



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS GEOGRÁFICOS

IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE FORTE INFLUÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO NA TRANSMISSÃO DA MALÁRIA EM MANAUS-AM

Jaidson Nandi Becker

Atualmente a malária é considerada um dos mais relevantes problemas de saúde pública existentes no mundo. A doença esta condicionada à interação de três fatores: o parasito (plasmódio), o hospedeiro (homem) e o vetor (mosquito). Sua transmissão é atribuída à forma de ocupação do solo, a exploração dos recursos naturais, ao movimento humano e as características sociais e culturais de dada região (Barbieri e Sawyer, 1996).

No Brasil aproximadamente 99,8% dos casos são contraídos na Região Amazônica, onde as condições ambientais e socioculturais são favoráveis à transmissão da doença (BRASIL, 2010).

Segundo Pindolia et al (2012), o movimento humano tem sido citado entre as mais significativas causas da dificuldade no controle e eliminação da malária. Para Prosper et al (2012), o movimento humano pode resultar na persistência da malária em regiões onde a mesma deveria extinguir-se.

Neste sentido, este estudo tem por objetivo identificar as áreas de forte influência do movimento humano na persistência da malária em Manaus/AM. Desta forma comprovando a hipótese levantada por Prosper.

Método

O estudo foi aplicado ao município de Manaus/AM por tratar de uma área endêmica para a malária, por apresentar um programa de vigilância epidemiológica atuante e principalmente por possuir quase a totalidade das LTM (Localidade Transmissora da Malária) georreferenciadas (95,96%, 831 de 866). Os dados utilizados no estudo foram referentes o ano de 2011, foram eles:

- Coordenadas espaciais das LTM, disponibilizados pelo SIVEP_malária.
- Dados de notificação da malária, disponibilizados pelo SIVEP_malária.

Os dados de notificação da malária constam dos registros de pacientes atendidos com suspeita da doença. Somente os registros de notificação positiva para casos novos (incidentes) foram utilizados, descartando os casos mal curados e

considerados reincidentes (prevalentes). Dos casos incidentes, unicamente os casos autóctones à Manaus foram analisados (casos naturais).

O Plano Nacional de Controle da Malária descreve a LTM (Localidade de Transmissão da Malária) como sendo a menor unidade epidemiológica de agregação de dados para a doença. A função da LTM é possibilitar a formação de um banco de dados geográfico para acompanhamento, monitoramento e avaliação das ações de controle da malária. Sendo o georreferenciamento para cada LTM realizado pelo registro de um único par de coordenadas geográficas (ponto).

A identificação das áreas de forte influência do movimento humano na transmissão da malária foi realizada pela determinação do: (a) potencial de infecção e (b) índice de importação. Posteriormente foi gerado o (c) fluxo epidemiológico para as áreas de influência identificadas.

A lógica para a identificação destas áreas é que uma área fonte de malária deve ter índice de importação negativo (“exportar” casos), se possuir índice positivo (importar casos) há uma grande probabilidade da malária persistir e proliferar em função do movimento humano.

O estudo obedeceu os passos mostrados no diagrama abaixo:

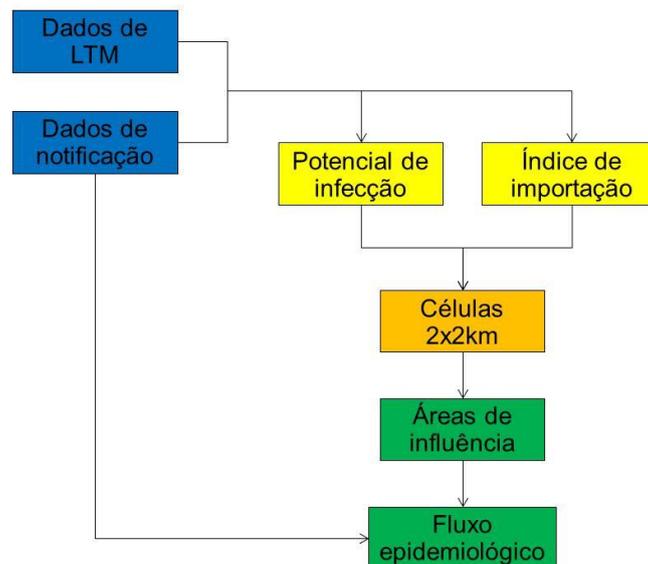


Figura 01: Diagrama da metodologia.

Foi criada uma grade regular com células de 2x2 km sobre o espaço das LTM e atribuídas a estas células o valor médio do potencial de infecção e do índice de importação das LTM nelas espacialmente contidas. O tamanho de células 2x2 km foi adotado baseado na capacidade de voo do mosquito *Anopheles darlingi* (principal vetor da malária ano Brasil) que é entorno de 2 km.

De modo complementar fez-se uma breve análise da paisagem nas áreas de forte influência identificadas. Pois, conforme Lambin et al (2010) a paisagem pode ser utilizada como uma indicação (associação) da presença de vetores e hospedeiros da malária.

