

Análise espacial da doença de Chagas no estado do Pará no período de 2010-2014

Ricardo José de Paula Souza e Guimarães^{1,2}
Juliana Raiyanni Sousa Neto²
Karla de Souza Santos^{1,3}
Alessandra Rodrigue Gomes⁴

¹Laboratório de Geoprocessamento - Instituto Evandro Chagas/SVS/MS
Rodovia BR-316 km 7 s/n - Levilândia - 67030-000 - Ananindeua-PA, Brasil
ricardojpsg@gmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Saúde Animal na Amazônia - Universidade Federal do Pará
Campus II, Av. BR 316, Km 62 - 68743-970 - Castanhal-PA, Brasil
juliannarayanne@hotmail.com

³Faculdade Estácio de Belém - IESAM
Av. Gov. José Malcher, 1148 – Nazaré - 66055-260 - Belém - PA, Brasil
karla.pehse@gmail.com

⁴Centro Regional da Amazônia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Av. Perimetral, 2651- Guamá - 66077-830 - Belém-PA, Brasil
alessandra.gomes@inpe.br

Abstract. Chagas disease is a very large public health problem in the Brazilian Amazon region. Transmission of vector-borne diseases is often associated with changes in vegetation cover. Thus, the use of geoprocessing is extremely important because it contributes to the structuring and analysis of risk factors for the population. The objective of this study was to evaluate the spatial behavior of Chagas' disease in the state of Pará in the period 2010-2014 using geoprocessing tools. Data from Chagas disease (CD) were obtained from SINAN-NET. Other sources of data collection were: IBGE, INPE and Google Earth Engine. The processing, analysis and interpretation of data were performed in TerraView and ArcGis software. In the spatial analysis were used the Global Moran Index, Local Moran Index (LISA), Kernel density estimation and Kernel ratio. The total of 9,737 cases of Chagas' disease was obtained from 82 municipalities of Pará. The correlation test showed a positive correlation between the disease and the population and a negative correlation between the disease and EVI / NDVI. The LISA allowed the identification of clusters of areas, visualizing spatial dependence and analyzing spatial variability behavior. The Kernel presented in all the studied years a cluster of greater intensity in the municipality of Abaetetuba. The results of the correlation analysis showed that constant deforestation and population increase may be interfering with the increase in CD cases. The Kernel analysis indicated the locations for disease control and monitoring.

Palavras-chave: geoprocessing, Chagas disease, big data, kernel, geoprocessamento, doença de Chagas, megadados, kernel.

1. Introdução

Doença de Chagas (DC) é causada pelo *Trypanosoma cruzi* cujo vetor é o triatomíneo (*Hemiptera, Reduviidae*), também conhecido como barbeiro. O ciclo de vida do *T. cruzi* inclui a passagem obrigatória por vários hospedeiros mamíferos, fazendo com que os barbeiros possuam hábito alimentar hematófago. A DC é um problema de saúde pública muito grande na região amazônica brasileira (Argolo et al., 2008; Brasil, 2009).

A doença é encontrada principalmente na América Latina, onde é endêmica em 21 países e é responsável por cerca de 12.000 mortes humanas por ano (Paho, 2011). No Brasil após a colonização das Américas a espécie adentrou o país, sendo responsável pela transmissão intradomiciliar. O primeiro surto agudo da doença de Chagas na Amazônia brasileira foi

descrito na década de 60 no estado do Pará. Considerados de natureza autóctone, porém não estavam relacionados a forma tradicional de transmissão vetorial, penetração de *T. cruzi* através da pele, propondo ser outra forma a via de transmissão (Shaw et al., 1969; Valente et al., 1999).

Mesmo estando controlada a transmissão vetorial no país, casos da doença puderam ser notados em algumas localidades nos últimos anos por contaminação via oral, associados ao consumo do vinho do açaí (*Euterpe oleracea*), como no estado do Pará localizado na região Norte (Xavier, 2013). No Brasil, estima-se que cerca de um milhão e novecentas mil pessoas possuam o mal de Chagas (Rassi-Junior et al., 2010) e cerca de 600 novos casos agudos da DC são registrados na Amazônia brasileira (Valente et al., 2009).

