

Análise espacial e determinação de áreas para o controle da malária no Estado de Rondônia

Spatial analysis and determination of malaria control areas in the State of Rondônia

Aline de Freitas Rodrigues¹, Ana Lúcia Escobar² e Reinaldo Souza-Santos³

RESUMO

Este trabalho discute o uso de análise espacial para confecção de mapas de risco para malária no Estado de Rondônia, entre 1994 e 2005. Para análise do padrão espacial, foram utilizados os índices de Moran global e local. Com base nos valores do Índice Parasitário Anual, pode-se afirmar que os municípios que constituem a área de maior risco são os de urbanização mais recente, caracterizados por: maior crescimento populacional, maior número de famílias assentadas e elevado percentual de área desmatada. O Moran Map mostrou que os agregados de municípios com maior risco para malária sofreram processo de espalhamento para a região noroeste e nordeste do estado. Já nos municípios considerados como de menor risco, o processo se deu em direção ao sudeste. As técnicas utilizadas em nosso estudo merecem ser comparadas com a atual metodologia utilizada pela Secretaria de Vigilância Sanitária na determinação de áreas de risco e repasse financeiro para controle da malária.

Palavras-chaves: Epidemiologia. Geoprocessamento. Análise espacial. Malária.

ABSTRACT

This paper discusses the use of spatial analysis for mapping the risk of malaria in the State of Rondônia between 1994 and 2005. Moran's overall and local indices were used for spatial pattern analysis. Based on the Annual Parasitic Index, it can be stated that the municipalities forming the area at greater risk are those in which the urbanization process is more recent. They are characterized by higher population growth, greater number of settled families and high percentages of deforested area. The Moran map showed that the aggregated areas of municipalities at high risk of malaria have undergone a process of spreading into the northwestern and northeastern regions of the State. Among the municipalities considered to be at low risk, this process has taken place towards the southeast. The techniques used in this study deserve to be compared with the current methodology used by the Health Surveillance Department for determining areas at risk and financial transfers for malaria control.

Key-words: Epidemiology. Geoprocessing. Spatial analysis. Malaria.

A distribuição geográfica da malária nos estados amazônicos não é homogênea, incidindo prioritariamente em populações cujas condições de habitação e de trabalho são insatisfatórias, além daquelas envolvidas na ocupação desordenada de terras, na exploração manual de minérios, em projetos de assentamento e colonização agrária, além da intensa migração da zona rural para a periferia de cidades¹³.

Nos últimos anos, o número de casos de malária registrados no Brasil teve uma enorme variação, em 1999 foram 610.000, reduzindo para aproximadamente 250.000 em 2002 e recrudescendo a partir de 2003, quando foram registrados aproximadamente 400.000 casos. Não obstante, dentre estes casos, 99% são decorrentes da região amazônica^{8 11}. Em 2005, dos 603.127 casos registrados nesta região, 77,2% foram procedentes

dos Estados do Amazonas, Pará e Rondônia. Neste mesmo ano, Rondônia registrou 118.611 casos, correspondendo a 19,7% do total de casos para esta mesma área¹².

Os números acima evidenciam que o controle ainda não alcançou seus objetivos, existindo ainda desafios que devem ser superados, como diagnóstico de malária assintomática⁸ e uma melhor forma de repasse de recursos financeiros para os municípios a fim de permitir sustentabilidade e efetividade do programa³.

O método atualmente utilizado pelo governo federal, para determinar o montante de recursos a ser repassado e quais os municípios que receberão tais financeiros, visando o controle da malária, não tem levado em consideração alguns pressupostos importantes. Dentre estes, podem-se citar o caráter focal da

1. Programa de Pós-Graduação em Biologia Experimental, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, RO. 2. Centro de Estudos em Saúde do Índio de Rondônia, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, RO. 3. Departamento de Endemias Samuel Pessoa, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ. Financiamento CNPq (Processo 401166/2005-8)

Endereço para correspondência: Dra. Ana Lúcia Escobar. R. Reverendo Elias Fontes 1705, Jardim das Mangueiras, 78909-620 Porto Velho, RO.
e-mail: ana@unir.br

Recebido para publicação em: 28/05/07

Aceito em: 15/01/2008

endemia e a inexistência de fronteiras político-administrativas para os vetores e a população humana em constante mobilidade^{3,4}.

A indicação de áreas prioritárias para o controle da malária com base em mapas que consideram o risco de ocorrência da endemia em municípios vizinhos mostra-se como uma importante ferramenta para os serviços de vigilância e controle³. Apesar disso, é importante confirmar através de estudos com rigor científico se esta metodologia é aplicável em outros estados e, portanto, passível de utilização pelos serviços de vigilância e controle.

Nesse contexto, este trabalho trata do uso de sistemas de informações geográficas como ferramenta para a confecção de mapas de risco para malária, com identificação de áreas de risco com associação espacial. Além de discutir a dinâmica espaço-temporal da malária no Estado de Rondônia, esta análise se configura como importante instrumento na detecção de diferenciais municipais de risco epidemiológico, subsidiando desta forma ações de planejamento, organização e execução das ações de saúde.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado estudo ecológico descritivo da malária no Estado de Rondônia no período de 1994 a 2005, pautado em dados secundários. Os dados de 1994 a 2002 foram disponibilizados pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e armazenados no Sistema de Informações de Malária (SISMAL); os de 2003 a 2005 foram obtidos no Sistema de Informações de Vigilância Epidemiológica-Malária (SIVEP-Malária), da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde.

Para aqueles municípios criados em 1994 e 1995, os registros de casos de malária somente constam a partir do ano de 1996. Para Chupinguaia e Pimenteiras do Oeste, as notificações só foram

verificadas a partir de 1997. Os dados obtidos encontram-se distribuídos por lâminas positivas.

As estimativas populacionais utilizadas para calcular a variação populacional em cada período por município e como denominador no cálculo do Índice Parasitário Anual (IPA) foram obtidas no site do Banco de Dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS), tendo como fonte o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). No entanto, estas informações não estavam disponíveis nos anos de 1994, 1995 e 1996 para os municípios criados em 1994 e 1995, sendo utilizado para esses municípios no ano de 1996 os dados populacionais constantes na base de dados do SISMAL. A malha digital do Estado de Rondônia com 52 municípios atuais foi obtida no site do DATASUS (Figura 1).

Os dados referentes ao número de famílias assentadas pelos programas oficiais de acordo com o município de assentamento foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Obteve-se o percentual de área desmatada de 2002 a 2005, com base nos registros obtidos da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). Para cada período foi considerada a média do número de famílias assentadas e do percentual de área total desmatada nos municípios. A variação populacional foi expressa pelo percentual da diferença entre a estimativa da população do município no início e do final de cada período.

