

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BELO HORIZONTE**

**MEDICINA VETERINÁRIA**

**LUANA LIMA FONSECA BORTOLINI DA SILVA**

**O IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA DISSEMINAÇÃO DE  
PARASIToses**

**BELO HORIZONTE**

**2023**

Luana Lima Fonseca Bortolini Da Silva

**O IMPACTO DAS ALTERAÇÕES CLIMATICAS NA DISSEMINAÇÃO DE  
PARASITOSEs: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação  
em Medicina Veterinária como requisito  
parcial para obtenção do título de  
bacharel em Medicina Veterinária.

Orientadora: DSc Pillar Gomide Do Valle

2023

Belo Horizonte

## RESUMO

As alterações climáticas geram impactos que afetam diversos seres vivos, incluindo os parasitos causadores de doenças zoonóticas emergentes e reemergentes, além de seus hospedeiros, podendo interferir nos padrões de distribuição de espécies e na incidência de infecções parasitárias. Ações antrópicas estão diretamente ligadas às causas do aquecimento global e seus efeitos, como por exemplo, o aumento da temperatura. A ocorrência de infecções parasitárias em animais, em determinado ecossistema, depende de interações entre parasitos, hospedeiros e ambiente, cuja complexidade é variável.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas; vetores de doenças; parasitas.

## **ABSTRACT**

Climate change generates impacts that affect several living beings, including parasites that cause emerging and re-emerging zoonotic diseases, as well as their hosts, which can interfere with species distribution patterns and the incidence of parasitic infections. Anthropogenic actions are directly linked to the causes of global warming and its effects, such as increased temperatures. The occurrence of parasitic infections in animals and humans, in a given ecosystem, depends on interactions between parasites, hosts and the environment, the complexity of which varies.

**Keywords:** Climate changes; disease vectors; parasites.

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Exemplos de vetores transmissores de doenças parasitárias sensíveis às mudanças climáticas abordados por Haines e colaboradores (2006). .....	11
---	----

## LISTA DE IMAGENS

<b>Imagem 1</b> – Resposta dos patógenos, a nível do ciclo de transmissão, considerando temperaturas mais quentes ou a temperatura base.....	13
<b>Imagem 2</b> – Tempo de desenvolvimento embrionário em dias de <i>Aedes aegypti</i> , de acordo com a temperatura.....	14
<b>Imagem 3</b> – Relação entre o período de incubação com o aumento da temperatura do Vírus da Zika (ZIKV), do Vírus da Dengue (DENV) e do Vírus do Nilo Ocidental.....	15
<b>Imagem 4</b> – Adequabilidade climática para a leishmaniose visceral no cenário histórico da doença e em projeções para aumento de 1,5 °C; 2 °C e 4 °C.....	17

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2 – OBJETIVO</b> .....	8
<b>3 – METODOLOGIA</b> .....	9
<b>4 – MUDANÇAS CLIMATICAS</b> .....	10
<b>4.1 - Influência nos vetores</b> .....	11
<b>4.2 - Doenças parasitárias mais prevalentes no Brasil</b> .....	15
<b>5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	18
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS</b> .....	19

## 1 – INTRODUÇÃO

Na rotina clínica veterinária de animais domésticos de pequeno e grande porte é comum o atendimento de doenças causadas por parasitas, sendo observadas no território brasileiro doenças de origem parasitaria com grande diversificação e especificidade por região, algumas tendo caráter endêmicos e outras não, sendo a propagação de vetores diretamente influenciável pela dinâmica ambiental (BARCELLOS *et al*, 2009).

As alterações climáticas ocorrem naturalmente com o decorrer do tempo. Entretanto as ações antrópicas veem acelerando este processo, sendo que as mudanças ambientais têm exercido influência na emergência e proliferação de doenças parasitárias (MCMICHAEL; WOODRUFF; HALES, 2006; PATZ *et al.*, 2000).

Entre os fatores que veem sendo apontados como influentes na disseminação de parasitoses está a elevação da temperatura, a qual impacta no padrão de distribuição das espécies, sendo favorável a elevação da população de vetores e do aumento populacional de hospedeiros reservatórios (DUNN *et al.*, 2010) além de afetar os ciclos de vida de parasitos (LAFFERTY, 2009), podendo, conseqüentemente, ser atrelado à emergência ou reemergência de algumas doenças parasitárias (SHORT; CAMINADE; THOMAS, 2017).