A transmissão de doenças por vetores está associada com as mudanças da cobertura vegetal, particularmente com o desmatamento (Romana, 2007). A transmissão envolvendo o homem se deu, a partir dos desmatamentos que ocorrem de forma desordenada, e que são comuns na Amazônia, situação que vem modificando o cenário epidemiológico da doença, promovendo inclusive, o crescimento da população vetorial (Souza, 2013).

Estudos demonstram que a taxa anual de desmatamento na Amazônia brasileira é cerca de dois milhões de hectares. De 2010 até 2014 aproximadamente 28.892 km² foram desmatados na Amazônia Legal. Neste mesmo período, o estado do Pará foi o estado com o maior índice de desmatamento no Brasil com cerca de 12.752 km² (Brasil, Projeto Prodes, 2016).

O desmatamento de extensas áreas rurais altera os padrões climáticos de uma região, fazendo com que a transmissão de doenças transmitidas por vetores se associe com as mudanças da cobertura vegetal (Dias, 2011).

O uso de técnicas de geoprocessamento é possível fazer o mapeamento de doenças, análise da distribuição geográfica das espécies e avaliar os fatores de risco para a população e o controle das doenças (Gomes et al., 2011; Guimarães et al, 2012). Também, permite a análise clara dos dados alcançados, para assim expor os resultados dessas análises em mapas gráficos (Barbosa et al., 2015).

O objetivo desse estudo foi avaliar o comportamento espacial da doença de Chagas no estado do Pará no período de 2010-2014 utilizando ferramentas de geoprocessamento.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo foi o estado do Pará, situado na região Norte do Brasil. A vegetação do Pará é predominantemente Floresta Tropical Pluvial com clima quente e úmido. O estado possui seis Mesorregiões compreendidas por 22 Microrregiões, em um total de 144 municípios. O Pará tem uma área de 1.247.955,381 km² de e a estimativa de 8.272.724 de habitantes no ano 2016 (IBGE 2013, 2016). A Figura 1 mostra a localização espacial do Pará com suas mesorregiões e municípios.

Os dados da DC foram obtidos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN-NET) no período de 2010-2014.

As Bases Cartográficas e os dados da população foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - <http://www.ibge.gov.br/>).

Os dados de desmatamento e uso do solo foram obtidos do Projeto PRODES (<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>) e TerraClass (Almeida et al, 2016).

Os dados de *NDVI* e *EVI* do mesmo período foram obtidos do MODIS/MOD13Q1 utilizando o *Google Earth Engine* (<https://code.earthengine.google.com/>).

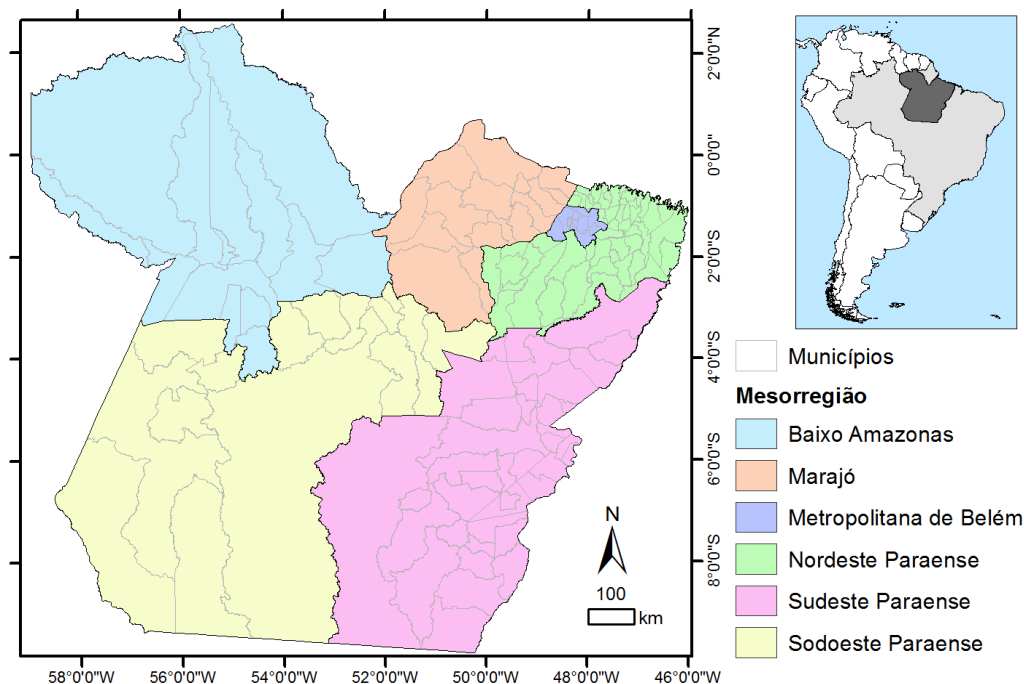


Figura 1. Localização espacial do Pará, mesorregiões e municípios.

