ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA INCIDÊNCIA DA MALÁRIA NOS MUNICÍPIOS DE BRAGANÇA E AUGUSTO CORRÊA NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2001 A FEVEREIRO DE 2008

NELSON VEIGA[1]
CLÁUDIA SOUZA[1]
DOUGLAS GASPARETTO[1]
NELSON SOFFIATTI[1]
MOACIR BARREIROS[1]
FABRÍZIO BARBOSA[2]
BENEDITO FERNANDO GOMES[3]

[1]Laboratório de Geoprocessamento – Instituto Evandro Chagas – IEC/SVS/MS
Belém - Pará - Brasil
[2]Universidade Federal do Pará - UFPA
necoveiga@uol.com.br, {claudiacnsouza,jjmonteiro10}@yahoo.com.br,
nelsonsoffiatti@iec.pa.gov.br,
{douglaslabgeo,alves.m.barreiros, fabrizio.b.f}@gmail.com
[3]FUNASA – 4ª Regional de Proteção Social – Capanema - Pará

RESUMO – No âmbito da saúde pública, a integração de diferentes campos de conhecimento, avançou no entendimento das relações espaço-temporais entre o ambiental, o epidemiológico e o antrópico, ante suas resultantes na qualidade de vida local. A interpretação convencional do sensoriamento remoto foi incrementada com técnicas de geoprocessamento, geoestatísticas e redes neurais artificiais (RNAs) para selecionar imagens, certificá-las em campo e treinar o utilitário criado para esse fim. Após a análise dos dados georreferenciados agregados à base cartográfica - ecoepidemiologia da malária, atividade antrópica na área de estudo, ecótopos, criadouros e incidência de casos do agravo - foi possível reconhecer o padrão de reprodução de vetores e ecótopos o que, somado ao modo de ocupação territorial humana, evidenciou o mecanismo de transmissão local da malária. O modelo apresentou resultados úteis à saúde pública quanto à antecipação do tempo de diagnóstico do perímetro de risco e peso qualitativo das frações ambientais, epidemiológicas e antrópicas que mantém a transmissão local da malária.

Palavras Chave – Geoprocessamento; Redes Neurais Artificiais; Geoestatística; Malária.

ABSTRACT – Under health public roles, the integration of different fields of knowledge, advanced the understanding of space-time relations between the environmental, epidemiological and man-ante resulting in their quality of local life. The conventional interpretation of remote sensing has been enhanced with geo-technical, geoestatistics and artificial neural networks (RNAs) to select images, certify them on the field and train the utilitary created for that purpose. After analysis of aggregated data geo-based mapping – ecoepidemiology of malaria, human activity in the study area, ecotopus, breeding location and incidence of cases of the disorder – it was recognized the reproduction pattern of vectors and ecotopus which, added to the human mode of territorial occupation, revealed the mechanism of malaria local transmission. The model presents results useful to public health as anticipation of diagnosis the perimeter of risk and qualitative weight fractions of environmental, human epidemiological on keeping the local transmission of malaria.

Key Words – Geoprocessing; Artificial Neural Networks; Geoestatistics; Malaria **.**

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o desenvolvimento tecnológico tem possibilitado a integração entre diversas áreas do conhecimento que antes, isoladas, não possibilitavam avanços significativos nas análises para tomada de decisão. Dentre estas áreas, a Epidemiologia tem despertado a atenção, porque ela se preocupa com agravos relacionados à saúde, objetivando minimizar a incidência dos mesmos, procurando desenvolver novos métodos de análises aplicados a processos saúde-doença, influenciados por questões sócio-econômicas e ambientais, principalmente nas relações de causa e de efeito desses processos. Um estudo clássico a respeito da distribuição geográfica de doenças foi desenvolvido por James Lind que, em 1768, demonstrou a incidência de doenças em áreas específicas de um território (Barret, 1991, *apud* Terrazas, 2005). O território, na visão da epidemiologia, é uma síntese de processos geográficos, biológicos, econômicos, sociais, históricos e culturais, organizando-se na relação destes processos, os quais, adaptados, são vitais para a explicação das características dos perfis de morbi-mortalidade que se apresentam em diversos níveis sociais e históricos (BRASIL, MS, 2007).

Nesse contexto sabe-se que a malária é um agravo que atinge 40% da população em mais de 100 países. Estima-se que aproximadamente 99.5% dos casos laboratorialmente positivados para malária provêm da Amazônia e deste montante, no ano de 2005, 21% ocorreram no Estado do Pará (SIVEP-MALÁRIA, 2005 *apud* Gasparetto et al, 2007). A recente abertura do espaço amazônico a partir dos anos 70 e a exploração intensiva de áreas rurais aliada à urbanização não planejada, no entorno das cidades, expõe criadouros naturais e faz surgir outros, artificiais, o que, somado aos efeitos da antropização no ambiente, resulta no crescimento da transmissão, pois o vetor desse agravo tem seus criadouros na orla da vegetação, ao abrigo da luz direta (Sioli, 1990) e busca alimento nas áreas próximas, portanto, em locais onde a ocupação humana recente rompeu o equilíbrio natural e substituiu a fauna local como fonte alimentar para o mosquito do gênero *Anopheles*. Isto favorece a proliferação do vetor e a disseminação do agravo (OPAS, 2002 apud Terrazas, 2005). Assim, o tipo de habitação e sua proximidade com criadouros explica a maior intensidade da transmissão da malária e, o caráter migratório da população, para isso contribui pela ausência de resistência em alguns estratos populacionais, mas não corrobora a idéia corrente de que as moradias facilitem a ação vetorial, pois a maior intensidade vetorial, de fato, está no peridomicílio, o que também ocorre em outras áreas da América, Ásia e África (Couto, 2001).