Foram calculados o IPA e Índice de Lâminas Positivas para *Plasmodium falciparum* (ILPF). Para o IPA, adotou-se as seguintes agregações: a) Sem registro; b) 0 a 9,9; c) 10 a 49,9; d) 50 a 99,9; e) 100 a 399,9; f) 400 a 699,9 e g) 700 a 1399,9 casos/mil habitantes. A organização dos dados e a construção dos indicadores foram desenvolvidas no programa Excel.

Análise espacial. Para a construção dos mapas recorreu-se ao artifício de agregar o IPA em período de três anos. Os períodos

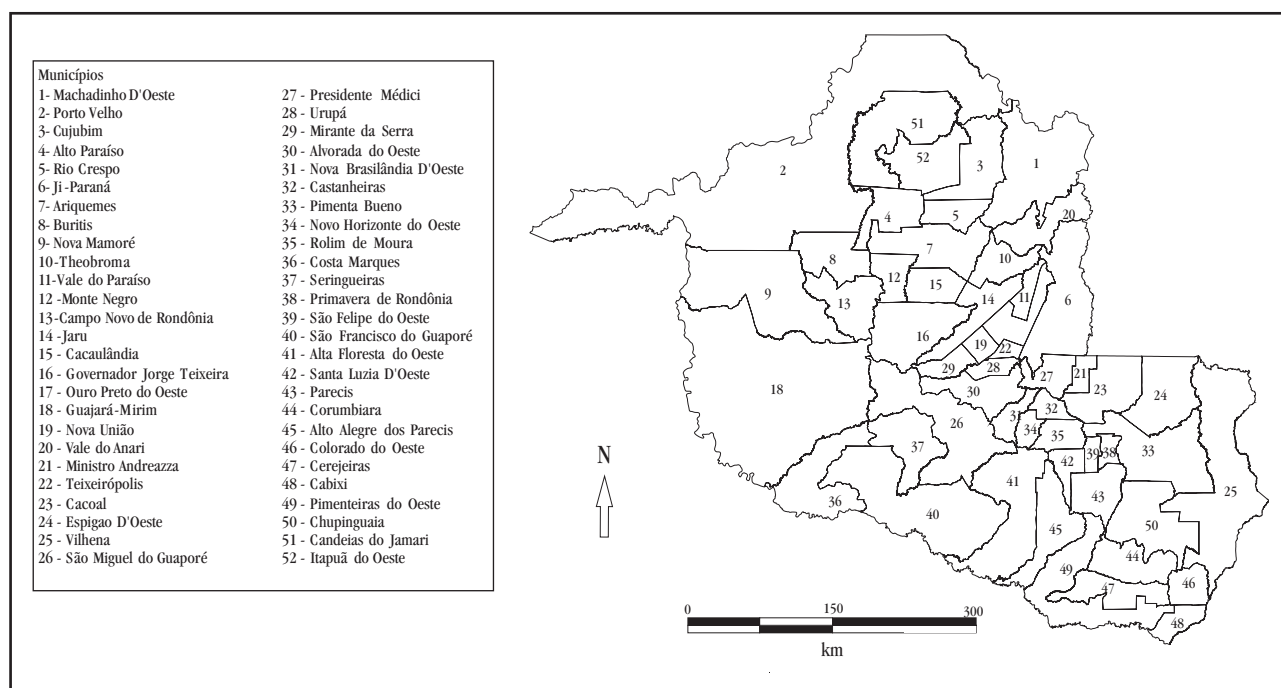


Figura 1 - Divisão municipal do Estado de Rondônia, Brasil.

adotados foram: período 1 (P1) de 1994 a 1996; período 2 (P2) de 1997 a 1999; período 3 (P3) de 2000 a 2002 e período 4 (P4) de 2003 a 2005. O IPA de cada período foi calculado com base na média dos IPAs anuais. Em relação aos municípios criados no período estudado, calculou-se a média do IPA usando como denominador o número de anos após a criação do município. Os mapas foram gerados no programa Terra View fazendo-se a relação da malha digital do município com risco para malária por meio dos valores do IPA.

Para o estudo do padrão espacial, foram utilizados os índices de Moran global e local (LISA), conforme metodologia proposta por Atanaka-Santos cols³. O índice global que fornece uma medida geral da associação espacial existente no conjunto de dados mediu o grau de correlação espacial entre os pares de vizinhança, ponderado pela proximidade geográfica⁹.

O índice de Moran local produziu um valor normalizado (valores dos atributos subtraídos de sua média e divididos pelo desvio-padrão), específico para cada área, permitindo a identificação de aglomerados de áreas com padrões significativos de associação espacial. Os valores produzidos correspondem aos verificados para os quatro quadrantes do diagrama de espalhamento de Moran⁹, onde:

O quadrante 1 (+/+) indica que há presença de município com valor positivo do IPA normalizado e possui a média dos valores normalizados dos municípios vizinhos também positiva, isto é, ambos os valores são positivos; o quadrante 2 (-/-) localiza os municípios com valor negativo do IPA normalizado e possui a média dos valores normalizados dos municípios vizinhos também negativos, isto é, ambos os valores são negativos. Desta forma, os quadrantes 1 e 2 (Q1 e Q2) indicam áreas de associação espacial positivas, levando-se em conta que o município possui vizinhos com valores semelhantes⁹. O quadrante 3 (+/-) indica município com valor positivo do IPA normalizado e possui a média dos valores normalizados dos municípios vizinhos negativos e; quadrante 4 (-/+) distribui os municípios com valor negativo do IPA normalizado e possui a média dos valores normalizados dos municípios vizinhos com valor positivo⁹.

Para determinação das áreas de maior, menor e intermediário risco para malária, elaborou-se mapas representativos do índice de Moran Local para o IPA, denominado Box Map, adotando-se o seguinte critério: área de maior risco com municípios agregados no quadrante Q1 (+/+); área de menor risco com municípios agregados no quadrante Q2 (-/-); área intermediária de risco de transmissão com municípios agregados nos quadrantes Q3 (+/-) e Q4 (-/+)³. Para visualização das áreas com autocorrelação espacial estatisticamente significantes ($p \leq 0,01$) foram utilizados mapas representativos para o IPA do Moran Map.

RESULTADOS

No período de 1994 a 2005, o comportamento da malária em Rondônia passou por dois momentos distintos. O primeiro, compreendido entre os anos de 1994 e 2000, revelou um estado com expressiva redução do número de casos, que de 133.838 reduziu para 54.239 num período de sete anos, correspondendo a um percentual de redução de 59,5%. O segundo, entre 2001 e 2005, contraditoriamente demonstrou uma ascensão gradativa e representativa do número de casos que de 57.666 aumentou para 118.636, em cinco anos, demonstrando aumento de 105,7% (Figura 2).