Tal análise foi realizada pela sobreposição das áreas identificadas à imagem composição RGB das bandas 5, 4 e 3 do satélite Landsat 5 (órbita 231, ponto 62 de 31/08/2011 - disponibilizadas pelo INPE).

Potencial de infecção

O potencial de infecção visa identificar LTM fontes e sumidouros da malária. Os termos “fontes” e “sumidouros” da malária foram retirados de Wesolowski et al (2012) e estão diretamente relacionados aos conceitos de chegada, estabelecimento e disseminação de doenças exóticas descritos por Randolph e Roger (2010). Resumidamente, as fontes da malária são áreas onde os três fenômenos da doença ocorrem (chegada, estabelecimento e disseminação), sendo a mesma então transmitida, assim persistindo. Enquanto, os sumidouros da malária são áreas onde a doença chega mas não se estabelece, não havendo disseminação ou transmissão da mesma, portanto extinguindo-se.

A equação elaborada para a determinação do potencial de infecção é apresentada abaixo:

$$\text{Potencial de infecção } (P_i) = \frac{\text{Casos por local de provável infecção } (C_i)}{\text{Casos por local de residência } (C_r)}$$

onde:

se $C_i > 0$ e $C_r = 0$, então $P_i = C_i$

se $C_i = 0$ e $C_r = 0$, então $P_i =$ inexistente (livre de malária)

A equação foi aplicada para cada LTM referente à Manaus. Para $P_i > 1$ definiu-se LTM como fonte de malária, considera-se que um indivíduo infectado residente na LTM transmitiu a doença a um número maior de indivíduos que ele próprio. Para $P_i < 1$ definiu-se LTM como sumidouro de malária, considera-se que um indivíduo infectado e residente na LTM transmitiu a doença a um número menor de indivíduos que ele próprio. Para $P_i = 1$ definiu-se LTM como área indeterminada.

Explicando: “casos por local de provável infecção”, que é o número de infecções ocorridas na LTM, e “casos por local de residência”, que é o número de infectados residentes na LTM.

Índice de importação

Quando um paciente contrai a infecção em uma LTM diferente da sua LTM de residência é dito que este é um caso importado, pois ele importou a doença de outra LTM para sua LTM de residência. Perceba que o foco está na LTM de residência (a LTM importa a doença). A mesma situação, mas observada do ponto de vista da LTM de provável infecção, chamaremos aqui vulgarmente de casos exportados. Portanto, uma mesma LTM pode ter casos importados e exportados.

O índice de importação será calculado pela seguinte equação:

$$\text{Índice de importação (Ii)} = \frac{\text{Casos importados} - \text{Casos exportados}}{\text{Casos importados} + \text{Casos exportados}}$$

Igualmente ao potencial de infecção, a equação foi aplicada para cada LTM de Manaus. Perceba que os possíveis valores resultantes da equação variam de -1 a 1. Para resultado de valor positivo a LTM mais importa casos do que exporta e o contrário (mais exporta que importa) para resultado de valor negativo.

Fluxo epidemiológico

Considerando que os casos exportados são os que “emigram” de uma LTM para outra e os importados os que “imigram”, então sua classificação depende do ponto de vista de quem observa. Isto é, os casos que emigram de uma LTM são os que imigram em outra, formando fluxos, aqui chamados de fluxos epidemiológicos.

Resultados

A tabela 01 mostra um resumo dos valores de casos de malária notificados para Manaus em 2011.

Tabela 01: Número de casos de malária em Manaus no ano de 2011.

Casos	Por local de provável infecção	Por local de residência
Total	16.821	18.862
Incidentes	14.603	16.340
Autóctones à Manaus	14.282	

A figura 02 apresenta a espacializações das LTM georreferenciadas referentes à Manaus. Algumas LTM pertencem geograficamente ao Município de Rio Preto da Eva. Por resultado de pactuação realizada entre os dois Municípios estas LTM são atendidas pela Vigilância Epidemiológica de Manaus quanto às ações de controle da malária. Portanto serão consideradas como pertencentes ao território de Manaus, sendo incluídas no estudo.