Segundo Foranttini (2002) o vetor transmissor da malária – *Anopheles* - pode voar em condições favoráveis de vento e temperatura, em média, uma distância de 7,2 Km. Este gênero compreende cerca de 400 espécies, dentre elas cinco são consideradas vetores principais no Brasil: *Anopheles* (*Nyssorhychus*) *darlingi*, *Anopheles* (*Nyssorhychus*) *albitarsis*, *Anopheles* (*Nyssorhychus*) aquasalis, *Anopheles* (*Kerteszia*) *cruzi* e *Anopheles* (*Kerteszia*) *bellator* (Guia de Vigilância Epidemiológica, 2005 *apud* Gasparetto *et al*, 2007).

Diante disso, o setor de saúde executa ações de vigilância e contenção específicas e desenvolve bancos de dados com informações sobre morbi-mortalidade armazenadas em diversos Sistemas de Informações de Saúde (SIS), a exemplo o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), o Sistema de Gerenciamento de Localidades (SISLOC), Sistema Informação da Malária (SISMAL) e o Sistema de Vigilância Epidemiológica-Malária (SIVEP-MALÁRIA) que oferecem dados para as análises espaciais, afora os dados locais, obtidos em atualizações através das visitações e procedimentos de monitoração das condições locais de vida e saúde em comunidades.

O avanço dessas metodologias de análise em saúde torna exequível desenvolver técnicas e inovações em geoprocessamento, a partir da integração com outras áreas do conhecimento, como a geoestatística e inteligência artificial (IA). Nesse quadro, a integração de técnicas de geoestatística e geoprocessamento é útil para analisar as informações que identificam padrões de evolução da malária associados a componentes espaciais e temporais. Esse modo de análise permite extrair, manipular e classificar dados para interpretar comportamentos que melhor representam, em modelos, os fenômenos de interesse cujas propriedades são coletadas nos ambientes estudados e representadas em meio digital (adaptado de Gasparetto et al., 2007). Na área de IA as redes neurais artificiais (RNAs) são sistemas computacionais inspirados nos neurônios biológicos que, através de estruturas paralelas, podem produzir saídas a partir de informações de entrada contidas, por exemplo, em imagens de satélite para interpretar e visualizar as relações de causa e efeito entre alvos ambientais e fenômenos ocorridos em determinado espaço e tempo com escala adequada: esse é o objeto tratado pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (adaptado de Ludwig e Montgomery, 2007).

Conceitualmente, os SIGs são utilizados para coletar, modelar, armazenar e analisar informações que descrevem propriedades físicas e não físicas do espaço

geográfico. O escopo de um SIG compreende basicamente dois tipos de dados: (1) dados espaciais a partir de mapas, imagens digitais, estradas, dados físicos, como rios, características do solo e (2) não espaciais, como os socioeconômicos (contagens de censo) e informações de vendas ou marketing (Elmasri e Navathe, 2005). Seguindo essa diretriz, órgãos públicos, no Brasil, vêm construindo bases de dados compatíveis com ambientes de SIGs através de equipes próprias de geoprocessamento, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA) (Barcellos, 2002). Essas aplicações em geoprocessamento utilizam tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais através do processamento informatizado de dados georreferenciados (Castelan, 2006). As bases cartográficas, sobre as quais essas aplicações são apresentadas, utilizam coordenadas geográficas o que permite ampliar o conceito da análise a partir das atividades de sensoriamento remoto, cadastros e investigações de campo para a obtenção de dados que comporão o referencial de análise, segundo os descritores conceituais selecionados para cada tema (Valdepenã, 1994, *apud* Castelan, 2006).

O embasamento teórico acima mostra que a malária é doença infecto contagiosa de etiologia parasitária sob interferência de variáveis socioeconômicas e ambientais; sua incidência sobre determinada população tem padrão dependente da maneira como o equilíbrio ambiental é rompido pela ação humana e de suas resultantes bióticas e abióticas, em razão da intensidade dessa interferência e pela ausência de habilidade e conhecimento da população afetada para contornar o risco estabelecido.

O presente trabalho constituiu-se em uma atualização com aplicação de técnicas de geoestatística, geoprocessamento e IA (especificamente a técnicas de RNAs) para subsidiar a análise ecoepidemiológica da malária com a geração de um modelo de análise espaço-temporal de sua incidência, nos municípios de Bragança, nas comunidades do Acarajó e Fazendinha, e Augusto Corrêa na comunidade do Treme, no período de Janeiro de 2001 a Fevereiro de 2008.