O índice de lâminas positivas para *Plasmodium falciparum* apresentou variação descendente de 1994 (34,6%) a 1997 (21,4%), sofrendo acréscimo contínuo até 2003 (30,8%). De 2003 a 2005, observou-se diminuição do ILPF para 22,1%.

Os resultados da análise espacial evidenciaram que o IPA em Rondônia decresceu do primeiro (93,1) ao terceiro (43,4) período; entretanto, no quarto (71,4) este índice sofreu considerável aumento. A variação dos municípios segundo risco de transmissão para malária, de acordo com classificação adotada pela SVS (Figura 3), foi a seguinte: A) **Alto risco** (IPA maior que 49,9 casos/mil habitantes): 25 (50%) municípios no período 1 (P1), 19 (36,5%) no período 2 (P2), 14 (26,9%) no período 3 (P3) e 16 (30,8%) no período 4 (P4). B) **médio risco** (IPA entre

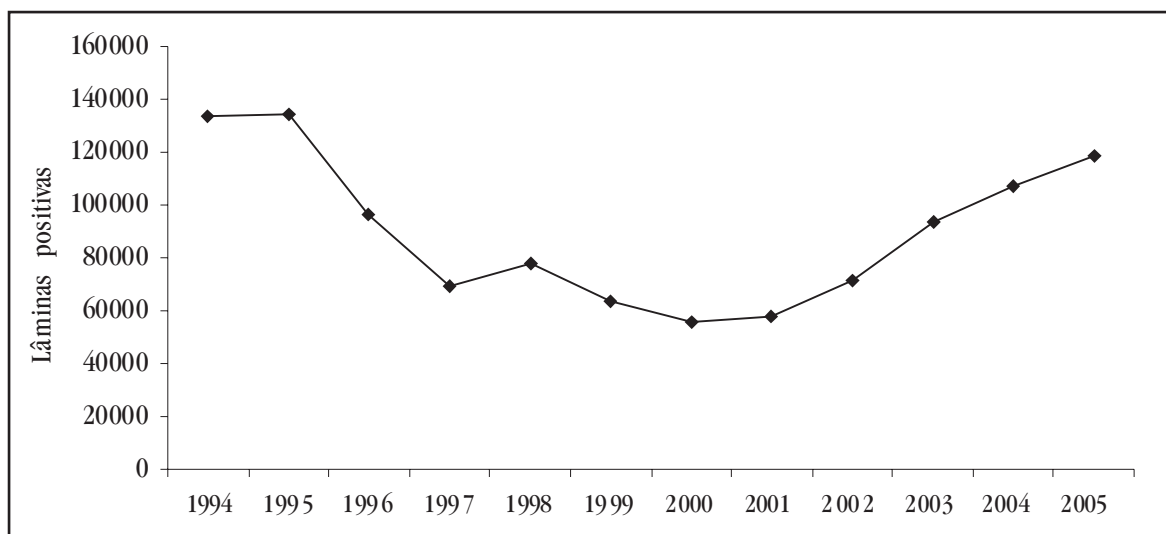


Figura 2 - Distribuição do número de lâminas positivas para malária, Rondônia, 1994 a 2005.

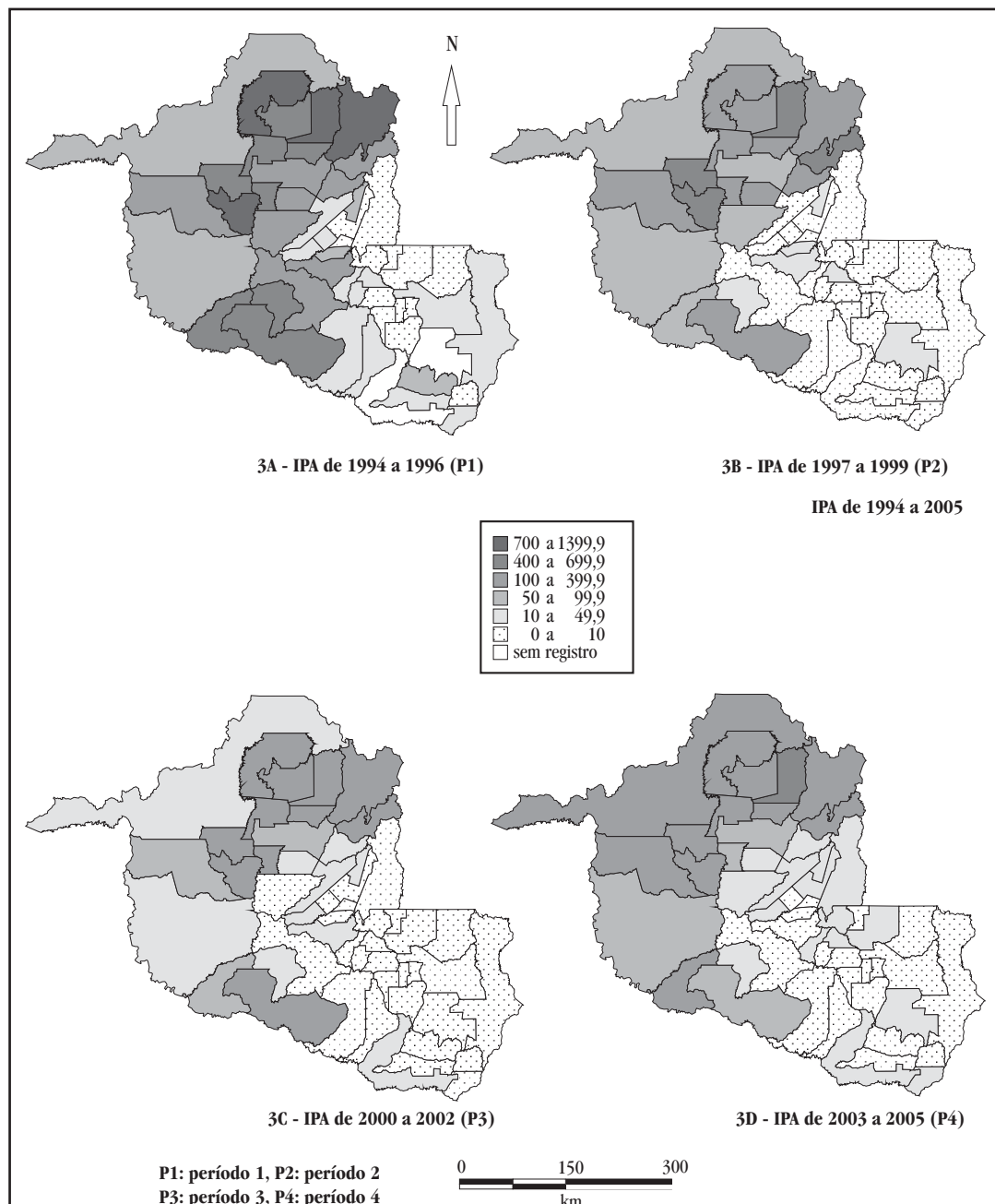


Figura 3 - Distribuição do Índice Parasitário Anual pelos municípios de Rondônia, 1994 a 2005.