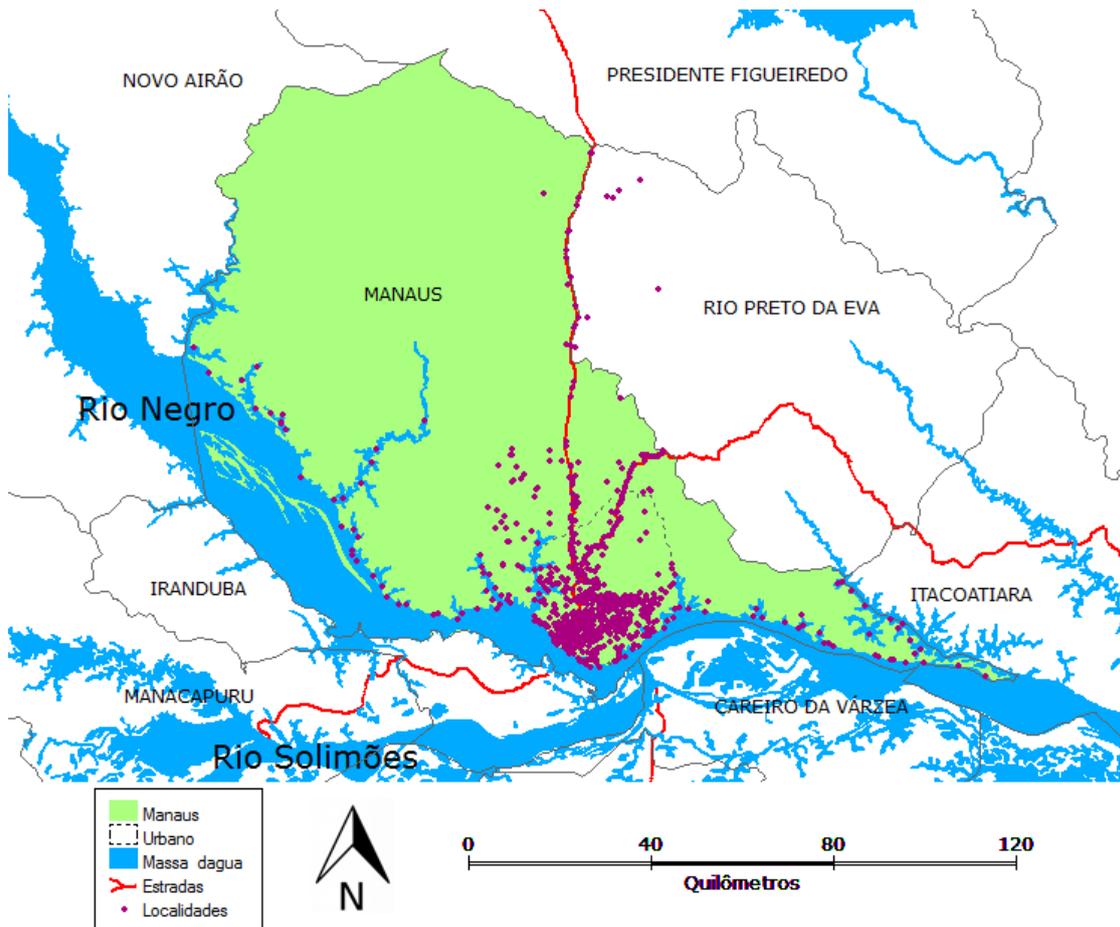


Figura 02: LTM em Manaus.

A figura 03 apresenta as LTM segundo seu potencial de infecção e a figura 04 o mesmo atribuído à grade celular 2x2 km.

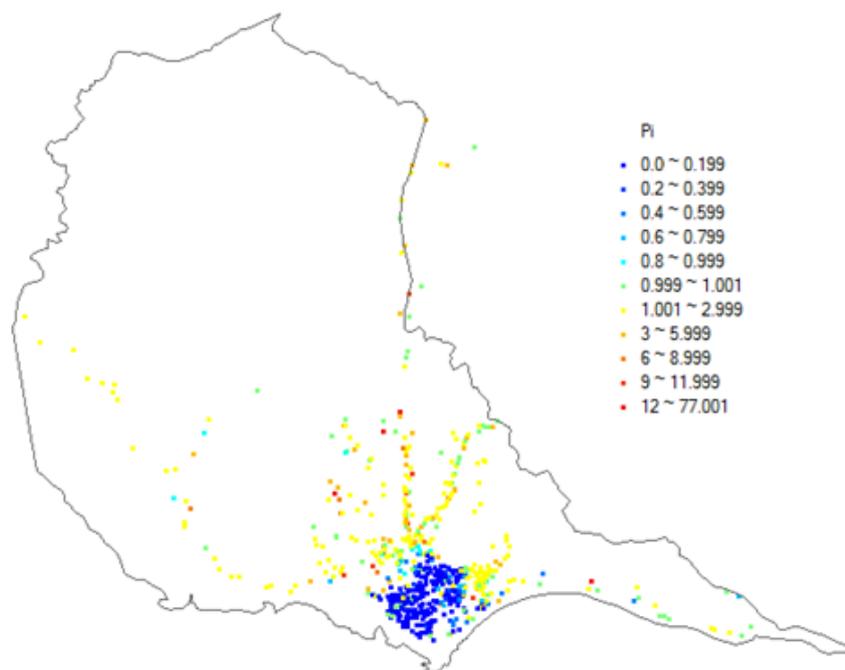


Figura 03: LTM segundo potencial de infecção.