2 METODOLOGIA

Para a geração do modelo de análise espacial dos dados de malária nos Municípios de Bragança e Augusto Correa, a pesquisa constituiu-se nas seguintes atividades: revisão bibliográfica, levantamento das bases de dados cartográficas, epidemiológicas e das fontes locais de informação referente às áreas de estudo, além dos conteúdos dos SIS, tais como o SINAN, SISLOC, SIVEP-MALÁRIA. Adotou-se o critério da representatividade temática ao selecionar as imagens a certificar em campo, ou seja, as áreas selecionadas apresentam convergência de ação humana com alterações ambientais, criadouros de vetores e casos de malária laboratorialmente confirmados. Foi realizado trabalho de campo de georreferenciamento, utilizando receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS), para a coleta de dados referente à criadouros naturais e artificiais de formas imaturas de vetores, pessoas positivadas laboratorialmente e caracterização ambiental de peridomicílio, nas comunidades do Acarajó e Fazendinha, no município de Bragança e na comunidade do Treme, em Augusto Corrêa, localizados na região nordeste do Pará, cujas sedes municipais têm coordenadas geográficas 01º 03´ 47.9´´*s* 46º 46` 24.0´´*w* e 01º 01´ 18.0´´*s* 46º 38´42.0´´*w*, respectivamente.

Na etapa laboratorial foram consideradas as informações estatísticas coletadas em campo e as amostras de imagens alvo para certificação da verdade terrestre. Nesse sentido, o trabalho laboratorial seguiu as etapas: pré-processamento das imagens do satélite LandSat TM 5, órbita ponto 222-061 de 20 de junho de 2008, utilizando uma versão demonstrativa do software ERDAS 8.3, que produziu a conversão das imagens brutas do formato TIFF para IMG; foram compostas as bandas para gerar a falsa cor (RGB) e o georreferenciamento dos dados de campo. Após o georreferenciamento das imagens, realizou-se a classificação neural supervisionada das imagens de satélite utilizando o software ERDAS com o algoritmo ISODATA, resultando na identificação dos tipos de vegetação presentes na área do estudo, a partir das imagens certificadas em campo.

Utilizou-se o software Arcview 3.2 para desenvolver a expressão visual da distribuição espacial – mapas temáticos - da incidência da malária nas comunidades e para identificar áreas de risco de transmissão segundo o modelo de Foranttini (2002).

Para as análises geoestatísticas, utilizou-se o software Sistema R sobre a base de dados do SISLOC e SIVEP-Malária, com o objetivo de analisar variações no número de casos de malária.

Esta metodologia considerou as inflexões do Índice Parasitário Anual (IPA), demonstrando as diferenças entre as análises com este índice e o número absoluto de casos em cada comunidade estudada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do inter-relacionamento das informações contidas nos bancos de dados epidemiológicos e fontes de dados locais, bem como das bases de dados cartográficas de drenagem, rodovias, localidades, sedes municipais e da cena do satélite LandSat TM 5 de 20 de Junho de 2008, órbita ponto 222-061 e levando em consideração os estudos de Foranttine (2002) comprovando o deslocamento médio do vetor em vôo, foi possível identificar as localidades em área de risco cujas populações podem estar expostas à contaminação e transmissão da malária, conforme figura 1.

