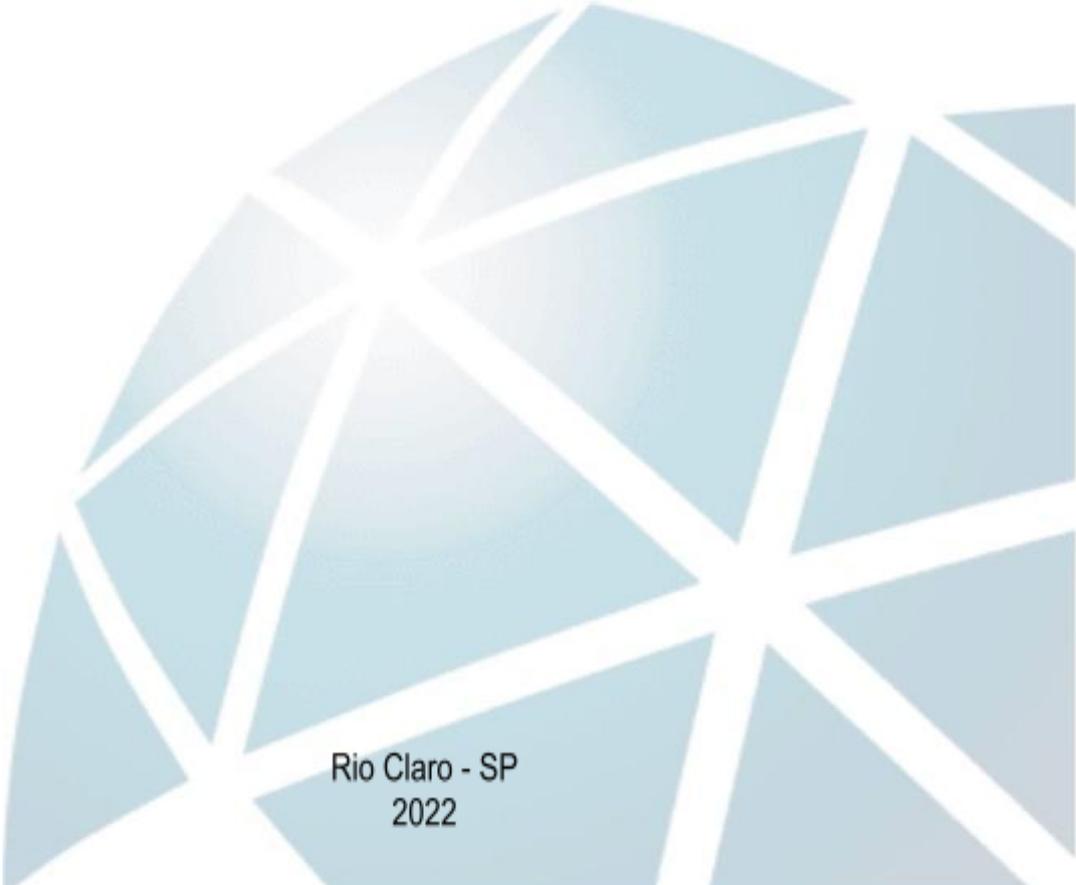

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MAXINE CARDOSO

**AQUECIMENTO GLOBAL E DOENÇAS
PARASITÁRIAS: PERSPECTIVAS PARA O
BRASIL**



Rio Claro - SP
2022

MAXINE CARDOSO

**AQUECIMENTO GLOBAL E DOENÇAS PARASITÁRIAS:
PERSPECTIVAS PARA O BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Claudio José Von Zuben

Rio Claro - SP
2022

C26
8a

Cardoso, Maxine

Aquecimento global e doenças parasitárias : perspectivas para o Brasil / Maxine Cardoso. -- Rio Claro, 2022

32 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e licenciatura - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Cláudio José Von Zuben

1. Mudanças climáticas. 2. Aquecimento global. 3. Doenças Parasitárias. 4. Relação hospedeiro-parasito. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

MAXINE CARDOSO

**AQUECIMENTO GLOBAL E DOENÇAS PARASITÁRIAS
PERSPECTIVAS PARA O BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Claudio José Von Zuben (orientador)

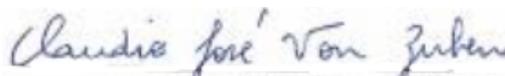
Prof. Dr. José Paulo Guadanucci

Prof. Dr. Milton César Ribeiro

Aprovado em: 13 de julho de 2022



Assinatura do discente



Assinatura do(a) orientador(a)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado esse sonho e por ter me capacitado a realizá-lo, por ter sido o meu sustento e a minha força em cada momento, inclusive em todas as inúmeras vezes que pensei em desistir e ser a minha razão de tudo e ter tornado isso tudo possível.