## **2 – OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo a formulação de uma revisão bibliográfica referente a disseminação de parasitoses diante das alterações climáticas, visando observar o impacto estas podem ter em diferentes regiões do Brasil, devido as possíveis mudanças no ciclo dos vetores e a interferência na interação parasita:hospedeiro assim como na mecânica da transmissão das doenças de origem parasitaria.

### **3 – METODOLOGIAS**

O engendramento do presente trabalho foi realizado por uma revisão bibliográfica sistemática através de pesquisas descritivas, bibliográficas e exploratórias com base em dados científicos adquiridos em livros e periódicos científicos através de buscas realizadas em bases como Google acadêmico, Scielo (Scientific Electronic Library), Doceru Brasil, Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa (NIP), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), PubVet, SINAM, Periódicos Capes, utilizando palavras-chave como: mudanças climáticas, aquecimento global, doenças parasitárias, disseminação de parasitoses, interação parasito/ hospedeiro.

Foram consultados artigos científicos, revisão de literatura, relatos de casos e documentos que conduziram para o tema escolhido entre os anos de 2000 ao ano de 2023, utilizando nas buscas termos em português e em inglês que possibilitam identificar e conhecer melhor trabalhos publicados por autores brasileiros e estrangeiros com dados que possam ser aplicados na realidade do Brasil.

#### 4 – MUDANÇAS CLIMATICAS

As mudanças climáticas são um processo natural ocorrente da manutenção do planeta, sendo o movimento composto pela interação entre elementos do clima como umidade, temperatura e precipitação que compõem a dinâmica ambiental, a qual vem sendo agravada por ações antrópicas consequente da revolução industrial que vem sendo sentida e ainda provocado até a atualidade gerando desequilíbrio que exerce influência na emergência e proliferação de doenças parasitárias (MCMICHAEL; WOODRUFF; HALES, 2006; PATZ *et al.*, 2000).

Processos antrópicos inerentes ao uso e ocupação de solo como pecuária, agricultura, mineração, construção de hidrelétricas e rodovias, expansão urbana, queimadas e desmatamento estão diretamente relacionadas à ocorrência de mudanças climáticas, devido aos impactos ambientais gerados. Além da temperatura, variações em outros fatores do clima como a precipitação e a umidade, resultam em mudanças climáticas. Os efeitos dessas mudanças no clima atingem os mais diversos grupos de seres vivos, afetando suas relações ecológicas com o meio e entre os níveis tróficos (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014; HAINES; PATZ, 2004; HAINES *et al.*, 2006; LAFFERTY, 2009; MCMICHAEL; WOODRUFF; HALES, 2006; PATZ *et al.*, 2000).

Entre as alterações climáticas pode-se salientar o aquecimento como a mudança mais marcante (OLIVEIRA; ALVES, 2011). O aquecimento global é caracterizado pelo aumento da temperatura média dos oceanos e da camada de ar próxima à superfície da Terra em decorrência do acúmulo de gases do efeito estufa na atmosfera, como o gás carbônico por exemplo, oriundo da queima de combustíveis fósseis utilizados em larga escala na economia mundial (OJIMA; MARANDOLA, 2013).

Cada espécie reage de um modo as alterações climáticas, sofrendo influência das condições ambientais presentes no meio geográfico em que estão inseridos e como essas condições são e serão afetadas ou não pelas mudanças climáticas (FECCHIO *et al.*, 2019; PARMESAN, 2006). Alterações do meio ou dos seus elementos como umidade do ar e solo, cobertura vegetal, recursos hídricos,

entre outros, impactam no ciclo dos parasitas, seus vetores, hospedeiros e no entrosamento entre eles (HAINES; PATZ, 2004).

Alguns artrópodes são sensíveis a temperatura, e as mudanças climáticas têm influência direta em seu desenvolvimento e na sucessão de cada fase evolutiva e conseqüentemente na sobrevivência dos indivíduos, podendo muitas vezes serem consideradas benéficas para esses vetores (SHORT; CAMINADE; THOMAS, 2017).

**Quadro 1** - Exemplos de vetores transmissores de doenças parasitárias sensíveis às mudanças climáticas abordados por Haines e colaboradores (2006).