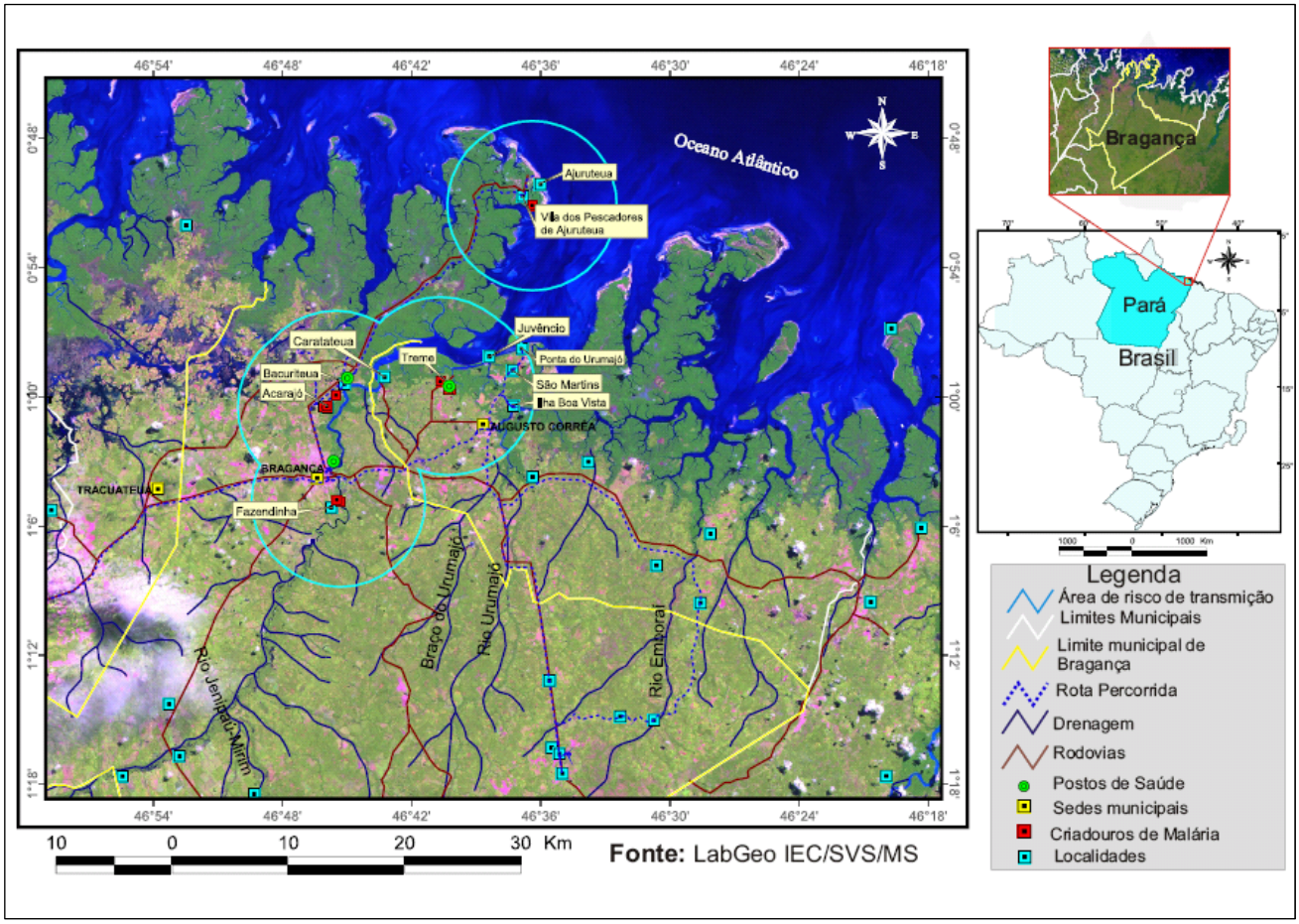

Figura 1 – Identificação das áreas de risco de transmissão e contaminação por malária.

A imagem digital é um poderoso recurso para captar, armazenar e recuperar informações (Kaufmann et al, 1998 *apud* Gasparetto et al, 2007). Nesse sentido foi possível identificar, na área de estudo e arredores, características ambientais propícias a propagação do vetor. A partir disto, foi feita a caracterização ambiental da região, utilizando a imagem classificada pela RNA, conforme figura 2.

.