10 e 49,9 casos/mil habitantes): 12 (24%) municípios no P1, 6 (11,5%) no P2, 10 (19,2%) no P3 e 16 (30,8%) no P4.
C) **Baixo risco** (IPA menor que 9,9 casos mil/habitantes): 13 (26%) municípios no P1, 27 (51,9%) no P2, 28 (53,8%) no P3 e 20 (38,5%) no P4.

No período 1 (P1), em dois municípios (Chupinguaia e Pimenteiras do Oeste) não houve registro de casos.

A medida de autocorrelação espacial traduzida pelo índice de Moran global do IPA foi igual a 0,52; 0,51; 0,54 e 0,71 (com $p = 0,01$) nos períodos de 1994 a 1996 (P1), de 1997 a 1999 (P2), de 2000 a 2002 (P3) e de 2003 a 2005 (P4), respectivamente. Estes valores indicam que o IPA está correlacionado no espaço.

Observou-se dependência espacial, isto é, semelhança do IPA entre seus municípios vizinhos e com menor dispersão de

casos. A força de correlação aumentou do primeiro ao quarto período. Esta variação, em comparação com o mapeamento dos valores do IPA (Figura 3), indicou a existência de uma dinâmica específica de transmissão no Estado que foi passível de verificação por meio de análise de áreas de risco, dentro do estado, gerados pelo Box Map (Figura 4). Com base nos mapas gerados pelo Moran Map foi possível identificar áreas, ou seja, agrupamentos de municípios de alto e baixo valor de IPA com autocorrelação espacial estatisticamente significativa ($p \leq 0,01$) (Figura 5).

Área de maior risco de transmissão - Q1 (+/+). Os municípios localizados na área considerada como de maior risco apresentaram redução expressiva do IPA. Entretanto, apesar da redução, os IPAs médios foram de 600,7; 336,9 e 203,0 nos períodos P1, P2 e P3, respectivamente, com aumento deste índice no P4 (242,5).

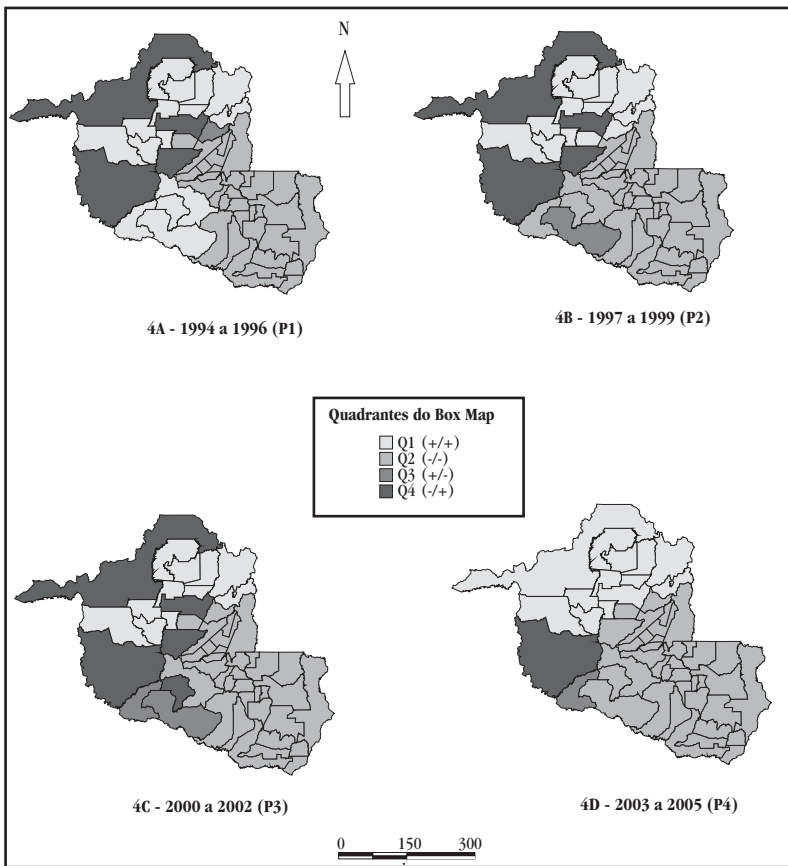


Figura 4 - Estratificação de áreas de risco para malária pantada no resultado do gráfico de espalhamento de Moran (Box Map), Rondônia, 1994 a 2005.

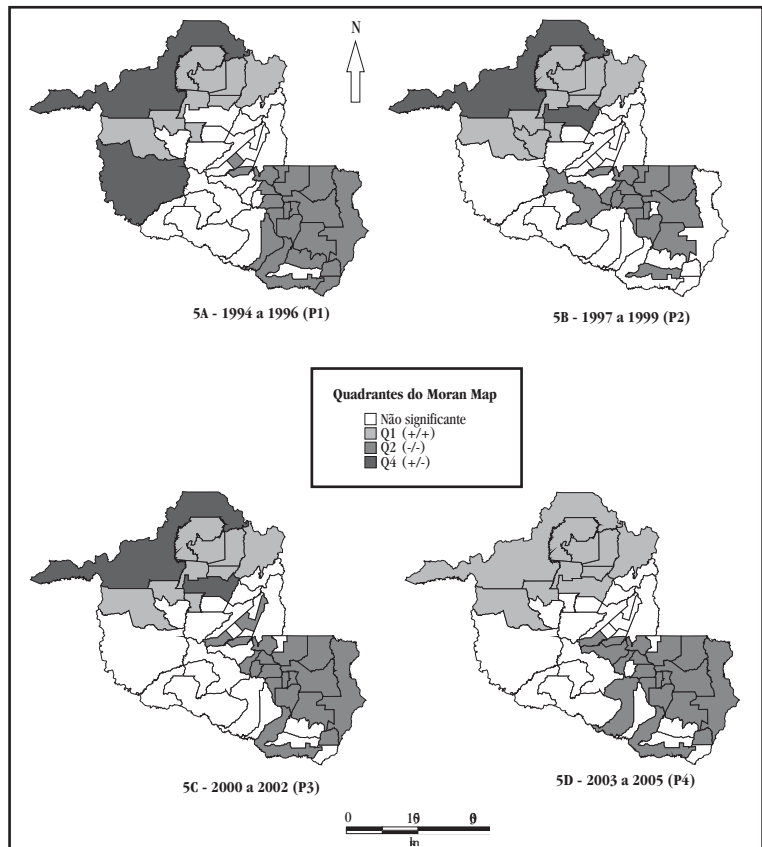


Figura 5 - Estratificação de áreas de risco para malária pantada no resultado do Índice de Moran Local (Moran Map), Rondônia, 1994 a 2005.