<b>Vetor/ hospedeiro intermediário</b>	<b>Principais doenças</b>
Flebotomíneos	Leishmanioses
Carrapatos Ixodídeos	Babesiose, Erliquiose

Fonte: Adaptado de HAINES *et al.* (2006).

Os parasitos causadores de doenças que infectam mamíferos, podem adaptar-se como resposta a temperaturas mais altas, aumentando a variedade de hospedeiros, o que acaba favorecendo sua permanência e transmissão em áreas com alto índice de riqueza de populações hospedeiras (FECCHIO *et al.*, 2019).

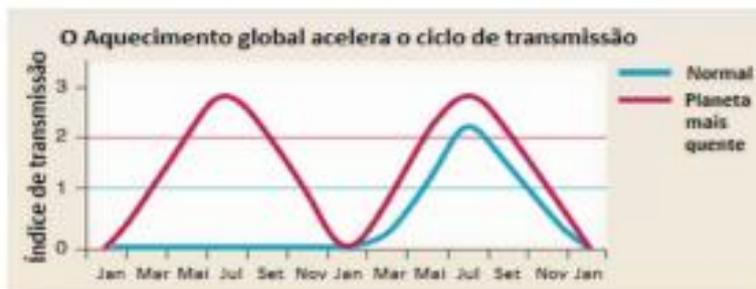
#### **4.1 - Influência nos vetores**

Devido à complexidade da relação parasito-hospedeiro, e as influências ambientais as quais esta relação está sujeita, temperaturas mais quentes podem interferir na ocorrência e prevalência de parasitoses (HAINES; PATZ, 2004). Segundo a análise realizada por Dunn *et al.* (2010) sobre a relação entre a distribuição geográfica de doenças e a prevalência de hospedeiros a nível mundial, os dados apontam a riqueza de espécies hospedeiras como fator determinante na emergência de patógenos, como também a influência direta do clima na prevalência de doenças transmitidas por vetores.

Considerando a temperatura ideal para o desenvolvimento dos artrópodes vetores que é na média de 25°C, a temperatura de 40 °C é considerada o limiar máximo e a temperatura 15° °C o limiar mínimo. Desta forma, a faixa entre 15 e 40 °C, considera-se a faixa ótima de desenvolvimento da maioria das espécies de artrópodes vetores. Na faixa entre 38 ° e 48° entram em estivação temporária, sendo capazes de readquirir as suas atividades normalmente quando a temperatura voltar a faixa ideal. De 48 ° a 52 °C entram em estivação permanente, não voltando as suas atividades normais quando a temperatura volta ao normal. Acima de 52 °C são levados a morte. Quando a temperatura é reduzida abaixo dos 15 °C, temos a hibernação temporária dos artrópodes e a temperatura próxima de 0 °C ou ligeiramente abaixo ocorre o super resfriamento e congelamento dos fluídos, respectivamente. Em temperatura próxima de -4,5 °C os fluídos estão completamente congelados num estado de anabiose irreversível e atingindo a morte em temperatura abaixo de -20°C. Quando a temperatura ambiental é favorável, os artrópodes são diretamente beneficiados pela fácil troca de calor com o ambiente. Subsequentemente, tem o benefício, também, de uma atividade respiratória e circulatória mais eficiente, de uma atividade metabólica mais intensa e, normalmente, de uma maior capacidade de aproveitamento dos recursos alimentares. Nestas circunstâncias, os artrópodes formam populações que pela sua grandeza ficam em condições de compensar as perdas que se verificam quando a temperatura e outros fatores ambientais se tornam desfavoráveis (CARVALHO, 2020; RODRIGUES, 2004).

Os animais possuem um limite de temperatura no qual são capazes de sobreviver. Entretanto, os patógenos são apontados por serem resistentes as altas temperaturas e condições ambientais exacerbadas (BRADSHAW; HOLZAPFEL, 2001), sendo que a temperatura é, quiçá, o fator externo de maior influência no ciclo das parasitoses. Quando a temperatura aumenta, os efeitos para o desenvolvimento, tanto do vetor, como do patógeno, são positivos, o aumento da temperatura permite que haja a duplicação dos ciclos de transmissão, resultando em maiores populações de vetores (ALTIZER *et al.*, 2013; GALATI, 2015; PATZ *et al.*, 2003).