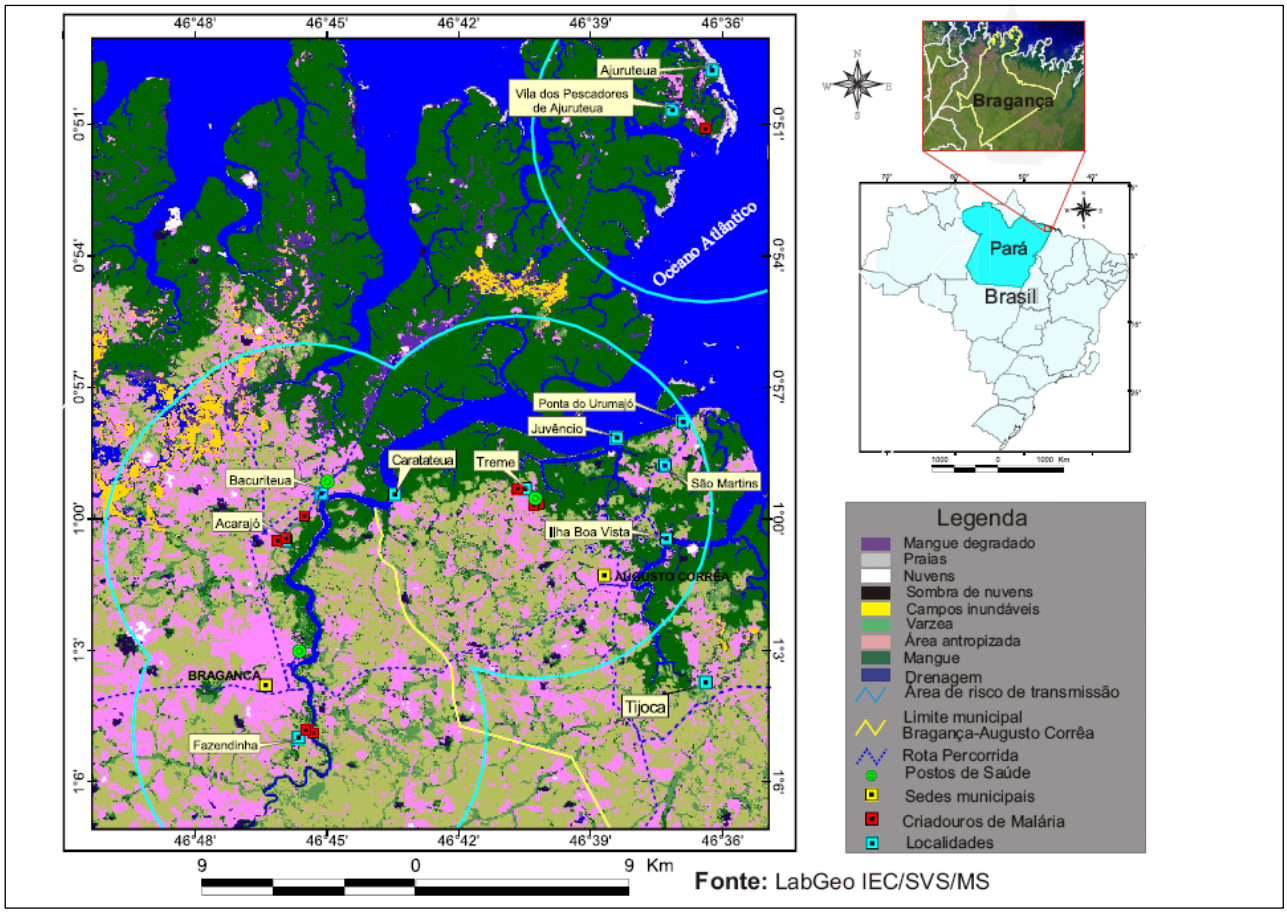

Figura 2 – Imagem Classificada pela RNA.

Com a utilização das técnicas de geoestatística, foi possível mostrar a densidade do número de casos positivos de malária, seu deslocamento e seu comportamento histórico relacionado ao período de 2001 a 2008.

A partir disto observou-se, com base no número de casos positivos por mês, conforme figuras 3 e 4 que a análise na comunidade da Fazendinha mostra o número de casos positivos foi expressivo em relação às demais comunidades, pois ao agregar o índice parasitário anual – IPA a posição da linha se inverte, tornando-se a mais representativa entre as três comunidades examinadas; em 2005, essa comunidade encontrava-se sobre dois criadouros, daí porque índices tão altos. A análise da série histórica na comunidade do Treme, evidenciou um padrão de crescimento e posterior redução do número de casos positivos, constante de Janeiro a Março, aumentando a partir de então até Julho, que foi o mês de maior incidência do agravo, tornando a diminuir até Dezembro. Na comunidade do Acarajó, a incidência da malária diferiu das demais comunidades, observando-se o efeito pepita, ou seja, uma discrepância do número de casos no mês de Setembro, caracterizando, neste período, um surto. A interseção dos dados epidemiológicos, ambientais e antrópicos, conforme proposto no modelo mostrou que, também em Acarajó, houve a convergência de ecótopos, criadouros e casos de malária, do que resultou o surto aqui identificado.