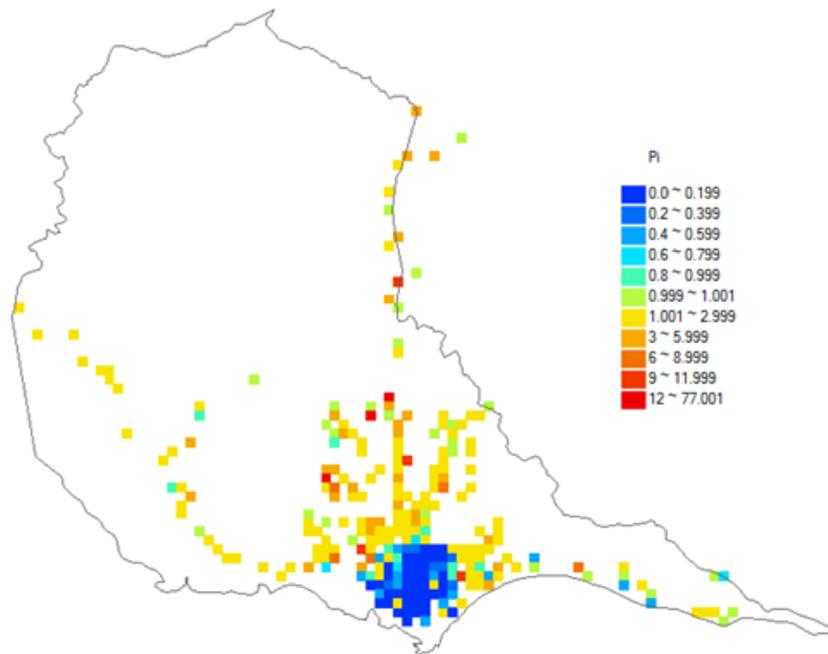


Figura 04: Grade celular segundo potencial de infecção.

A figura 05 apresenta a grade celular 2x2 km. atribuída do índice de importação das LTM.

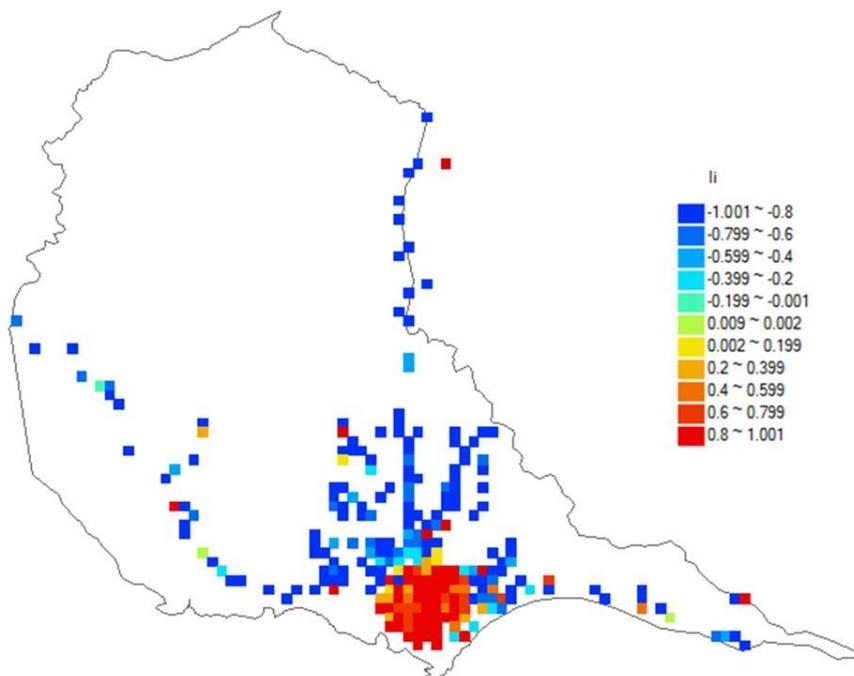


Figura 05: Grade celular segundo índice de importação.

A figura 06 apresenta as seis áreas de forte influência do movimento humano na transmissão da malária identificadas em Manaus, assim como as áreas que contribuem para a persistência da doença nas mesmas.

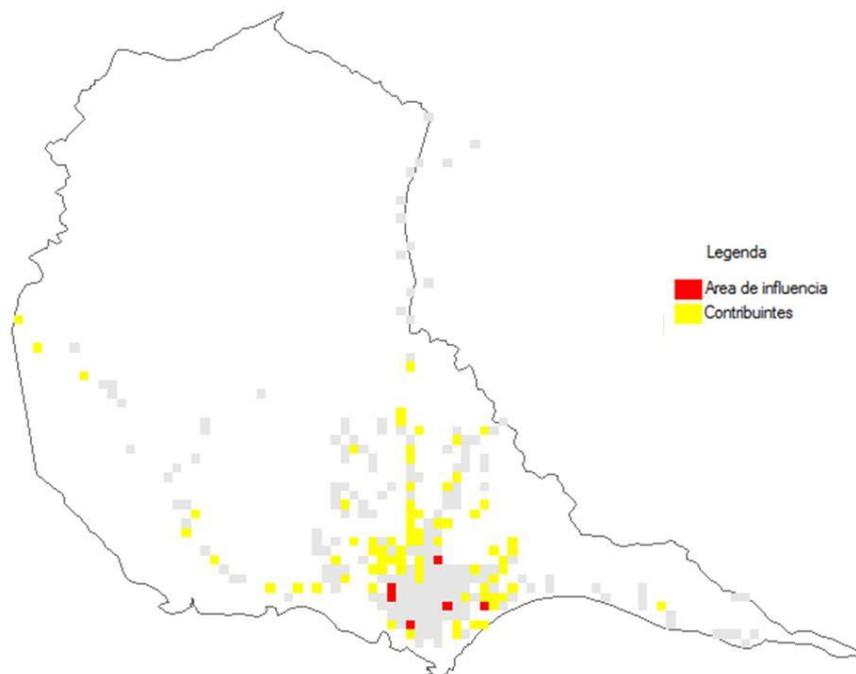


Figura 06: Áreas de influência do movimento humana.