Agradeço também a minha família por terem sempre me motivado e apoiado do início ao fim, por serem minha base, sem vocês eu não estaria aqui hoje e esse sonho não teria se realizado, foi o incentivo e o apoio de vocês que me fizeram ser quem eu sou hoje e me permitiu alcançar esses e todos os meus outros objetivos de vida, por isso dedico esse trabalho aos meus pais Maria Inês e Jaime e minhas duas irmãs Jamili e Majorry.

Sou muito grata pela orientação e por toda a ajuda do meu orientador Prof. Dr. Cláudio Von Zuben, por ter aceitado me orientar dentro das condições em que eu me encontrava, pela paciência e pela compreensão que resultaram nesse trabalho, mesmo diante de tantas dificuldades, a sua ajuda foi mais do que fundamental para a conclusão desse trabalho e para a minha formação.

E por fim, agradeço às minhas amigas Viviane, Lisandra, Thalita e Joyce, por terem sido as melhores companheiras de curso, estágio, aflições, alegrias, dilemas e todos os diversos momentos que passamos juntas durante essa jornada de universitárias, pela amizade de vocês que fizeram a diferença na minha vida e me ajudaram tanto a chegar até aqui.

Minha gratidão aos professores e profissionais que me inspiraram e a todos que de alguma forma contribuíram para que hoje eu conseguisse alcançar essa conquista.

Resumo

Os impactos ambientais causados pelas mudanças climáticas atingem os mais diversos grupos de seres vivos, incluindo os parasitos causadores de doenças zoonóticas emergentes e reemergentes, além de seus hospedeiros. O nível de ocorrência destas pode ser afetado por mudanças climáticas tais como o aquecimento global, 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. No Brasil, existem poucos estudos abordando essa temática, associando com doenças parasitárias; sendo assim, o presente trabalho faz uma revisão bibliográfica sobre o tema, levantando dados e trazendo perspectivas em relação ao cenário brasileiro e propõe previsões levando em consideração como os fatores relacionados às mudanças climáticas podem afetar as interações parasito-hospedeiro.

Palavras-chave: Aquecimento global. Mudanças climáticas. Doenças parasitárias. Vetores de doenças.

Abstract

The environmental impacts caused by climate change achieved the most several groups of living beings, including the parasites that cause emergent and reemergent zoonotic diseases, in addition to the host. The level of their occurrence can be affected by climate change such as global warming, 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 temperature rise. In Brazil, there are few studies addressing this issue, associating it with parasitic diseases; therefore, this paper makes a literature review on the subject, collecting data and bringing perspectives in relation to the Brazilian scenario and proposes predictions taking into account how factors related to climate change can affect the parasite-host interactions.

Keywords: Global warming. Climate change. Parasitic diseases. Vector-borne diseases.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivos	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOENÇAS PARASITÁRIAS	12
3.1 Doenças Parasitárias	14
3.1.1 <i>No mundo</i>	14
3.1.2 <i>No Brasil</i>	15
3.1.2.1 Transmissão por vetores artrópodes.....	15
3.1.2.2 Transmissão por veiculação hídrica.....	23
3.1.2.3 Transmissão via solo.....	25
4 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global é uma mudança climática que tem sido um tema muito abordado nos últimos anos, devido aos impactos ambientais diretos e indiretos que têm afetado todo o planeta e causado diversas alterações ecológicas, que abrangem todas as formas de vida (BELLARD *et al.*, 2012; OJIMA & MARANDOLA Jr., 2013; PARMESAN, 2006). Dentre suas causas, têm sido citadas: aumento na utilização de combustíveis fósseis, desmatamento, atividade industrial e queima de biomassa, resultando no aumento na concentração de CO₂ e compostos orgânicos voláteis como butano e propano, entre outros (PARMESAN, 2006; PATZ *et al.*, 2000).