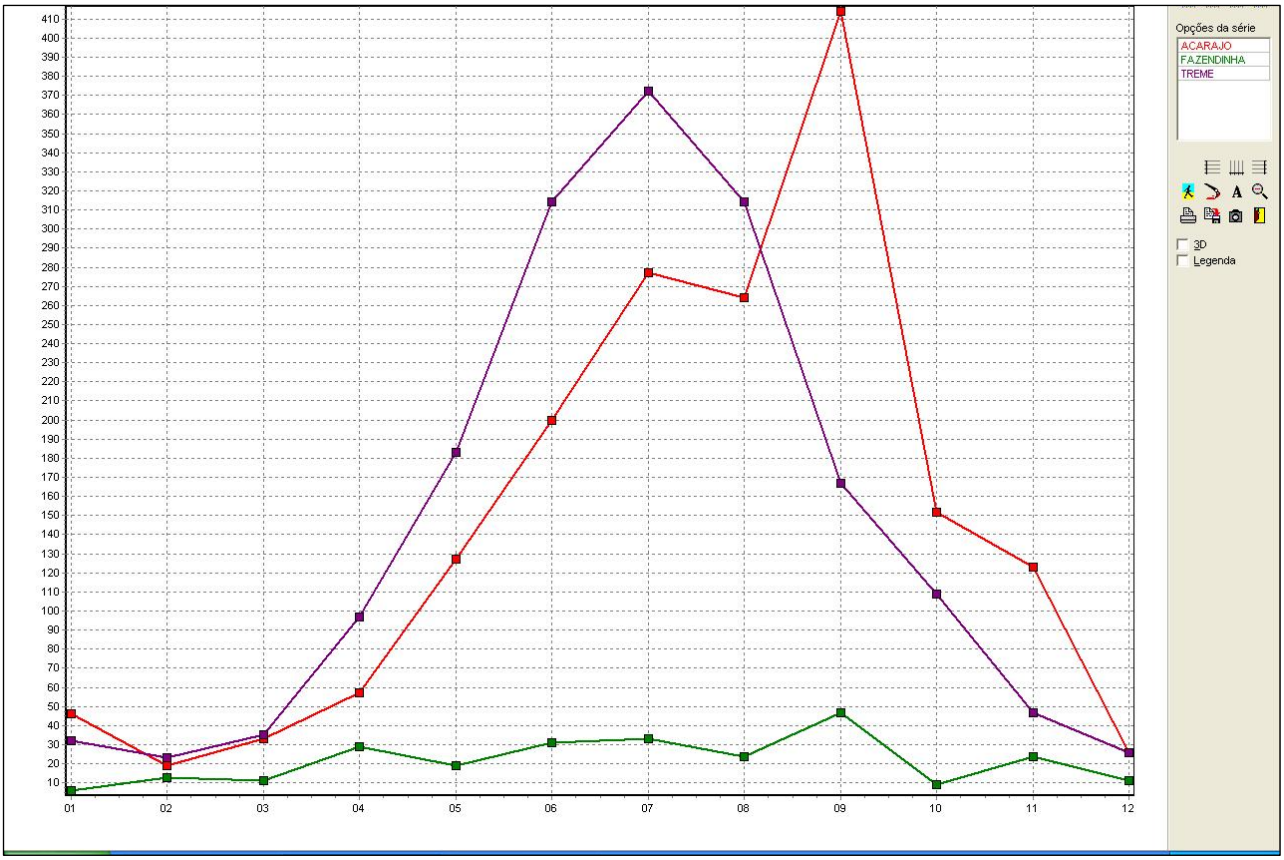

Figura 3 – Série temporal do número de casos positivos de malária por mês dos anos de 2001 a Fevereiro de 2008.

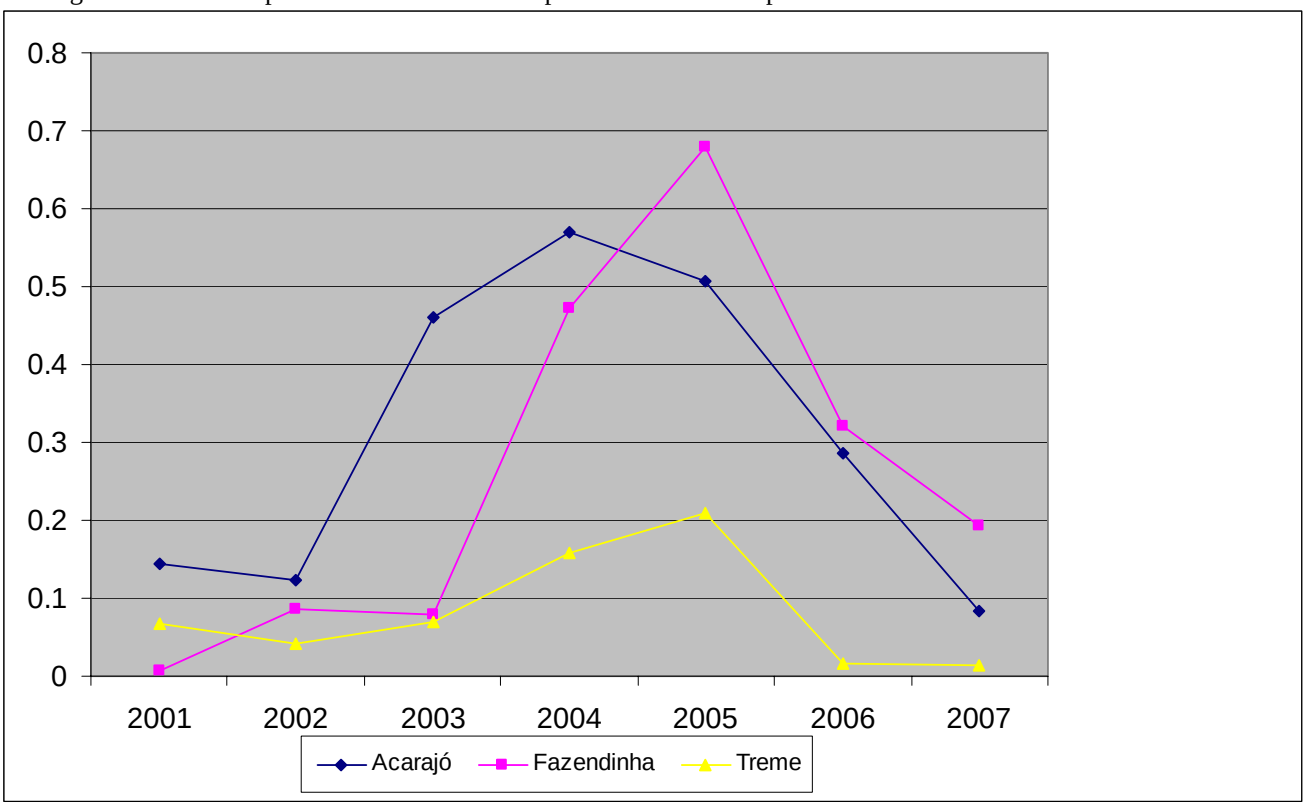

Figura 4– Série temporal com o índice parasitário anual (IPA) relativo à Figura 3.