A figura 07 apresenta os fluxos epidemiológicos entre as áreas de influência identificadas e as áreas contribuintes.

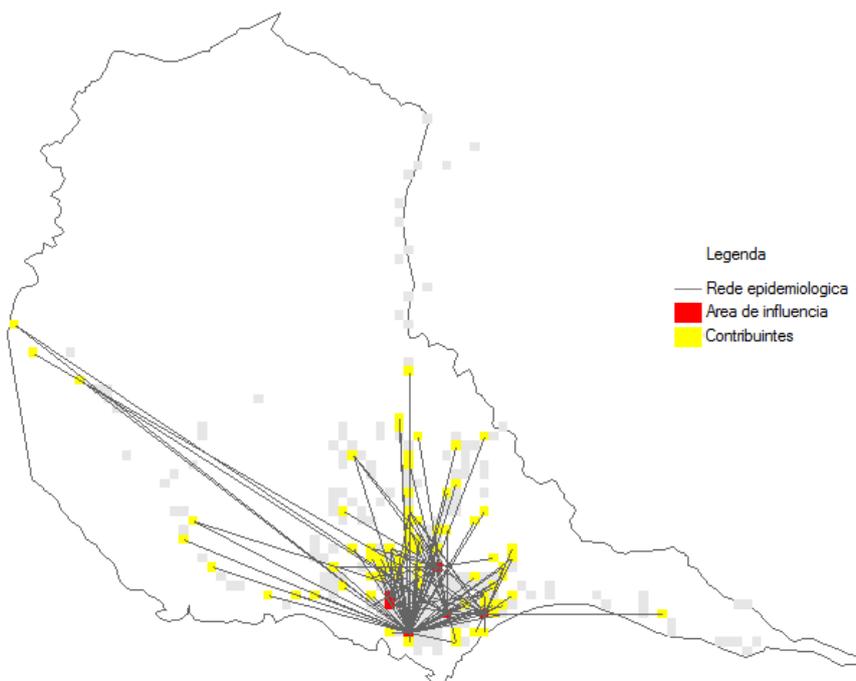


Figura 07: População da área estável.

A figura 08 apresenta os fluxos epidemiológicos referentes a área de influência 01. As áreas de influência foram classificadas conforme o número de casos por elas importados. A área de influência 01 possui 04 fluxos, 04 casos importados e R_0 de 1,01.

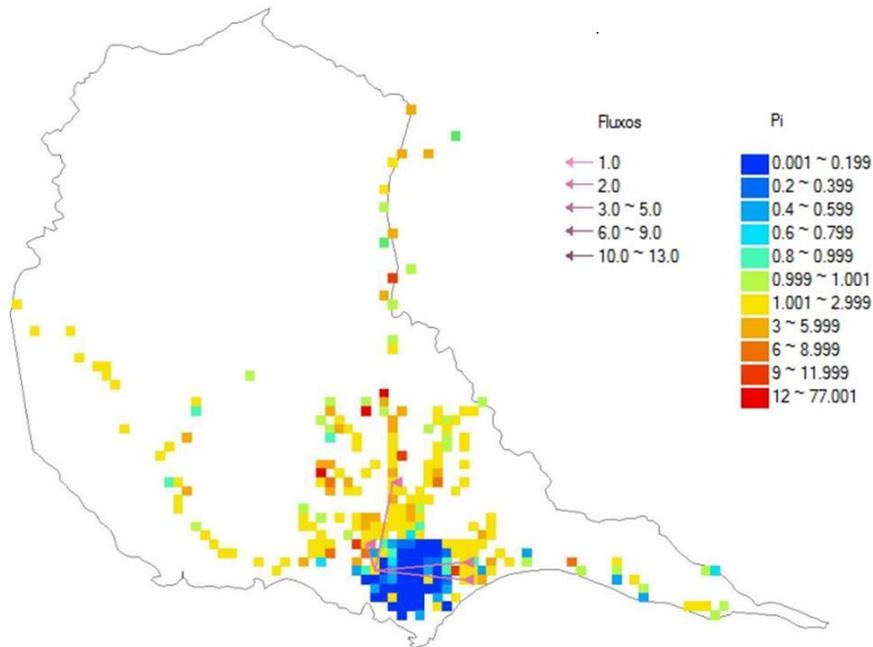


Figura 08: Área de influência 01.

A figura 09 apresenta os fluxos epidemiológicos referentes a área de influência 02. A área possui 05 fluxos, 12 casos importados e R_0 de 2,44.