**Imagem 1** – Resposta dos patógenos, a nível do ciclo de transmissão, considerando temperaturas mais quentes (linha rosa) ou a temperatura base (linha azul).

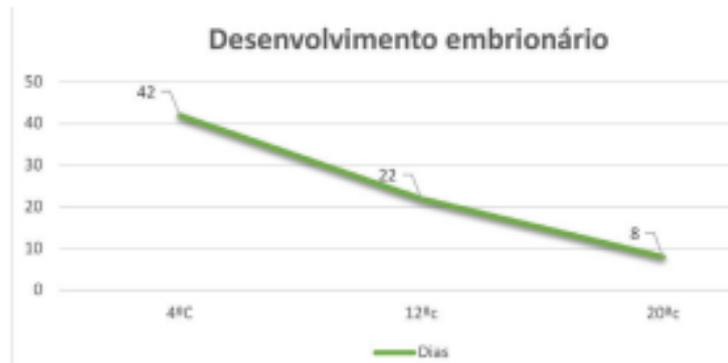


Fonte: ALTIZER *et al* (2013).

Os artrópodes são seres exotérmicos, ou seja, necessitam de fatores do ambiente externo para promover a manutenção da termorregulação. Para atenuar as oscilações climáticas os seres ectotérmicos utilizam de mecanismos comportamentais para manter as temperaturas corporais, como por exemplo, expor-se ao sol, ou a procura de abrigo em casos de elevada pluviosidade (PATZ *et al.*, 2003; LAFFERTY, 2009).

Devido ao calor os artrópodes alcançam a maturidade sexual mais rápido, por causa do metabolismo acelerado, assim ficam mais agitados e se alimentam mais, tendo aumento da atividade fisiológica, da taxa energética e da eclosão de ovos, conseqüentemente aumento da proliferação de vetores. A temperatura e o período de desenvolvimento embrionário possuem uma correlação negativa, em que quanto maior a temperatura, menor será o período de desenvolvimento embrionário (BOOTH, 2018; HAINES; PATZ, 2004).

**Imagem 2** – Tempo de desenvolvimento embrionário em dias de *Aedes aegypti*, de acordo com a temperatura.

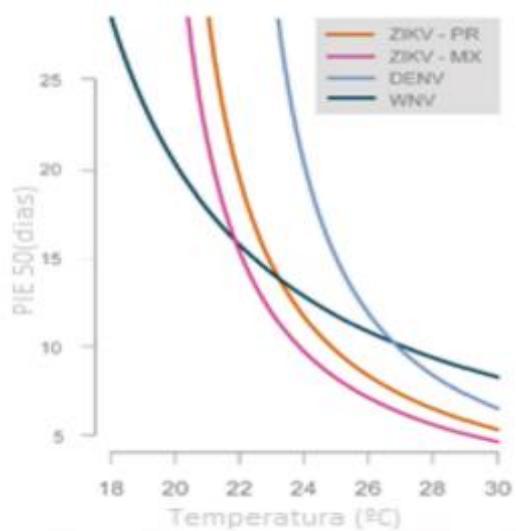


Fonte: SNOW; MEDLOCK (2006).

Quando o microrganismo patógeno se infiltra no vetor há o período a ingestão do microrganismo até o momento em que este pode ser transmitido, sendo esse espaço de tempo extremamente sensível à temperatura e, por isso, suscetível às alterações climáticas. Quando há elevação da temperatura o desenvolvimento do vetor e do patógeno é favorecido, resultando em maiores populações e surtos epidêmicos (GALATI, 2015; ALTIZER *et al.*, 2013).

O aumento da temperatura causa uma redução no período de incubação do patógeno, assim permitindo que vetores possam iniciar a transmissão de doenças em fases mais jovens de seu desenvolvimento, e consequentemente atuando por mais tempo de vida como transmissor. Antagonicamente, tendo uma redução da temperatura o período de incubação dos patógenos nos vetores é maior (GALATI, 2015; HARVELL *et al.*, 2009).

**Imagem 3** – Relação entre o período de incubação com o aumento da temperatura do Vírus da Zika (ZIKV), do Vírus da Dengue (DENV) e do Vírus do Nilo Ocidental.