A área homogênea de maior risco para malária, identificadas pelo Box Map, apresentou 15 municípios no P1, 13 no P2, 11 no P3 e 13 no P4. Esta área sofreu nítido processo de espalhamento, para a região norte/noroeste/nordeste do Estado. Vale ressaltar que permaneceram nessa área em todos os períodos 11 municípios (Alto Paraíso, Buritis, Campo Novo de Rondônia, Candeias do Jamari, Cujubim, Itapuã do Oeste, Machadinho D'Oeste, Monte Negro, Nova Mamoré, Rio Crespo e Vale do Anari) (Figura 4).

Verificou-se nessa área que a proporção de agrupamentos de municípios com autocorrelação estatisticamente significativa aumentou de nove no P1 para 10 no P2, retornando a nove no P3 e 10 no P4. Destes municípios, oito (Alto Paraíso, Buritis, Candeias do Jamari, Cujubim, Itapuã do Oeste, Machadinho D'Oeste, Nova Mamoré e Rio Crespo) permaneceram nessa área em todos os períodos. Estes municípios com IPA pronunciado em relação aos municípios vizinhos, localizavam-se predominantemente na região fronteira à Bolívia e aos Estados do Amazonas e Mato Grosso (Figura 5).

Outra variação importante nesta área de maior risco foi o intenso crescimento populacional no P1 (45,4%), passando a crescer em taxas expressivamente menores nos períodos subsequentes. A média de famílias assentadas sofreu redução expressiva do P1 (426,7) para o P2 (193,9). A redução continuou de forma gradativa até atingir média de 66,8 famílias assentadas no P4. O percentual de área desmatada analisada para os períodos P3 (2,7%) e P4 (2,6%) não sofreu variação expressiva (Tabela 1).

Área de menor risco de transmissão - Q2 (-/-). Verificou-se redução gradativa do IPA de 28,1 lâminas positivas/mil habitantes no P1 para 7,0 no P3 com aumento para 12,7 no P4. Identificou-se nos mapas gerados com base no Box Map (Figura 4), maior número de municípios agrupados em áreas consideradas como de menor risco. Observou-se aumento do número desses municípios do P1 (32) ao P4 (37). Além disso, um grande agrupamento geográfico de IPA reduzido nos quatro períodos estava localizado predominantemente na região sul/sudeste do estado.

Entre os municípios localizados na área de menor risco de transmissão de malária não houve variação considerável no número de municípios com autocorrelação estatisticamente significativa ($p \leq 0,01$), sendo verificados 20 municípios no P1; 16 no P2 e 19 no P3 e P4. Destes municípios, 11 (Cacoal, Castanheiras, Chupunguaia, Espigão D'Oeste, Parecis, Pimenta Bueno, Presidente Médici, Rolim de Moura, Santa Luzia D'Oeste, São Felipe D'Oeste e Urupá) permaneceram na área de menor risco em todos os períodos. Observou-se o município de Cerejeiras isolado no P2 e Ouro Preto do Oeste isolado no P3 (Figura 5).

Essa área teve diminuição populacional no P1 (-12,1%) aumentando nos períodos seguintes, de 2% no P2 para 3% no P4. Este crescimento foi expressivamente menor que a média apresentada pelos municípios que constituíram a área de maior risco. Houve aumento na média de famílias assentadas por município do P1 (79,2) para ao P3 (207,4), não sendo

Tabela 1 - Áreas de maior e menor risco para malária geradas pelo Box Map, 1994 a 2005.

Área	Área de risco - características		Período			
			1994-1996	1997-1999	2000-2002	2003-2005
Q1 (+/+)	número de municípios		nº = 15	nº = 13	nº = 11	nº = 13
	IPA	média	600,7	336,9	203,0	242,5
		min e máx	234,9 e 1.364,2	125,8 e 655,2	67,3 e 381,9	87,2 e 524,4
	variação populacional (%)	média	45,4	9,3	10,9	12,8
		min e máx	2,5 e 211,2	-30,5 e 29,2	6,4 e 18,9	5,6 e 22,4
	famílias assentadas*	municípios (nº)	3	9	4	4
		média	426,7	193,9	124,2	66,8
		min e máx	63 e 1.287	37 e 428	33 e 233	31 e 119
	total de área desmatada (%)**	média	-	-	2,7	2,6
		min e máx	-	-	0,5 e 6,4	0,9 e 4,3
	Moran Map	$p \leq 0,01$	9	10	9	10
	(nº municípios)	não significante	6	3	2	3
Q2 (-/-)	número de municípios		nº = 32	nº = 34	nº = 34	nº = 37
	IPA	média	28,1	7,5	7,0	12,7
		min e máx	0,4 e 163,4	0,2 e 73,46	0,5 e 47,47	0,2 e 50,0
	Variação populacional (%)	média	-12,1	2,0	1,5	3,0
		min e máx	-21,5 e 13,7	-3,95 e 29,5	-4,6 e 8,7	-7,5 e 16,6
	famílias assentadas*	municípios (nº)	5	10	4	0
		média	79,2	95,6	207,4	0,0
		min e máx	29 e 316	21 e 252	39 e 686	0 e 0
	total de área desmatada (%)**	média	-	-	1,7	1,2
		min e máx	-	-	0,3 e 5,4	0,4 e 3,2
	Moran Map	$p \leq 0,01$	20	16	19	19
	(nº municípios)	não significante	14	19	15	18

IPA: Índice Parasitário Anual, obtido pelo número de lâminas positivas dividido por 1.000 habitantes, Q1 (+/+): maior risco, Q2 (-/-): menor risco.

*para cálculo da média foram considerados apenas os municípios com famílias assentadas pelos programas oficiais.