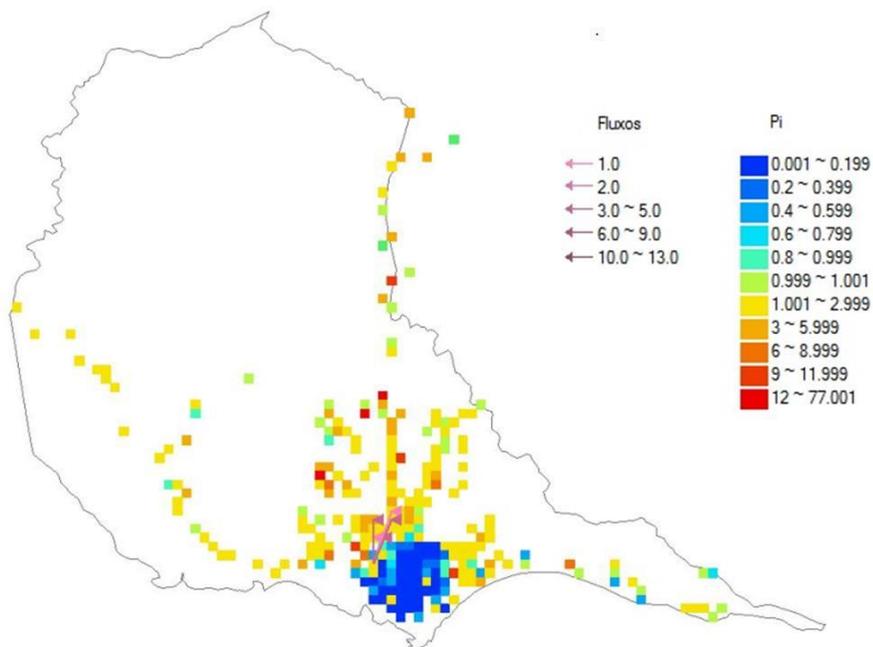


Figura 09: Área de influência 02.

A figura 10 apresenta os fluxos epidemiológicos referentes a área de influência 03. A área possui 12 fluxos, 16 casos importados e R_0 de 1,58.

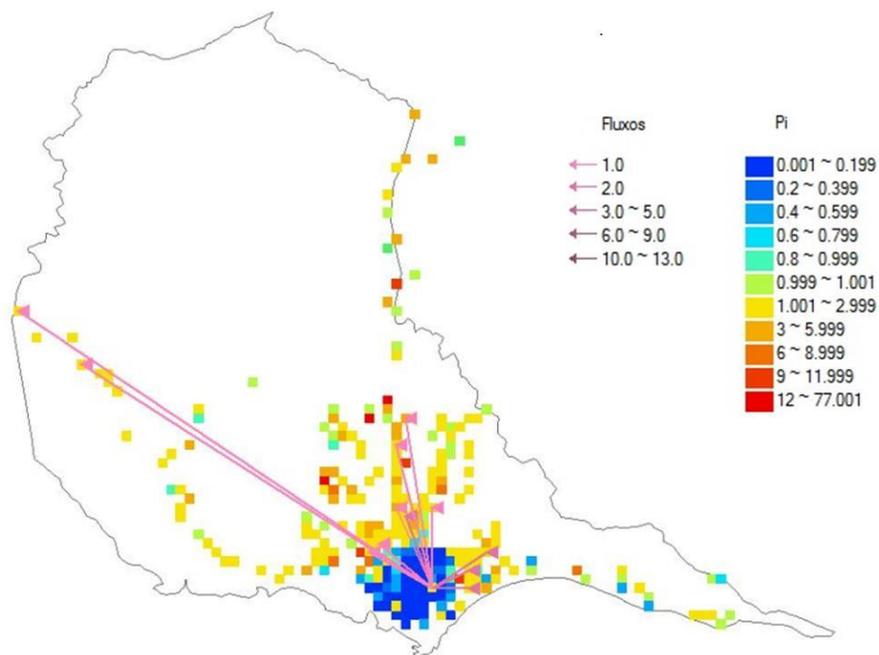


Figura 10: Área de influência 03.

A figura 11 apresenta os fluxos epidemiológicos referentes a área de influência 04. A área possui 15 fluxos, 22 casos importados e R_0 de 1,35.

