – Casos de LVA e NDVI em 1997 no Distrito Sanitário de Barra

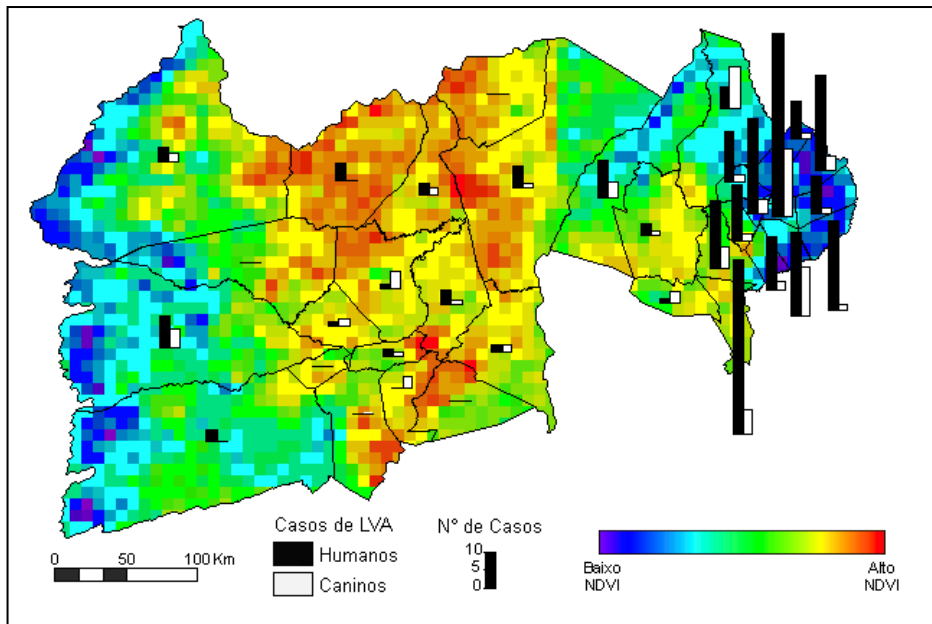


Figura 5 – Imagem média de NDVI derivado do AVHRR/NOAA do período de 1982 a 1999 e os casos humanos e caninos no Distrito Sanitário de Barra.

Analisando a **Figura 6**, que é a espacialização dos casos de NDVI sobre o mapa de vegetação, constata-se que essas regiões de valores mais baixos de NDVI são as regiões com predominância da catinga, o que mostra que a presença da LVA está intimamente ligada a esse tipo de vegetação e que essa variável deve ser incluída nos estudos de modelagem regional de predição da LVA.

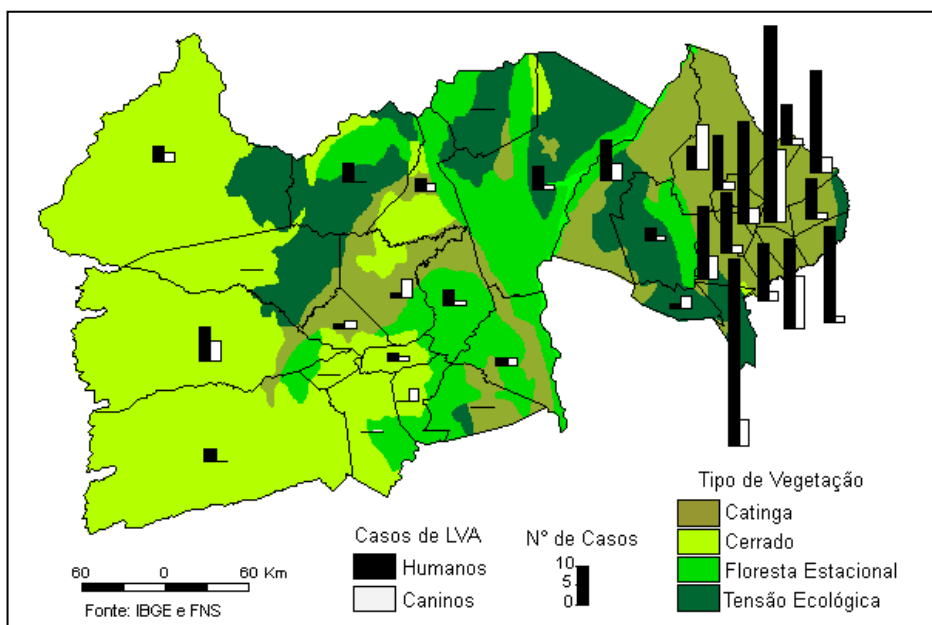


Figura 6 - Mapa de vegetação do Distrito Sanitário de Barra. Adaptado de INPE, 2004.

Com o intuito de verificar a relação entre os casos de LVA e as variáveis ambientais disponíveis, como a precipitação e a temperatura, foram realizados alguns testes estatísticos para verificar a possibilidade da utilização dessas informações na construção de um modelo

de predição regional da LVA. Porém, pelo teste de Mann Whitney, não foi constatado uma relação de dependência da variação da presença de casos de LVA nos municípios em relação à temperatura ($p < 0,05$) e à precipitação pluviométrica ($p < 0,05$). Mostrando que esses dados atualmente disponíveis não são adequados para realizar esse tipo de estudo.

4 – Conclusão

Este trabalho mostra a contribuição da utilização das geotecnologias, destacando-se o uso do NDVI do AVHRR/NOAA, como auxílio na análise espaço-temporal da LVA.