**corresponde a % total de área desmatada nos municípios no ano de 2002, 2003, 2004 e 2005.

verificadas famílias assentadas no P4. Quanto ao percentual da área total desmatada nos municípios, constatou-se redução do P3 (1,7%) para o P4 (1,2%), percentuais estes também inferiores ao apresentado pela área de maior risco (Tabela 1).

Área de risco intermediário de transmissão - Q3 (+/-) e Q4 (-/+). Na área de risco intermediário, observam-se duas situações: 1ª) os municípios que foram enquadrados como Q3, isto é, municípios com o IPA acima da média e seus vizinhos abaixo da média, e 2ª) os municípios que foram enquadrados como Q4, isto é, municípios com IPA abaixo da média e seus vizinhos acima da média. Os municípios localizados em ambas as áreas apresentaram comportamento semelhante às áreas de maior e menor risco com reduções do IPA do P1 ao P3 e aumento no P4 (Tabela 2).

Nos mapas gerados com base no Box Map para área de risco intermediário, classificada como Q3, apenas o município de Theobroma esteve enquadrado nesta área no P1, São Francisco do Guaporé no P2 e Costa Marques no P4. No P3 constaram dois municípios (São Francisco e Costa Marques). O município localizado nesta área no P1 encontra-se no nordeste do Estado, no P2, P3 e P4 fazem limite com o país da Bolívia no sudoeste do Estado (Figura 4). Nesta área, nenhum município apresentou autocorrelação espacial estatisticamente significativa pelo Moran Map (Figura 5).

Nos mapas gerados com base no Box Map para área de risco intermediário, classificada como Q4 observou-se redução

do número de municípios localizados nessa área de quatro no P1 e P2 para um no P4. Dos cinco municípios desta área no P3, dois (Governador Jorge Teixeira e Seringueiras) mudaram para a área de menor risco (Q2) no P4, enquanto outros dois (Ariquemes e Porto Velho) passaram para área de maior risco (Q1), permanecendo nessa área apenas o município de Guajará-Mirim no P4 (Figura 4).

Na análise dos mapas gerados pelo Moran Map, dos municípios considerados Q4, Guajará-Mirim e Porto Velho apresentaram autocorrelação espacial estatisticamente significativa no P1, enquanto Ariquemes e Porto Velho estiveram presentes nessa área no P2 e P3. Estes dois últimos, localizados na região noroeste do estado, passaram para área de maior risco (Q1) no P4 (Figura 5).

A variação populacional nas áreas de risco intermediário Q3 e Q4 não sofreu variação representativa. Esta variação foi menor nos municípios da área de risco intermediário Q3. Nos municípios Q3 foi observada média de famílias assentadas apenas nos P1 (78,2) e P3 (197,4). Já nos municípios Q4, média de famílias assentadas foi observada no P1 (204,7), P2 (172,6) e P3 (206,6). Quanto ao percentual da área total desmatada nos municípios, constatou-se um aumento do P3 (2,6%) para o P4 (3,1%) nos municípios do Q3. Foi verificada redução do percentual da área total desmatada do P3 (1,3) para o P4 (0,2) nos municípios do Q4. Os percentuais dessas duas áreas foram maiores em relação à área de menor risco nos períodos considerados (Tabela 2).

Tabela 2 - Áreas de risco intermediário para malária geradas pelo Box Map, 1994 a 2005.

Área	Área de risco -características		Período			
			1994-1996	1997-1999	2000-2002	2003-2005
Q3 (+/-)	número de municípios		nº = 1	nº = 1	nº = 2	nº = 1
	IPA	média	227,9	126,3	87,9	118,7
		min e máx	227,9 e 227,9	126,3 e 126,3	68,8 e 107,1	118,7 e 118,7
	variação populacional (%)	média	9,9	3,4	10,7	10,7
		min e máx	9,9 e 9,9	-3,4 e -3,4	7,9 e 13,6	10,7 e 10,7
	famílias assentadas*	municípios (n)	1	0	2	0
		média	78,2	0,0	197,4	0,0
		min e máx	22 e 176	0 e 0	99 e 361	0 e 0
	total de área desmatada (%)**	média	-	-	2,6	3,1
		min e máx	-	-	2,2 e 2,9	3,1 e 3,1
	Moran Mapp (nº municípios)	≤ 0,01		0	0	0 0
não significante			1	1	2	1
Q4 (-/+)	número de municípios		nº = 4	nº = 4	nº = 5	nº = 1
	IPA	média	114,4	53,8	32,1	53,6
		min e máx	80,4 e 157,2	51,9 e 57,6	8,9 e 50,1	53,6 e 53,6
	variação populacional (%)	média	6,4	6,4	6,7	4,4
		min e máx	-4,7 e 29,2	3,2 e 13,5	3,0 e 11,0	4,4 e 4,4
	famílias assentadas*	municípios (nº)	2	2	4	0
		média	204,7	172,6	206,6	0,0
		min e máx	141 e 678	23 e 401	22 e 468	0 e 0
	total de área desmatada (%)**	média	-	-	1,3	0,2
		min e máx	-	-	0,1 e 2,9	0,2 e 0,2
	Moran Mapp (nº municípios)	p ≤ 0,01		3	0	2 0
não significante			1	4	3	1

IPA: Índice Parasitário Anual, obtido pelo número de lâminas positivas dividido por 1.000 habitantes, Q3 (+/-) e Q4 (-/+): risco intermediário.

*para cálculo da média foram considerados apenas os municípios com famílias assentadas pelos programas oficiais.

**corresponde a % total de área desmatada nos municípios nos anos de 2002, 2003, 2004 e 2005.

DISCUSSÃO

O padrão de redução do número de casos de malária entre 1994 e 2000 deve-se em grande parte à instituição do controle integrado no país a partir de 1992. Naquele momento houve uma grande expansão da rede de diagnóstico e atendimento aos casos, assim como a incorporação de muitos recursos localmente disponíveis para atenção ao doente⁶. Ao lado disso, outros eventos e condições estiveram presentes, como um novo arsenal terapêutico no tratamento da malária por *Plasmodium falciparum*, e a introdução de testes imunoenzimáticos para rápido diagnóstico¹³. Estes fatores, associados a investimentos financeiros importantes, como do PCMAN, de 1989 a 1996¹¹, diminuição da migração desordenada de outras regiões e melhoria das condições de vida da população residente, certamente contribuíram para a tendência de redução da malária observada em Rondônia.