Analisando os gráficos de evolução da malária com base no número de casos positivos por ano, nas três comunidades estudadas, conforme figura 5, pode-se observar que no ano de 2008, até o mês de Fevereiro não ocorreram casos de malária laboratorialmente confirmados. Em Acarajó a incidência, manteve-se uniforme de 2001 a 2002, aumentando a partir de então até 2004 chegando em 455 casos e diminuiu até 2007 com 67 casos positivos. Na comunidade da Fazendinha a variação de casos nos anos de 2004 a 2007 mostrou o máximo de 95 casos positivados do agravo. Na comunidade do Treme a série histórica apresenta variação chegando a 623 casos positivos de malária em 2005, caracterizando neste período, o efeito pepita, produzido pelo surto de malária.

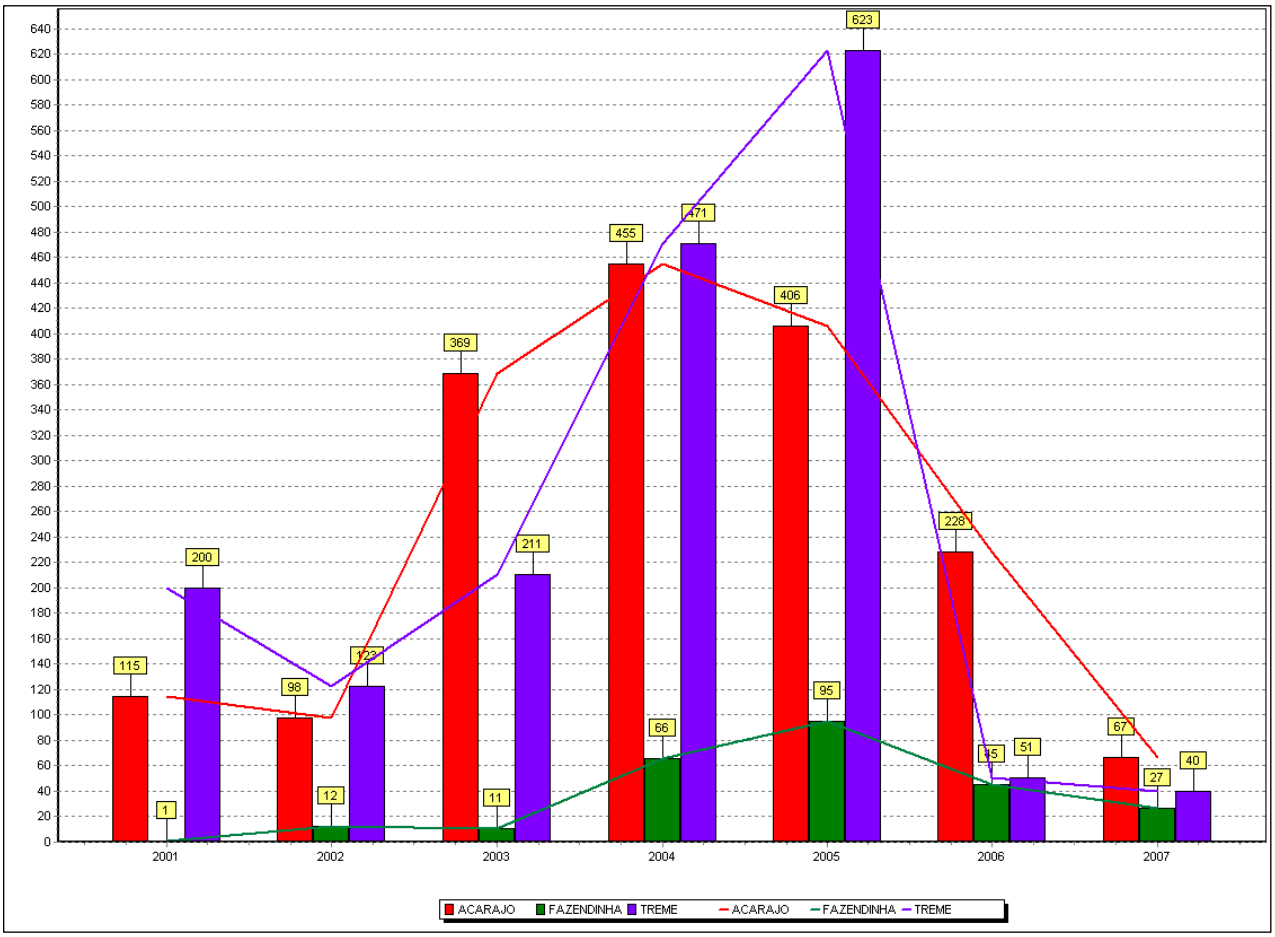

Figura 5 – Série temporal do número de casos positivos de malária dos anos de 2001 a Fevereiro de 2008.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As comunidades da Fazendinha, Acarajó, Bacuriteua, Ajuruteua, Vila dos Pescadores de Ajuruteua, Caratateua, Treme, Juvêncio, Ponta do Urumajó, São Martins e Ilha Boa Vista, bem como as sedes municipais de Bragança e Augusto Corrêa permanecem na área de risco identificada em 2007, apesar de haver incidência significativamente menor demonstrada nas estatísticas.