Todos os dados obtidos foram armazenados em um Banco de Dados Geográfico (BDGeo). O BDGeo foi importado/armazenado em um SIG para a edição dos elementos gráficos, estabelecimento de relações topológicas entre os elementos e seus respectivos atributos, análises espaciais e visualização do resultado através de mapas temáticos.

Foi utilizado na análise espacial o Índice de Moran Global (IMG), Índice de Moran Local (LISA), estimador de densidade Kernel, Razão de Kernel. Essas análises foram realizadas nos programas *TerraView* (<http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>) e *ArcGis* (<http://www.esri.com/>).

Para avaliar a significância da estatística I de Moran, as seguintes hipóteses são estabelecidas baseado no teste citado por Braga et al. (2011):

H_0 : $I = 0$ (não existe autorrelação espacial entre os municípios);

H_1 : $I > 0$ (existe autorrelação espacial positiva entre os municípios).

Na hipótese H_0 , a variável aleatória DC é independente e identicamente distribuída, então todas as permutações dos valores de DC entre os municípios são igualmente prováveis. Assim, o p -valor do teste será:

$$p - \text{valor} = \frac{NIS}{N+1} \quad (1)$$

Onde: NIS representa o número de índices simulados com valores maiores do que o valor do índice observado $I_{(0)}$, e N é o número total de índices simulados. Rejeita-se a hipótese H_0 quando no teste de nível α se valor $p < \alpha$. ($\alpha=0,05$).

Foi realizada uma análise de correlação para verificar a existência ou não de correlação entre a doença de Chagas e os índices de vegetação (EVI e NDVI), incremento de desmatamento e a população estimada por ano.

3. Resultados e Discussão

Foram obtidos do SINAN 9.737 registros de casos de DC em 82 municípios do estado do Pará nos anos de 2010-2014. A Tabela 1 mostra um resumo do número de casos por ano, o incremento de desmatamento e a população estimada pelo IBGE no período de estudo e nos municípios que apresentaram casos de DC.

Tabela 1. Resumo dos casos, desmatamento e população em 82 municípios do Pará nos anos de 2010-2014.

Ano	Casos	Incremento	População
2010	1.111	2.363,5	5.720.338
2011	1.599	1.655,9	6.209.819
2012	2.338	1.124,5	6.277.130
2013	2.348	1.512,0	6.413.197
2014	2.341	1.249,6	6.493.303

O teste de correlação entre os casos de doença de Chagas e as variáveis *EVI*, *NDVI*, incremento de desflorestamento e população mostraram correlação positiva entre a doença e a população e negativa com o *EVI* e *NDVI*. Também, foi observado que existe correlação positiva entre o incremento de desmatamento com os índices de vegetação *EVI* e *NDVI*.

Para análise de autocorrelação espacial foi construída uma matriz de vizinhança para os 144 municípios de Belém, sendo definida por municípios contíguos com pelo menos um ponto em comum.

A Tabela 2 mostra os valores do Índice Global de Moran (IGM) que apresentaram associação espacial positiva para todos os anos e com uma significância abaixo de 0,05 (p-valor) rejeitando a hipótese (H_0) de ausência de autocorrelação espacial, ou seja, a DC apresenta o padrão de agrupamento.

Tabela 2. Índices Global de Moran (IGM) para os anos de 2010-2014.

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
IGM	0,185	0,334	0,192	0,350	0,208	0,281
p-valor	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,04

O Índice de Moran Local (LISA) obteve um valor específico de correlação para cada município, permitindo, assim, a identificação de aglomerados de áreas, visualizar a dependência espacial e analisar o comportamento da variabilidade espacial.