Atividades antrópicas ligadas ao uso e ocupação de solo como mineração, pecuária, agricultura, construção de hidrelétricas e rodovias estão diretamente relacionadas à ocorrência de mudanças climáticas, devido aos impactos ambientais gerados, principalmente o desmatamento (BELLARD *et al.*, 2012; CHARRON *et al.*, 2004; CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014; DANTAS-TORRES, 2015; PATZ *et al.*, 2000). Além da temperatura, variações em outros fatores do clima como a precipitação e a umidade, resultam em mudanças climáticas (HAINES; PATZ, 2004; HAINES *et al.*, 2006; LAFFERTY, 2009; PATZ *et al.*, 2000).

Os efeitos dessas mudanças no clima atingem os mais diversos grupos de seres vivos, afetando suas relações ecológicas com o meio e também entre os níveis tróficos, podendo levar a perdas de biodiversidade em muitos grupos taxonômicos (BELLARD *et al.*, 2012). As mudanças ambientais decorrentes, causadas tanto por fenômenos naturais como por intervenção humana, têm exercido uma influência marcante na emergência e proliferação de doenças parasitárias zoonóticas (MCMICHAEL; WOODRUFF; HALES, 2006; PATZ *et al.*, 2000).

A relação entre mudanças climáticas e a incidência/ prevalência de doenças infecciosas/ parasitárias tem sido abordada por diferentes autores, considerando determinadas regiões do planeta (ARAÚJO, RANGEL e FERREIRA, 1993; CHARRON *et al.*, 2004; CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014; DUNN *et al.*, 2010; NAVA *et al.*, 2017; QUEIROZ; MOTTA-VEIGA, 2012; ROSADO-GARCÍA *et al.*, 2017; SHORT; CAMINADE; THOMAS, 2017) ou utilizando enfoques mais gerais,

sem levar em conta uma distribuição espacial ou região específica (DANTAS-TORRES, 2015; FECCHIO *et al.*, 2019; HAINES; PATZ, 2004; HAINES *et al.*, 2006; LAFFERTY, 2009; MCMICHAEL; WOODRUFF; HALES, 2006).

A elevação de temperatura é um dos fatores apontados exercendo influência direta em padrões de distribuição de espécies, favorecendo o crescimento das taxas de hospedeiros reservatórios de parasitos e de vetores, sendo isso, associado à prevalência de parasitoses (DUNN *et al.*, 2010) além de afetar os ciclos de vida de parasitos (LAFFERTY, 2009) e conseqüentemente, algo que pode ser atrelado à emergência ou reemergência de algumas doenças parasitárias (SHORT; CAMINADE; THOMAS, 2017).

Rohr *et al.* (2011) fazem uma ampla revisão bibliográfica sobre a relação entre mudanças climáticas e ocorrência de doenças, levantando questões que discutem a respeito das dificuldades envolvidas, destacando que de fato não é tão simples estabelecer uma relação de causa e efeito entre mudanças climáticas e incidência/prevalência de doenças, muitas delas causadas por parasitos, pois outros fatores bióticos ou abióticos podem estar interferindo na interação hospedeiro/ parasito e também no vetor, quando for o caso. Assim, há sistemas hospedeiro-parasito com interações ao nível de comunidade e diferentes atributos funcionais que os tornam sistemas complexos; devido a essa complexidade, é difícil assumir os fatores climáticos como única causa, sem levar em consideração os demais fatores relacionados.

Apesar dessa dificuldade levantada por Rohr *et al.* (2011), é importante contextualizar no que mudanças climáticas atribuídas ao aquecimento global, podem interferir na dinâmica de transmissão de doenças, inclusive parasitárias, tanto nos parasitos, vetores, bem como nas populações hospedeiras (FECCHIO *et al.*, 2019; HAINES; PATZ, 2004; LAFFERTY, 2009; SHORT; CAMINADE; THOMAS, 2017). Em termos de Brasil, alguns estudos pontuais nesse sentido já foram realizados, mas levando em conta apenas uma época, região ou interação hospedeiro-parasito específica (ARAÚJO, RANGEL e FERREIRA, 1993; CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014).