Os mesmos recursos de geoprocessamento, geoestatística e RNAs utilizados no primeiro estudo em 2007 confirmaram, na atualização de 2008, que a malária mantém padrão não homogêneo na evolução do número de casos confirmados e que, a redução também desigual deu-se, na comunidade do Treme, a partir de agosto de 2005; e, nas demais, em outubro de 2006, constatando-se desde então, a menor incidência da doença até o início de 2008.

A incidência do agravo permanece concentrada no sentido do litoral para o interior nas comunidades, como se verifica nas figuras 3 e 4 e, na sede do município de Bragança não há casos autóctones recentes de malária devido às ações de vigilância realizadas e que ainda se mantém, como no bairro Vila Sinhá, cujas ocorrências foram controladas após a

comprovação de um caso externo. Em Augusto Corrêa houve pulverização e vigilância ativa o que também contribuiu para reduzir a incidência.

As alterações na incidência da malária na área de estudo podem ter ao menos duas origens: primeiro, a variação na relação entre os componentes do modelo – ambiente, epidemiologia e presença humana – resultando em redução do agravo porque a nova relação desfavoreceu a transmissão. Outra possibilidade é a ocorrência de ação específica de contenção ou combate não inserida no estudo.

Durante os trabalhos de campo os depoimentos de agentes de saúde atuantes na área sugerem a possibilidade de dois fatores terem influenciado a redução no agravo: a seca em 2006-2007 reduziu drasticamente a disponibilidade de água nas áreas dos criadouros diminuindo seu número e o de vetores o que resultou no rompimento temporário da cadeia de transmissão, pela falta de um de seus elementos, no caso o mosquito *Anopheles*; isto ocorreu nas áreas rurais, onde se localizam as comunidades objeto deste estudo.

O padrão de vigilância epidemiológica ativa, com monitoramento ostensivo, nos dois municípios, utiliza descentralização laboratorial – nas comunidades – favorecendo, desta forma, diagnosticar mais precocemente a malária e seu modo de transmissão o que permite o bloqueio da cadeia em menor tempo, fatos que contribuem para a involução da malária, como foi observado no período de 2001 a 2002 nas sedes dos municípios e nas três comunidades estudadas, sendo que a partir de então e até 2005 houve um aumento no número de casos, reduzidos até início de 2008.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, Christovam. RAMALHO, Walter. 2002. **Situação Atual do Geoprocessamento e da Análise de Dados Espaciais em Saúde Brasil**. Disponível em http://www.ip.pbh.gov.br/ANO4_N2_PDF/ip0402barcellos.pdf.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Sistemas de Informações Geográficas e análise espacial na Saúde Pública** Volume 2. Brasília 2007.

CASTELAN, Viviane. **Uso do Geoprocessamento como Ferramenta de Auxílio na Distribuição de Alunos da Rede Pública de Ensino:Estudo de Caso do Município de Santa Luzia**. 2006. Disponível em http://www.cgp.igc.ufmg.br/centrorecursos/2006/VivianeCastelan.pdf.

COUTO, Álvaro R. **Caracterização de *Cepas* de *Plasmodium Falciparum* e Monitoração Longitudinal da Resistência a Drogas em duas Áreas da Amazônia Brasileira**. Tese de Doutorado. UFPA/MPEG, 2001.

ELMASRI, Ramez, NAVATHE, Shamkant B. **Sistemas de Banco de Dados**. Editora: Pearson Addison. 2005.

FORATTINI, Oswaldo Paulo. **Culicidologia Médica, vol. 2: Identificação, Biologia, Epidemiologia**. São Paulo:Editora da Universidade de São Paulo. 2002

GASPARETTO, Douglas et al. **Sistema Multifuncional de Avaliação Ecoepidemiológica Aplicado a Prevalência da Malária - SISMAE**.Trabalho de Conclusão de Curso – TCC. 2007.

LUDWIG, Oswaldo Jr. e MONTGOMERY, Eduard Costa. **Redes Neurais: Fundamentos e Aplicações com Programas em C**. 2007. Editora Ciência Moderna.

BRASIL, MS. Série: **Capacitação e atualização em geoprocessamento em saúde**. Sistemas de Informações Geográficas e análise espacial na Saúde Pública.Volume 2 . 2007.

SIOLI, Harald. 50 **Anos de Pesquisas de Limnologia na Amazônia. Acta Amazonica**. Vol.36 $n^0$3. Manaus 2006. Disponível em www.scielo.br/pdf/aa/v36n3/v36n3a01.pdf.

TERRAZAS, Wagner C. M. **Desenvolvimento de SIG para Análise Epidemiológica da Distribuição Espacial da Malária no Município de Manaus – Um Enfoque em Nível Local**. 2005.