Fonte: WINOKUR *et al* (2020).

Dos elementos ambientais, a variação climática é um fator importante na distribuição temporal e espacial desses vetores de doenças tanto limitando a sua propagação quanto influenciando a dinâmica da transmissão. As mudanças climáticas podem causar alterações na distribuição espacial, densidade populacional, sazonalidade, prevalência da infecção, carga parasitária ou até na adaptação de espécies de vetores e hospedeiros a novos ciclos de transmissão (BRUNO *et al.*, 2020).

#### **4.2 - Doenças parasitárias mais prevalentes no Brasil**

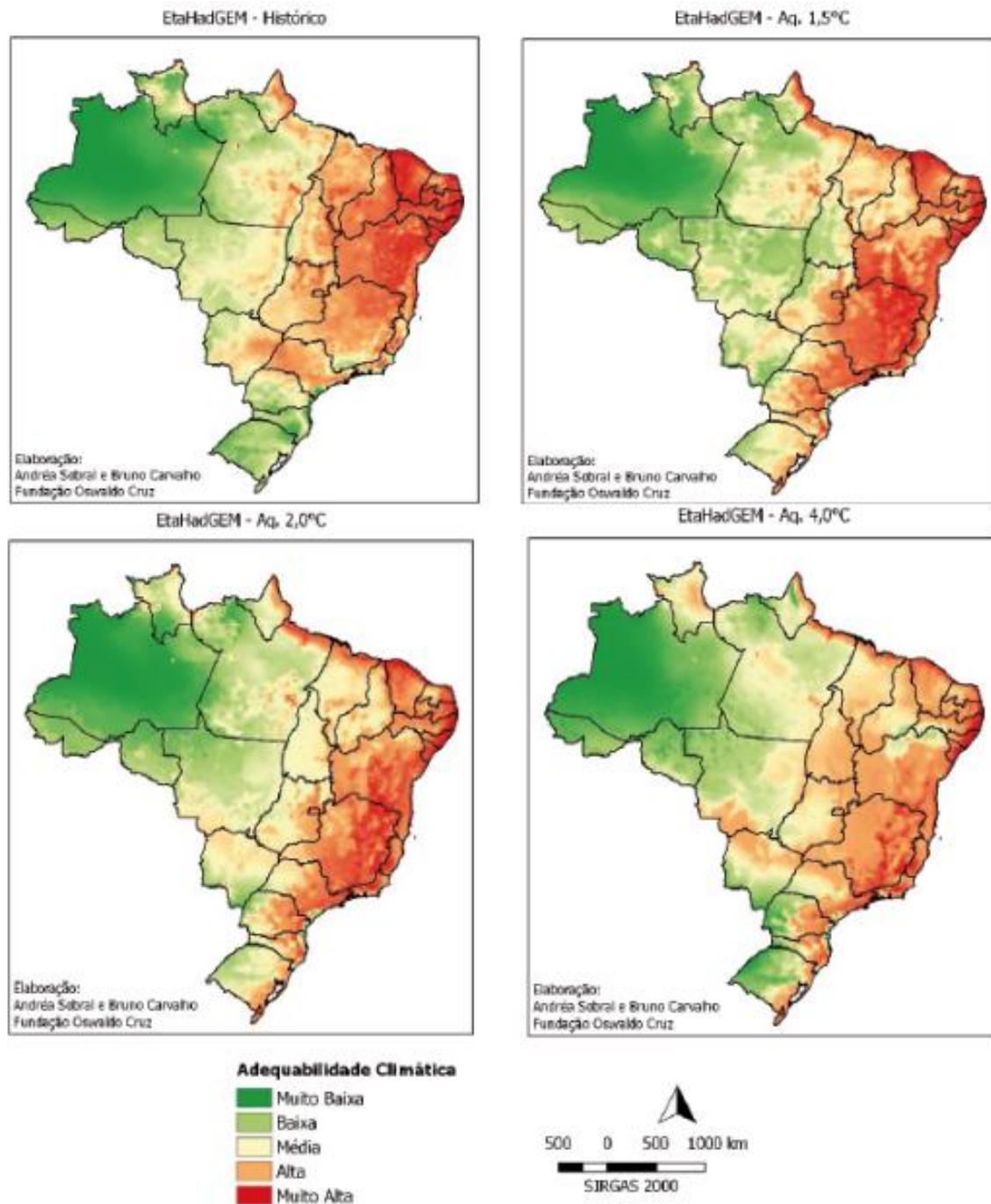
No âmbito do Brasil foram realizados alguns estudos com foco regional associando a ocorrência de parasitoses ao aumento de temperatura e outras mudanças no clima, como os trabalhos de Araújo, Rangel e Ferreira (1993) na região nordeste do país e Confalonieri, Margonari e Quintão (2014) na Amazônia. Ambos os trabalhos declaram sobre a presença de parasitos causadores de doenças associados às mudanças do clima a partir de uma visão regional, sem