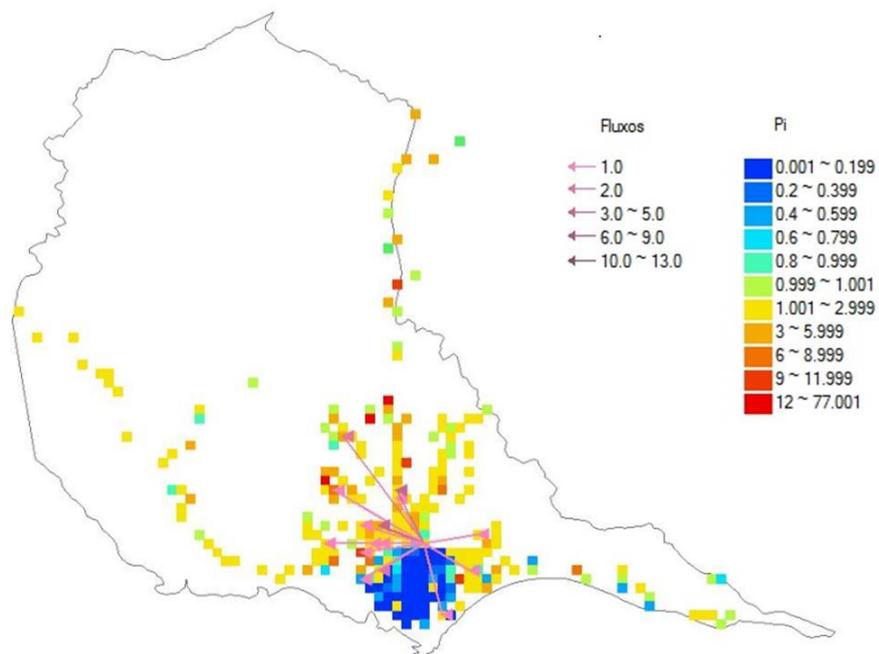


Figura 11: Área de influência 04.

A figura 12 apresenta os fluxos epidemiológicos referentes a área de influência 05. A área possui 16 fluxos, 39 casos importados e R_0 de 1,24.

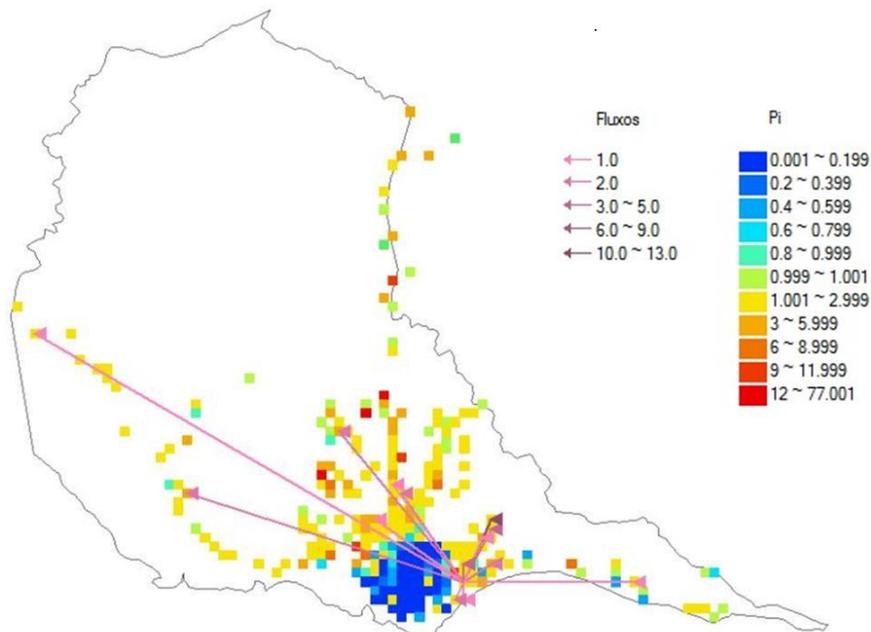


Figura 12: Área de influência 05.

A figura 13 apresenta os fluxos epidemiológicos referentes a área de influência 06. A área possui 62 fluxos, 143 casos importados e R_0 de 1,17.

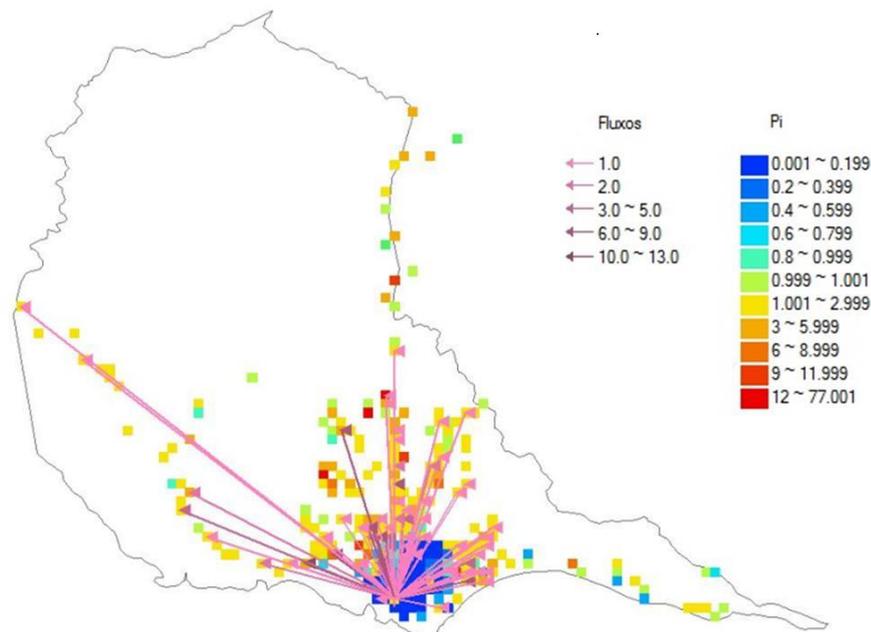


Figura 13: Área de influência 06.