Nos *Box Map* da DC (Figura 2) observa-se a presença de aglomerado (*hotspot*) de elevado índice nas mesorregiões Metropolitana de Belém, Marajó e Nordeste Paraense em quase todos os anos.

Essas mesorregiões (Metropolitana de Belém, Marajó e Nordeste Paraense) apresentam as áreas de clusters com os valores do atributo estudado e a média de seus vizinhos positivos (Q1 - verde). As mesorregiões do Baixo Amazonas, Sudeste Paraense e Sudoeste Paraense ocorrem o inverso: áreas de clusters que apresentam valores do atributo e a média de seus vizinhos negativos (Q2 - vermelho). As áreas que não seguem o mesmo processo de dependência espacial de Q1 e Q2 estão distribuídas em todas as mesorregiões. Essas áreas são consideradas de transição (Q3 e Q4, respectivamente verde e vermelho claro).

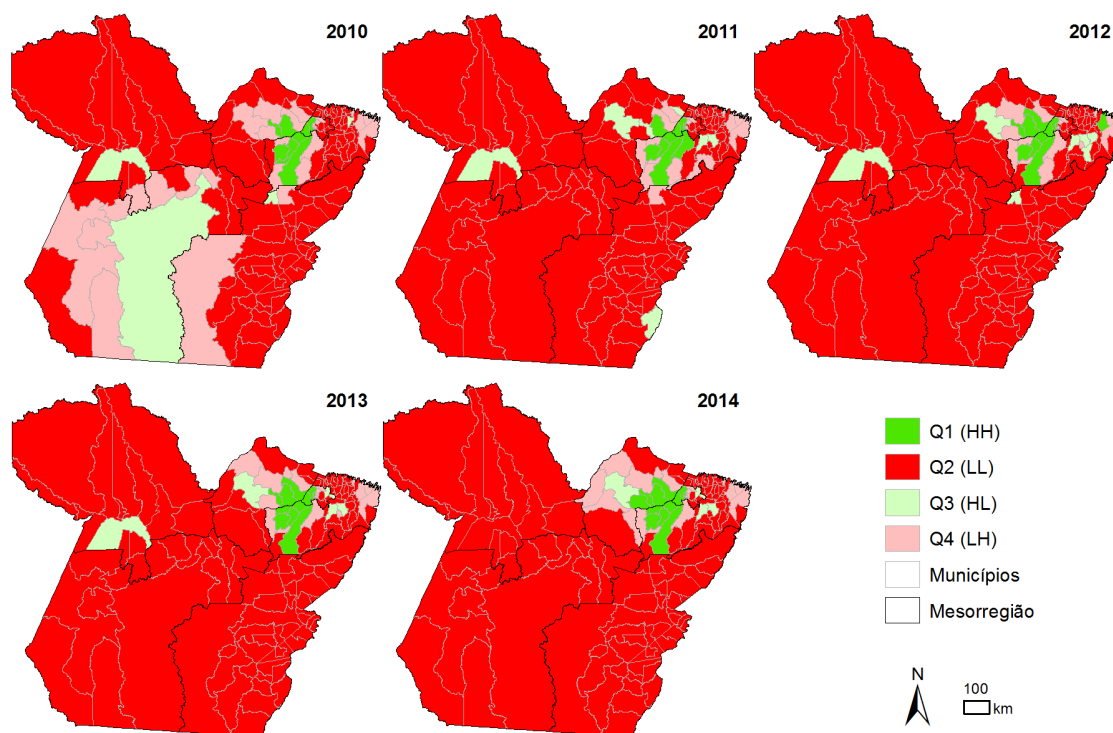


Figura 2: Box Map do comportamento da DC por ano no estado do Pará.

As Figuras 3 e 4 mostram a estimativa da densidade Kernel por área e por população, respectivamente, dos municípios do Pará com dados de DC por ano.