abranger outras regiões brasileiras e levando em conta apenas uma época, região ou interação hospedeiro-parasito específica.

Carvalho e colaboradores (2020) trazem contribuições relevantes para o cenário nacional, quanto as alterações do clima e o aumento na temperatura em projeções baseadas no relatório do IPCC de 2018, em que desenvolveram modelagens matemáticas para avaliar a distribuição espacial de doenças de forte ocorrência no Brasil transmitidas por vetores artrópodes a humanos, entre elas a leishmaniose visceral, que possui grande importância veterinária.

Foi projetado valores de incidência da leishmaniose visceral por meio de modelagens para a distribuição geográfica em cada cenário de elevação de temperatura, tendo como base as áreas consideradas com alta adequabilidade climática de incidência histórica para cada doença, em que representam bem a distribuição conhecida da doença, que ocorre principalmente nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. Essa área adequada será reduzida de acordo com os cenários de aquecimento, em diferentes intensidades dependendo do cenário, com perda de adequabilidade nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e algumas áreas de aumento de adequabilidade nas regiões Sudeste e Sul e uma faixa no litoral norte dos estados do Pará, Amapá e Maranhão. Sendo assim, a leishmaniose visceral apresenta adequabilidade de ocorrência para as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste. No cenário de aquecimento de 1,5° C, o semiárido nordestino apresenta diminuição da adequabilidade climática para leishmaniose visceral, ao passo que as regiões Sudeste e Sul aumentam sua adequabilidade climática para a doença. Para os cenários de aquecimento de 2° C e 4° C, há uma tendência de diminuição da adequabilidade climática para a doença, principalmente no cenário de nível de aquecimento de 4°C, no qual há uma redução das condições climáticas favoráveis para a ocorrência da doença nas regiões Nordeste e Centro-Oeste e expansão das áreas com condições climáticas favoráveis nas regiões Sudeste e Sul e uma faixa no litoral norte dos estados do Pará, Amapá e Maranhão (Imagem 4).

**Imagem 4** – Adequabilidade climática para a leishmaniose visceral no cenário histórico da doença e em projeções para aumento de 1,5 °C; 2 °C e 4 °C.



Fonte: CARVALHO *et al* (2020).

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As doenças parasitárias são influenciadas por variáveis ambientais e a dinâmica de transmissão sofre os efeitos de modificações dos componentes do clima, podendo alterar os índices de incidência e ocorrência. O aumento da temperatura é um dos fatores que atuam diretamente em padrões de distribuição de espécies, contribuindo para o crescimento das taxas de hospedeiros reservatórios de parasitos e de vetores, sendo isso, associado à prevalência de parasitoses.

Os artrópodes trazem a emergência e reemergência de diversas doenças infecciosas. Para as doenças transmitidas por vetores artrópodes no Brasil, as projeções de cenários para a elevação da temperatura mostram que pode ocorrer alterações nos padrões de distribuição espacial de diversas doenças como a Leishmaniose, *Babesia* e *Erlíquia*, dentre outras intensificando a incidência das doenças nas regiões que apresentam ocorrência para elas, e/ou expandindo a ocorrência para regiões de baixa intensidade.

Modificações decorrentes das mudanças climáticas podem revelar uma realidade preocupante para os padrões de distribuição e incidência de doenças parasitárias no país, com previsões de emergência e reemergência para essas doenças por várias regiões do Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

ALTIZER S, OSTFELD RS, JOHNSON PT, KUTZ S, HARVELL CD. Climate change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework. *Science*, v. 341, p. 514-519, 2013.