Discussões

Como citado na introdução por Pindolia et al (2012), o movimento humano influencia na dinâmica de transmissão da malária. Sendo, na área de estudo, pouquíssimas as LTM endêmicas que não possuam casos alóctones (importados e exportados) registrados.

Pode-se afirmar que em áreas sumidouros a malária não extingue-se principalmente por causa do movimento humano. As áreas de influência identificadas representam locais em que movimento humano contribui para a persistência e proliferação da doença, transformando essas áreas que possivelmente seriam sumidouros em fontes de malária.

Por fim, os fluxos epidemiológicos podem ser vistos como rotas de vizinhanças. Auxiliando na compreensão da dinâmica local de transmissão da doença.

Conclusões

Os resultados deste estudo sustentam a hipótese levantada por Prosper et al (2012), onde eles argumentam que o movimento humano pode resultar na persistência da malária em regiões onde a mesma deveria extinguir-se.

A seguir são analisadas individualmente cada uma das seis áreas de forte influência do movimento humano na transmissão da malária identificadas.

A área de influência 1 e 2 são adjacentes e apresentam padrões semelhantes: localização periurbana e baixo número de fluxos, todos destinados área rural próxima. Sendo que a área 2 importa mais casos, possui um R0 maior e apresenta paisagem mais fragmentada (fronteira entre manchas de vegetação e de construção antropica).

A área 3 apresenta-se como uma “ilha” fonte envolta por sumidouros da malária. Possui um número médio de fluxos e de casos importados e apresenta igualmente paisagem fragmentada.

A área 4 apresenta localização periurbana com paisagem fragmentada, fluxos com destino à área rural próxima e dois fluxos destinados à áreas sumidouros. Numero médio de fluxos e casos importados.

Área 5, periurbana, número médio de fluxos e elevados de casos importados (fluxos com alto número de casos), fluxos longos, e paisagem fragmentada.

Área 6, área urbana, não fragmentada, grande numero de fluxos e casos importados (fluxos com alto número de casos), fluxos longos, alguns destinados a áreas de sumidouros.

Concluindo, as áreas de paisagem pouco fragmentadas e bem estabilizadas são pouco propicias a proliferação da malária, o que coincide com o R0 observado nas áreas 1 (R0 1,01 - paisagem contínua de vegetação) e área 6 (R0 1,17 - paisagem contínua de construção antrópica, urbano).

As áreas 3, 5 e 6 apresentaram fluxos longos. Estas são comunidades antigas, principalmente a 5 e 6, onde os habitantes são em sua grande maioria de famílias tradicionais com hábitos culturais regionais, sendo mais acentuado seu movimento a regiões afastadas que populações imigrantes.

Outra observação importante é que a área 4 e 6 importam casos de áreas tidas como sumidouros da malária. O que mostra que mesmo áreas sumidouros contribuem para a persistência e disseminação da malária.

Finalizando conclui-se que de todas as áreas identificadas, a que mais sofre influência do movimento humano na transmissão da malária é a área 06. Pois esta possui paisagem pouco propícia a proliferação dos vetores e consequente transmissão da malária, sendo grande a probabilidade que o alto número de casos importados sustente a persistência da doença no local.

Considerações

Existe uma grande dificuldade em se saber o porquê dos movimentos humanos. No estudo foram feitas algumas poucas suposições, sendo a paisagem é de grande importância para esta determinação. A paisagem também apresenta enorme influência na dinâmica de transmissão da malária, devendo ser sempre considerada.

A utilização do fluxo epidemiológico como uma rede dinâmica também pode contribuir em muito para a compreensão da dinâmica da doença, suas interações entre pessoas e lugares. Sendo este um tópico para estudo futuro.

Referências

- BARBIERI, A. F. SAWYER, D. O. **Malária nos garimpos do Norte de Mato Grosso: diferenciais na homogeneidade.** X Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais. Belo Horizonte/MG, 1996.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de vigilância epidemiológica.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. Brasília/DF, 2010.
- LAMBIN, E. F. TRAN, A. VANWAMBEKE, S. O. LINARD, C. SOTI, V. **Pathogenic landscapes: Interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts.** International Journal of Health Geographics, 2010.
- PINDOLIA, D. K. GARCIA, A. J. WESOLOWSKI, A. SMITH, D. L. BUCKEE, C. O. NOOR, A. M. SNOW, R. W. TATEM, A. J. **Human movement data for malaria control and elimination strategic planning.** Malaria Journal, 2012.
- PROSPER, O. RUKTANONCHAI, N. MARTCHEVA, M. **Assessing the role of spatial heterogeneity and human movement in malaria dynamics and control.** ELSEVIER: Journal of Theoretical Biology, 2012.