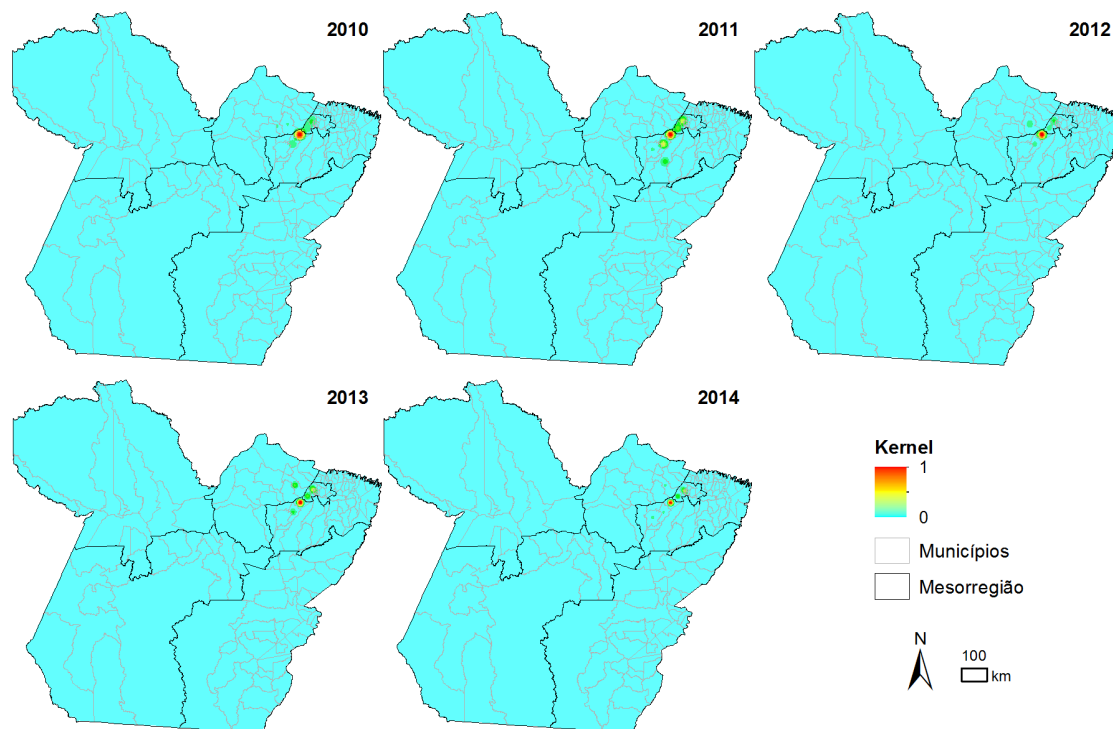


Figura 3: Aplicação do estimador de densidade Kernel nos casos de DC por ano.

Observando a Figura 3 observa-se a presença de um aglomerado (em vermelho) centralizado no município de Abaetetuba (mesorregião Nordeste Paraense) em todos os anos analisados.