O presente trabalho traz uma revisão bibliográfica sobre esse tema no Brasil, além de levantar conjecturas a respeito de possíveis influências de mudanças climáticas na dinâmica de transmissão de doenças, inclusive parasitárias. Questionamentos do tipo: um eventual aumento na temperatura média em diferentes regiões do país poderá influenciar as populações vetoras de determinados agentes etiológicos? Mudanças nas precipitações atmosféricas podem interferir na transmissão de doenças veiculadas pela água? Inundações ou secas vão influenciar no ciclo de vida de parasitos no solo? Respostas a perguntas como essas são fundamentais para se pensar em medidas que venham a mitigar os efeitos de doenças em humanos no Brasil, para as próximas décadas.

1.1 Objetivos

O principal objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sistemática sobre o tema mudanças climáticas e transmissão de doenças, inclusive parasitárias, para se conhecer o estado-da-arte sobre esse tema no Brasil, associando a ocorrência destas ao aquecimento global. Além disso, também a partir de dados da literatura, tentar prever cenários futuros para diferentes doenças transmitidas por vetores a partir de mudanças climáticas, levando em conta múltiplos fatores relacionados a mudanças climáticas, que podem interferir na interação parasito/ hospedeiro e conseqüentemente, na dinâmica de transmissão dessas doenças.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática envolvendo livros e periódicos científicos da área de interesse, com buscas em bibliotecas e nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo, PubMed, SINAM, Periódicos Capes, utilizando como palavras-chave: mudanças climáticas, aquecimento global, doenças parasitárias, interação parasito/ hospedeiro, que permitem conhecer melhor o que já foi publicado por autores brasileiros e estrangeiros, que possa ser aplicado em termos de perspectivas para a saúde no Brasil, considerando o efeito de mudanças climáticas. Os termos utilizados nas buscas foram aplicados em inglês e português.

As buscas foram realizadas no período de fevereiro de 2020 a novembro de 2021, nas bases de dados acima mencionadas, selecionando-se os artigos que tratavam da temática doenças parasitárias e mudanças climáticas, nos resultados das buscas. Após a coleta de artigos, os mesmos foram sendo analisados primeiramente por uma leitura de caráter exploratório dos resumos, a fim de separar os artigos a serem utilizados na presente revisão, utilizando como critério de escolha as publicações que abordam a temática de transmissão de doenças infecciosas causadas por parasitos associada a fatores climáticos, mudanças do clima e seus efeitos. Com essa etapa concluída, os artigos selecionados foram analisados de forma mais aprofundada, através de uma leitura analítica para poderem ser utilizados na presente revisão.

A organização do texto seu deu a partir de uma revisão bibliográfica, seguindo a mesma estratégia de abordagem do tema em questão, que vem sendo adotada por diferentes autores como Patz *et al.* (2000) e outros, ou seja, dividir o assunto em subtópicos, que abordem os efeitos de mudanças climáticas na transmissão de doenças, considerando diferentes aspectos, como por exemplo: (1) nos vetores artrópodes; (2) em outros hospedeiros; (3) nos parasitos em seu ambiente fora ou (4) dentro de seu hospedeiro. O efeito fora do hospedeiro é bastante relevante porque alguns parasitos são transmitidos pela água ou alimento contaminados, enquanto outros possuem parte do seu ciclo de vida no solo. Assim sendo, as características e presença ou não desses ambientes, que podem ser

potencialmente modificados ou terem variação em sua distribuição espacial/temporal por alterações climáticas, são fatores muito importantes considerados no presente trabalho.

3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOENÇAS PARASITÁRIAS

Mudanças climáticas são fenômenos resultantes da interação entre os componentes do clima, como umidade, precipitação e temperatura, os quais atuam em desequilíbrio, provocado e agravado pelas ações humanas. O aquecimento global é caracterizado pelo aumento da temperatura média do planeta 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, presente em indústrias, na geração de eletricidade, no transporte, dentre outros (OJIMA; MARANDOLA, 2013).