A distribuição temporal mensal e anual do NDVI no distrito sanitário de Barra, mostra que a cobertura vegetal dessa região apresenta um ciclo anual bem distinto, evidenciando a ocorrência de períodos secos e chuvosos bem marcados. A época mais seca se inicia em junho e tem seu auge entre setembro e outubro e a mais úmida e verde ocorre entre novembro e maio. Constata-se também que essa região sofre a influência de eventos climáticos interanuais como o El Niño, provocando queda nos valores de NDVI, o que está relacionado à redução da precipitação na região durante a ocorrência desse tipo de episódio climático.

Ao analisar o NDVI a nível municipal constata-se que a variação mensal é praticamente a mesma em todos os municípios, indicando que a dinâmica climática é semelhante em toda a região.

O cruzamento espacial dos dados de casos humanos e caninos de LVA e da presença de flebotomíneo com os dados de NDVI e vegetação, mostra que a maior parte dos casos e da presença do vetor são registrados em áreas de NDVI mais baixos, que correspondem às regiões de predominância da caatinga. Porém ao distribuir mensalmente esses dados para o ano de 1997, verificou-se que não há uma relação direta com o ciclo mensal da precipitação e as distribuições mensais dos números de casos. Isso deve ocorrer devido ao tempo de incubação da doença que é variável de doente para doente, assim como o tempo que o enfermo leva para buscar assistência médica após ter sido infectado.

A inexistência de correlação entre as médias climáticas mensais de temperatura e precipitação com o registro de casos de LVA mostra que os dados climáticos atualmente disponíveis e que são bastante utilizados em estudos epidemiológicos, não são adequados para a realização de estudos regionais de dinâmicas ambientais da LVA no interior da Bahia. Os dados de NDVI apresentam-se, portanto como uma interessante alternativa de fonte de informação para esse tipo de estudo.

Os resultados alcançados sugerem que os dados de NDVI do AVHRR/NOAA, que são gratuitos e de fácil aquisição e manipulação, são adequados para serem utilizados em modelos regionais de predições espaciais da LVA no Nordeste brasileiro. Sugere também que os recentes bancos de dados de NDVI de satélites como SPOT Vegetation e MODIS, que também estão disponíveis gratuitamente na Internet, podem ser mais uma fonte de informação para a realização de estudos de distribuição da LVA.

Referências

- Aparicio, C; Bitencourt, M.D. Modelagem espacial de zonas de risco da leishmaniose tegumentar americana. **Revista de Saúde Pública**, v.38, n.4, p. 511-516, 2004
- Bevilacqua, P.D.; Paixão, H.H.; Modena, C.M.; Castro, M.C.P.S. Urbanização da leishmaniose visceral em Belo Horizonte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 53: p. 1-8, 2001.
- Brasil. Ministério da Saúde. FUNASA. Coordenação de Controle de Doenças Transmitidas por Vetores. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2003. 120p.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso – 3ª ed.** Brasília: Ministério da Saúde, 2004. 200p.

- Carneiro, D.D.M.T.; Bavia, M.E.; Rocha, W.; Lobão, J.; Madureira, C.; Oliveira, J. B.; Silva, C.E.; Barbosa, M.G.R.; Rios, R.B. Identificação de áreas de risco para a leishmaniose visceral americana, através de estudos epidemiológicos e sensoriamento remoto orbital em Feira de Santana, Bahia, Brasil (2000-2002). **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 28, p. 19-32, 2004.
- Carvalho, M. S.; Pina, M. F.; Santos, S. M. **Conceitos básicos de sistemas de informações geográficas aplicados à saúde**. Brasília: Organização Panamericana de Saúde/Ministério da Saúde, 2000, 124 p.
- Conover, W.J. **Practical nonparametric statistics**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1971; 462 p.
- Freund, J.E., Simon, G.A. **Estatística aplicada: economia, administração e contabilidade** Trad. Alfredo Alves Faria, Porto Alegre: Bookman, 2000. 404 p.
- Goddard Distributed Active Archive Center (DAAC) **Pathfinder advanced very high resolution radiometer (AVHRR) land FTP data**. Disponível em: <http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/FTP_SITE/readmes/pal.html>. Acesso em: setembro 2004.
- Green, R. M.; Hay, S. I. The potential of pathfinder AVHRR data for providing surrogate climatic variables across Africa and Europe for epidemiological applications. **Remote Sensing of the Environment**, v. 79, n. 2-3, p. 166-175, 2002.
- Gurgel, H.C.; Ferreira N.J. Annual and interannual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate. **International Journal of Remote Sensing**, v.24, n.18, p. 3595–3609, 2003.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1993, 154p.
- INPE, Instituto de Pesquisa Espacial **SPRING – Sistema de processamento de informação georeferenciada: Exemplo de bancos de dados**. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/banco.html> > Acesso em: agosto 2004
- Kistemann, T.; Dangendorf F.; Schweikart J. New perspectives on the use of geographical information systems (GIS) in environmental health sciences. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 20, n. 3, p. 169-181, 2002
- Morse, S.S. Factors in the emergence of infectious diseases. **Emerging Infections Diseases**, v. 1: p. 7-15, 1995
- SEI, Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais do Estado da Bahia **Índice de desenvolvimento econômico 2002**. Salvador: SEI, 2002. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/publicacoes/bahia_dados/ide/sumario/sum_2002.htm> Acesso em: setembro 2004.
- SEI, Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais do Estado da Bahia **Anuário estatístico 1999**. Salvador: SEI, 1999 . Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/publicacoes/bahia_dados/anuario_estatistico/sumario/sum_1999.htm> Acesso em: setembro 2004.