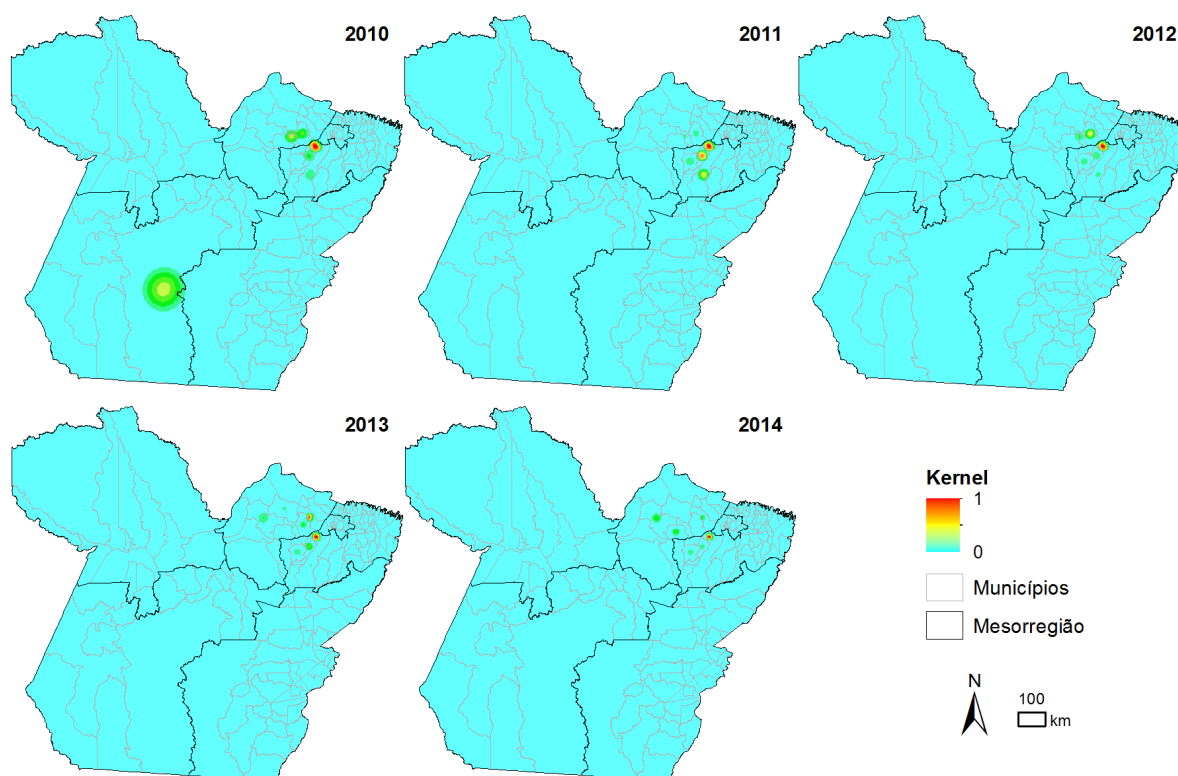


Figura 4: Aplicação da Razão de Kernel nos casos de DC relacionados com a população por ano.

Quando aplicado a razão de Kernel (Figura 4), o comportamento é diferente devido ao tamanho da população de cada município. Todos os anos analisados apresentam o mesmo aglomerado no município de Abaetetuba de maior intensidade da Figura 3, porém, apresentaram outros aglomerados de maiores intensidades em Igarapé Mirim (2011) e Ponta das Pedras (2012, 2013); e, vários de menor intensidade em Altamira e São Sebastião da Boa Vista (2010), Moju (2011) e Muaná (2012).

4. Conclusões

Os dados aqui apresentados mostraram um aumento superior a 100% de número de casos de doença de Chagas no estado do Pará de 2010 para 2014. Nesse mesmo período, ocorreu uma diminuição de quase 50% do desmatamento e a população subiu cerca de 15%. Os resultados da análise de correlação mostraram que o desmatamento constante e o aumento da população podem estar interferindo nesse aumento de casos de DC. Situação preocupante principalmente por se tratar principalmente da transmissão oral pelo vinho do açaí, uma fruta típica da região e que faz parte do consumo diário dos paraenses.

As ferramentas de geoprocessamento utilizadas neste estudo foram importantes para a espacialização da doença e, dessa maneira, indicar os locais para serem feitos o monitoramento e controle. É importante e fundamental que haja campanhas para educação da população de forma preventiva para o controle da doença nessas áreas de risco.

Novas análises serão realizadas para modelar a relação espaço-temporal da doença de Chagas no estado do Pará.

Agradecimentos

A Secretaria de Estado de Saúde Pública (SESPA) por ter cedido o banco de dados do SINAN e ao programa de Bolsa de PIBIC do IEC/CNPq (Karla de Souza Santos - processo: 125826/2016-8).