ARAUJO, A.; RANGEL, A.; FERREIRA, L. F. R. Climatic change in northeastern Brazil: paleoparasitological data. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 88, n. 4, p. 577-579, 1993.

BARCELLOS, C. *et al.* Mudanças climáticas e ambientais e doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, jul.-set. 2009.

BOOTH, M. Climate Change and the Neglected Tropical Diseases, *Advances in Parasitology*. V. 100, p. 39–126, 2018.

BRADSHAW WE; HOLZAPFEL CM. Genetic shift in photoperiodic response correlated with global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 98, p. 14509–14511, 2001.

CARVALHO, B. M. *et al.* Doenças transmitidas por vetores no Brasil: mudanças climáticas e cenários futuros de aquecimento global. *Sustainability in Debate*, Brasília, v. 11, n.3, p. 383-404, dez. 2020.

CONFALONIERI, U. E. C.; MARGONARI, C.; QUINTÃO, A. F. Environmental change and the dynamics of parasitic diseases in the Amazon. *Acta Tropica*, [s. l.], v. 129, n. 1, p. 33–41, 2014.

DUNN, R. R.; *et al.* Global drivers of human pathogen richness and prevalence. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, [s. l.], v. 277, n. 1694, p. 2587–2595, 2010.

FECCHIO, A.; *et al.* Climate variation influences host specificity in avian malaria parasites. *Ecology Letters*, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 547–557, 2019.

GALATI, E.A.B., CAMARA, T.N. DE L., NATAL, D. E CHIARAVALLOTI-NETO, F. Mudanças climáticas e saúde urbana. *Revista USP*, v. 107 (dez. 2015), p. 79-90, 2015.

HAINES, A.; PATZ, J. A. Health Effects of Climate Change. *Journal of the American Medical Association*, [s. l.], v. 291, n. 1, p. 99–103, 2004.

HAINES, A.; *et al.* Climate change and human health: Impacts, vulnerability and public health. *Public Health*, [s. l.], v. 120, n. 7, p. 585–596, 2006.

HARVELL D, ALITZER S, CATTADORI I, HARRINGTON L, WEIL E. Climate Change and the Distribution and Intensity of Infectious Diseases. *Ecology*, v.90, p. 912-920, 2009.

LAFFERTY, K. D. The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecological Society of America*, [s. l.], v. 90, n. 4, p. 888–900, 2009.

MCMICHAEL, A. J.; WOODRUFF, R. E.; HALES, S. Climate change and human health: present and future risks. *The Lancet*, [s. l.], v. 367, n. 9513, p. 859 -869, 2006.

OJIMA, R.; MARANDOLA JR, E.. Mudanças climáticas e as cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social. Coleção População e Sustentabilidade. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2013. E-book.

OLIVEIRA, R. D. F.; ALVES, J. W. S. Cadernos de educação ambiental: mudanças climáticas globais no Estado de São Paulo. Governo do Estado de

São Paulo 31 Coordenadoria de Planejamento Ambiental, São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2011.

PARMESAN, C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, [s. l.], v. 37, p. 637–669, 2006.

PATZ, J. A.; GRACZYK, T. K.; GELLER, N.; VITTOR, A. Y. Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *International Journal for Parasitology*, [s. l.], v. 30, n. 12–13, p. 1395–1405, 2000.

PATZ J. A.; GITHEKO AK; MCCARTY JP; HUSSEIN S; CONFALONIERI U; WET N de. Climate change and infectious diseases. *Public Health Rev.* 2016; v 37, p. 103–132, 2003.

RODRIGUES, W.C. Fatores que Influenciam no Desenvolvimento dos Insetos. *Info Insetos*, v. 1, n. 4, p. 1-4, 2004.

SHORT, E. E.; CAMINADE, C.; THOMAS, B. N. Climate Change Contribution to the Emergence or Re-Emergence of Parasitic Diseases. *Infectious Diseases: Research and Treatment*, [s. l.], v. 10, p.1-7, 2017.

SNOW K; MEDLOCK J. The potential impact of climate on the distribution and prevalence of mosquitoes in Britain, 2006.

WINOKUR O.C; MAIN B.J; NICHOLSON J; BARKER C.M. Impact of temperature on the extrinsic incubation period of zika virus in aedes Aegypti, v. 14, p. 1–15, 2020.