Entretanto, um aumento de 105,7% do número de casos de 2001 para 2005 compromete o cumprimento da meta estabelecida pelo programa de controle integrado. As razões para isso certamente não são aquelas que nas décadas de 70 e 80 serviram à explicação dos altos níveis de transmissão na região, pela ocupação desordenada e predatória de novos espaços por população altamente suscetível¹⁰. É possível que as razões para o recrudescimento que agora se observa se encontrem na incompleta, e às vezes equivocada, implementação do controle integrado. O controle seletivo do vetor não foi além da intenção, o controle químico que se fazia deixou de ser feito, o monitoramento das condições de risco continua precário, senão inexistente, a transferência da execução para os níveis regionais e locais foi atabalhoada, e vem gerando dificuldades de natureza organizacional e administrativa¹³. Neste cenário, podemos ainda citar a malária assintomática, não detectada pela rotina do programa de controle¹. Estudos têm demonstrado alta prevalência de malária assintomática por *Plasmodium falciparum* e *Plasmodium vivax* em diferentes estados do Brasil, incluindo Rondônia^{12,7,14}. Fato que é grande desafio para o controle, pois os indivíduos assintomáticos podem ser considerados como fontes de infecção malárica⁸.

A incidência de malária no período de 1994 a 2005 decorreu de infecções por *Plasmodium vivax* e *Plasmodium falciparum*, apesar da diminuição da proporção de malária por *Plasmodium falciparum*. Este declínio está vinculado à melhoria do manejo de casos por meio de diagnóstico precoce e tratamento imediato, a uma diminuição da atividade extrativa mineral descontrolada e a um menor deslocamento de população em virtude da estabilização dos projetos de colonização agrícola, semelhante ao ocorrido em Mato Grosso⁴.

Distintos padrões de transmissão e intensidade de malária foram evidenciados ao se destacar os municípios por períodos. Observou-se redução do IPA e do número de municípios de alto risco do P1 ao P4, com considerável aumento do número de municípios de baixo e médio risco na região sudeste e uma pequena fração em direção ao nordeste do estado (Figura 3).

A dependência espacial calculada estatisticamente pelo Índice de Moran global revelou que os valores do IPA nos municípios de

Rondônia estão correlacionados no espaço. Entretanto, por ser esta uma medida geral, ao produzir um único valor para todo o conjunto de dados de área, foi útil apenas na caracterização da região de estudo como um todo⁹. No entanto, através do cálculo do Índice de Moran Local, que gera um valor específico para cada área levando em consideração os municípios vizinhos, foi possível classificar áreas de risco diferenciado para malária, descartando-se a aleatoriedade espacial na distribuição da doença. As áreas de maior risco com autocorrelação espacial significativa podem ser consideradas críticas, onde possivelmente agregam-se municípios em pleno processo epidêmico de malária (Figura 5).

No P1, dos 9 municípios existentes na área de maior risco geradas pelo Moran Map, 7 (Alto Paraíso, Buritis, Candeias do Jamari, Cujubim, Itapuã do Oeste, Machadinho D'Oeste e Monte Negro) foram criados no período de 1992 a 1995 e desmembrados dos municípios de Ariquemes, Machadinho D'Oeste e Porto Velho, considerados de alto risco em 1991. Portanto, os municípios que constituem a área de maior risco são de urbanização mais recente, verificada a partir do desmembramento de municípios com elevado risco no início da década de 90 e caracterizada pela proliferação de loteamentos irregulares, desprovidos de infraestrutura básica e destinados à população de baixa renda, oriunda, em grande parte, da mobilidade intra-urbana e da migração.

As particularidades observadas nos municípios em 1991 determinaram de forma importante o comportamento de risco elevado da malária no P1. Nos períodos subsequentes, com suavização das atividades de garimpo e colonização, e com a expansão da rede de diagnóstico e tratamento observou-se redução do número de áreas e da intensidade de transmissão de malária^{6,10}.

Nas Tabelas 1 e 2 verificam-se as diferenças apresentadas entre as áreas de maior, menor e risco intermediário para malária, levando em consideração indicadores como variação populacional, número de famílias assentadas e percentual de área total desmatada. Estes determinantes, além de evidenciarem distintos processos da ocorrência de malária, também auxiliam na compreensão dos diferentes padrões apresentados pela doença.

No P1, houve intenso fluxo migratório (crescimento populacional de 45,4%), aliado à intensa mobilidade populacional provocada pela atividade garimpeira, e ocupação estimulada pelos programas de colonização e assentamento, com média 426,7 famílias assentadas por município. Tal fato indicou uma dinâmica específica da malária que se apresentou de forma epidêmica, com IPA médio de 600,7 casos/por mil habitantes nesse período (Tabela 1).

Nos períodos 2, 3 e 4, observou-se uma fase de transição entre processo epidêmico e endêmico, com visível redução do IPA. Houve mudanças nas características de uso da terra, o que significou também mudanças demográficas, com importante redução da variação populacional e do número de famílias assentadas (Tabela 1).

Mesmo considerando as evidências de uma drástica redução do IPA a partir do P2, a malária ainda persistiu como problema no Estado, que permaneceu com considerável número de municípios

na área de maior risco, visível pelo Moran Map no P4. Além disso, identificou-se na área de maior risco, um único aglomerado geográfico, cuja dinâmica expressa o espalhamento dessa área em direção ao noroeste do Estado (Figura 5D).

Nas áreas de menor risco vale ressaltar que no P1 metade dos municípios de menor risco foi criada a partir de 1992, sendo desmembrados principalmente de municípios de baixo e médio risco. Do P1 ao P4 houve aumento no número de municípios de menor risco (Tabela 1), o que sugere maior estabilidade no processo de ocupação indicado por: expressivo aumento do número de municípios com baixo IPA; crescimento populacional menor; menor área desmatada; média de famílias assentadas menor. Nesta região, possivelmente os casos notificados sofreram grande influência do fluxo populacional de casos importados de outra região ou outro estado.

A área de risco intermediário pressupõe situação de transitoriedade entre área de maior e menor risco, fato observado na dinâmica apresentada pelos municípios de Porto Velho e Ariquemes que, no P1, P2 e P3 foram enquadrados como de área de risco intermediário Q4 e, no P4, estavam localizados em área de maior risco. Situação inversa foi verificada para o município de Governador Jorge Teixeira que presente na área de risco intermediário Q3 no P1, P2 e P3 evoluiu para área de menor risco no P4. Outro exemplo pode ser verificado para o município de Theobroma que no P1 estava enquadrado na área de risco intermediário Q3 evoluiu para Q1 no P2 e para Q2 no P3 e P4 (Figura 4).

A influência exercida pelos municípios vizinhos na dinâmica da distribuição de casos de malária em Rondônia provocou a mudança observada na classificação de risco de alguns municípios entre os períodos. Esta ocorrência está relacionada principalmente às diferentes etapas do processo de ocupação e/ou organização dos serviços de saúde.