Referências Bibliográficas

- Almeida, C.A.; Coutinho, A.C.; Esquerdo, J.C.D.M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C.G.; Dessay, N.; Durieux, L.; Gomes, A.R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 3, p.291-302. 2016.
- Argolo, A.M.; Félix, M.; Pacheco, R.; Costa, J. **Doença de chagas e seus principais vetores no Brasil**. Rio de Janeiro. Fundação Oswaldo Cruz / Imperial Novo Milênio, 2008. 67 p.
- Barbosa, C.S.; Souza, A.T.O.F.; Leal Neto O.B.; Gomes, E.C.S.; Araújo, K.C.G.M.; Guimarães, R.J.P.S. Turismo de risco para esquistossomose mansônica em Porto de Galinhas, estado de Pernambuco, Brasil. *Rev. Pan-Amaz de Saúde*, v. 6, n. 1, p. 51-58. 2015.
- Braga, A.S.; Silva, N.C.N.; Oliveira, M.S.; Santos, G.R. Análise de dados de área aplicada a dois indicadores econômicos de mesorregiões do estado de Minas Gerais. *Rev. Bras. Biom*, v. 29, n. 3, p. 369-395. 2011.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia de vigilância epidemiológica** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – 7. ed. – Brasília : Ministério da Saúde. 816 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). 2009.
- Brasil. 2016. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Projeto Prodes - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>. Acessado em: 30/09/2016.
- Dias, F.B.S. **Aspectos ecológicos da Tripanossomiase Americana em comunidades do médio Tapajós, Pará, Brasil, e riscos de transmissão do *Trypanosoma cruzi* às populações humanas da região**. 2011. 191 p. Tese (Doutorado em Doenças Infecciosas e Parasitárias) - Centro de Pesquisas René Rachou, Belo Horizonte. 2011.
- Gomes A.C., Silva J.D.S.S., Barros I.C., Gomes M.L.C. Geoprocessamento e SIG aplicado a doença de chagas no município de João Costa-PI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 8350-8357. On-line. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1058.pdf>>. Acesso em: 30/09/2016.
- Guimarães, R.J.P.S.; Sousa Junior, A.S.; Pinheiro, A.F.; Dias, R.S.; Dias, F.A.; Neves, A.L.L.; Vale, I.S.S.; Palacios, V.R.C.M.; Veiga, N.G. Geoprocessamento aplicado à análise ecoepidemiológica da Doença de Chagas nos municípios de Abaetetuba e Barcarena, no Estado do Pará, Brasil, entre 2000-2011. In: Simpósio SELPER, 15, 2012, Cayenne. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2012. Artigos, p. 1-6. On-line. Disponível em: <http://www.selperbrasil.org.br/selper2012/PDF/FP_SELPER-041.pdf>. Acesso em: 30/09/2016.
- IBGE. 2013. Área Territorial Oficial 2013 (DOU nº 248 - Resolução Nº PR-4/2014). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: 28/07/2015.
- IBGE. 2016. Estados@ - Pará. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=pa>>. Acessado em: 30/09/2016.
- PAHO (Pan American Health Organization). **Alcanza Un Hito Clave En La Lucha Contra La Enfermedad de Chagas (Bolivia reached a key milestone in the fight against Chagas disease)**. Bolivia. 2011. Disponível em: <http://www.paho.org/uru/index.php?option=com_content&view=article&id=354:-bolivia-alcanza-un-hito-clave-lucha-contr-enfermedad-chagas&catid=697:noticias>. Acessado em: 23/08/16.
- Rassi, J.R.A.; Rassi, A.; Marin-Neto, J.A. Chagas disease. *Lancet*, v. 375, p. 1388-1402. 2010.
- Romana, C. O controle da tripanossomiase americana requer vigilância ecológica e social da emergência de risco. In: Teixeira ARL, **Doença de Chagas e Evolução**. Ed. UnB. Brasília, cap. 17, p. 233-251. 2007.
- Shaw, J.J.; Iainson, R.; Fraiha, H. Considerações sobre a epidemiologia dos primeiros casos autóctones de doença de Chagas registrados em Belém, Pará, Brasil. *Revista de Saúde Pública*. v. 3, p. 153-157, 1969.
- Souza, D.S.M.; Monteiro, M.R.C.C. **Manual de recomendações para diagnósticos, tratamento e seguimento ambulatorial de portadores de doença de chagas**. Belém-PA. 50p. 2013
- Valente, S.A.S.; Valente, V.C.; Fraiha NETO, H. Considerations on the epidemiology of Chagas disease in the Brazilian Amazon. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, v. 94 (Suppl. 1), p. 395-398. 1999.
- Valente, S.A.S.; Valente, V.C.; Pinto, A.Y.N.; Cesar, M.J.B.; Santos, M.P.; Miranda, C.O.S.; Cuervo, P.; Fernandes, O. Analysis of an acute Chagas disease outbreak in the Brazilian Amazon: human cases, triatomines, reservoir mammals and parasites. *Trans Royal Soc Trop Med Hyg*, v. 103, p. 291-297, 2009.
- Xavier, S.C.C. **Análise espacial como ferramenta para definição de áreas de risco de emergência de surtos de doença de Chagas aguda no estado do Pará**. 2013. 140 p. Tese (Doutorado em Biologia Parasitária) – Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 2013