No P3, a configuração dos municípios de risco intermediário Q3 e Q4 que fazem fronteira com a Bolívia e Estado do Amazonas, possivelmente seria modificada ao se incluir os registros de casos de malária dessas duas localizações. Desta forma, interpretar a situação dos municípios de transição requer cautela, dada a complexidade de fatores internos e externos envolvidos.

Os municípios localizados na área de risco intermediário Q3 são mais vulneráveis que os do Q4, por apresentarem nos quatro períodos valores superiores do IPA, de crescimento populacional e de área total desmatada (Tabela 2).

Em Rondônia, ocorreu redução da intensidade de transmissão de malária nas áreas expostas ao risco, com redução importante do número de áreas com elevado risco de transmissão no período de 1994 a 2005. A tendência observada para a fórmula parasitária foi, como em todo o país, de acentuada queda na proporção de infecções por *Plasmodium falciparum*. Além disso, a evolução do IPA, do ILP e do número de lâminas positivas, mostrou similaridades, com tendências de redução entre 1994 e 2000, e de aumento de 2001 a 2005.

Os resultados encontrados apresentaram evidências significativas de dependência espacial tanto em nível estadual como municipal, sugerindo que a localização geográfica é

importante como determinante da malária no estado. Com a correlação do padrão espacial do IPA em Rondônia pode-se afirmar que os municípios que constituem a área de maior risco são os de urbanização mais recente caracterizada em todos os períodos por maior: crescimento populacional, número de famílias assentadas (exceto no P3) e percentual do total de área desmatada em relação às outras áreas de risco.

Também ficou constatado que a maioria dos municípios de Rondônia apresentou associação espacial positiva estando, portanto, localizados no Q1 e Q2. Pela visualização gerada pelo Moran Map observou-se claramente que os agregados com valores elevados de IPA (Q1) sofreram processo de espalhamento para a região noroeste e nordeste do Estado. Já nos municípios com baixos valores de IPA (Q2) este processo se deu em direção ao sudeste.

Nosso estudo confirmou os achados de Atanaka-Santos cols³, reforçando que as ferramentas de análise espacial aumentaram a compreensão da dinâmica espacial dos dados, pois contribuíram na identificação de agrupamentos contínuos, de altos e baixos valores de IPA, e áreas de transição, determinando áreas de risco para além dos limites político administrativos ao detectar situações de risco diferenciado para malária. Nesse contexto, também foi possível avaliar os agrupamentos de acordo com o nível de significância da associação espacial, selecionando os agrupamentos mais importantes. Tal avaliação pode ser útil na definição de municípios prioritários para desenvolvimento de ações estratégicas de vigilância e distribuição de recursos, considerando os diversos fatores envolvidos na transmissão de malária dos municípios e seus vizinhos.

É importante frisar que o IPA, utilizado como indicador de risco, é calculado com base no número de lâminas positivas para malária e que este indicador é gerado quando os indivíduos com sintomas ou suspeita de malária buscam o serviço de saúde para confirmação de infecção e tratamento, não levando em consideração os indivíduos assintomáticos. Logo, o IPA é uma subestimativa da malária, uma vez que estudos apontaram que a prevalência de malária assintomática foi de 4 a 5 vezes maior do que a sintomática^{1 2}.

Apesar do exposto, esta análise demonstrou que a combinação de informações de saúde com as técnicas de análise espacial, uma vez mais, contribui para o entendimento da epidemiologia da malária em Rondônia, sobretudo contextualizando geograficamente os eventos com seus determinantes sócio-ambientais. As técnicas de análise espacial, Box Map e Moran Map merecem ser avaliadas e comparadas com a atual metodologia utilizada pela SVS na determinação de áreas de risco e repasse financeiro para controle da malária.

REFERÊNCIAS

1. Alves FP, Durlacher RR, Menezes MJ, Krieger H, Silva LHP, Camargo EP. High prevalence of symptomatic *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* infections in native Amazonian populations. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 66: 641-648, 2002.
2. Alves FP, Gil LH, Marrelli MT, Ribolla PEM, Camargo EP, Silva LHP. Asymptomatic carriers of *Plasmodium* spp. as infection source for malaria vector mosquitoes in the Brazilian Amazon. Population and Community Ecology 42: 777-779, 2005.

3. Atanaka-Santos M, Czeresnia D, Souza-Santos R, Oliveira RM. Comportamento epidemiológico da malária no Estado de Mato Grosso, 1980-2003. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 39: 187-192, 2006.
4. Atanaka-Santos M, Souza-Santos R, Czeresnia D. Spatial analysis for stratification of priority malaria control areas, Mato Grosso State, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública* 23: 1099-1112, 2007.
5. Barata RB. *Malária e seu controle*. Editora Hucitec, São Paulo, 1998.
6. Brito JS. *Análise da descentralização das ações de controle da malária no Estado de Rondônia: dois estudos de caso*. Dissertação de mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2003.
7. Camargo LMA, Noronha E, Salcedo JMV, Dutra AP, Kreiger H, Silva LHP, Camargo EP. The epidemiology of malaria in Rondônia (Western Amazon region, Brazil): study of a riverine population. *Acta Tropica* 72: 1-11, 1999.
8. Coura JR, Suárez-Mutis M, Ladeia-Andrade S. A new challenge for malaria control in Brazil: asymptomatic *Plasmodium* infection – A review. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 101: 229-237, 2006.
9. Druck S, Carvalho MS, Câmara G, Monteiro AMV. *Análise espacial de dados geográficos*. EMBRAPA, Brasília-DF, 2004.
10. Escobar AL. *Malária no sudoeste da Amazônia: uma meta análise*. Dissertação de mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1994.
11. Ministério da Saúde. *Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária – PNCM. Série C. Projetos, Programas e Relatórios*, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, Brasília-DF, 2003. Disponível em <http://www.saude.gov.br/svs> (Acesso em 13 set, 2005), 2003.
12. Ministério da Saúde. *Situação epidemiológica da malária no Brasil*. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, Brasília-DF, 2005. Disponível em <http://www.saude.gov.br/svs> (Acesso em 13 set 2005), 2005.
13. Silveira AC, Rezende DF. *Avaliação da estratégia global de controle integrado da malária no Brasil*. Organização Pan-Americana da Saúde, Brasília-DF, 2001.
14. Suárez-Murtis M, Cuervo P, Leoratti FMS, Moraes-Avila SL, Ferreira AW, Fernandes O, Coura JR. Cross sectional study reveals a high percentage of asymptomatic *Plasmodium vivax* infection in the Amazon Rio Negro area, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 49: 159-164, 2007.