Dessa forma, o aquecimento pode ser destacado como a mais marcante dentre as mudanças do clima (OLIVEIRA; ALVES, 2011). Os danos ambientais gerados pelo aumento da temperatura global afetam a biodiversidade de variadas formas, desencadeando alterações que comprometem a sobrevivência e colocam muitas espécies em risco de extinção (BELLARD *et al.*, 2012; PARMESAN, 2006).

As respostas das espécies às elevações de temperatura se diferenciam por diversos fatores, tanto intrínsecos a cada organismo, quanto extrínsecos ligados aos nichos ecológicos nos quais estão inseridos, os quais estão diretamente sujeitos às condições ambientais existentes em cada região geográfica e como essas condições são e serão afetadas ou não pelas mudanças climáticas (FECCHIO *et al.*, 2019; PARMESAN, 2006).

Modificações em elementos do meio ambiente como corpos hídricos, umidade do solo, cobertura vegetal, entre outros, interferem nos parasitos, vetores e seus hospedeiros, assim como nas interações entre os mesmos (PATZ, 2004). No caso de vetores de doenças parasitárias, as alterações na temperatura exercem influência nos ciclos de vida dos parasitos; afinal, uma parcela deles possuem parte do ciclo vital no ambiente (HAINES *et al.*, 2006). O desenvolvimento de insetos vetores de doenças, por exemplo, apresenta sensibilidade aos fatores climáticos, especialmente a temperatura, sofrendo diretamente os efeitos de temperaturas mais elevadas 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).

Vetor/ hospedeiro intermediário	Principais doenças
Mosquitos	Malária, filariose, dengue, febre amarela e febre do Oeste do Nilo
Flebotomíneos	Leishmanioses
Triatomíneos	Doenças de Chagas
Carrapatos <i>Ixodes</i>	Doença de Lyme e encefalite transmitida por carrapato
Moscas Tsé Tsé	Tripanossomíase africana
Moscas negras	Oncocercose
Caramujo (hospedeiro intermediário)	Esquistossomose

Fonte: Traduzido de HAINES *et al.* (2006, p. 590).

Devido à complexidade que permeia as relações parasito-hospedeiro, temperaturas mais quentes podem incidir na ocorrência/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 humanos, como também a influência direta do clima na prevalência de doenças transmitidas por vetores.

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

3.1 Doenças Parasitárias

3.1.1 No mundo

Na revisão realizada por Short, Caminade e Thomas (2017) a respeito de doenças parasitárias emergentes e reemergentes, associando-as às alterações do clima, foi feito um levantamento dos principais vetores transmissores de parasitoses e os respectivos surtos das mesmas ocorridos pelo mundo. A malária apresentou incidência em regiões endêmicas como o continente africano, assim como houve dados de sua ocorrência na China e na Europa. A doença de Chagas foi relatada em casos na América do Norte e comumente em áreas rurais na América Latina e na África. Leishmaniose foi registrada no Oriente Médio e nos Estados Unidos, país onde também foram descritos aumentos nas populações de carrapatos vetores de infecções parasitárias, assim como no Canadá, Rússia e Reino Unido.

A dissipação de doenças transmitidas pela água também foi relacionada às mudanças climáticas no trabalho de Charron *et al.* (2004) em um estudo realizado no Canadá, o qual apontou a alta influência do clima nos padrões de incidência dessas doenças no país, ainda maiores em projeções futuras dos efeitos das mudanças climáticas para a região, devido ao clima atuar como um fator determinante nos surtos de doenças dissipadas pela água, previsões de aumento na temperatura podem favorecer evapotranspiração levando as baixas nos volumes de águas salobras, as quais estão relacionadas como condicionantes ao crescimento e sobrevivência de alguns patógenos, além do mais localidades de acúmulo de águas contaminadas podem colocar em risco de contaminação águas superficiais com as altas na precipitação seguida de episódios de secas, reduzindo a disponibilidade de água superficial potável e comprometendo os níveis de águas nos lençóis freáticos.

Surtos de doenças parasitárias causadas por protozoários e parasitoses transmitidas pela água são discutidos por Rosado-García *et al.* (2017) em dados levantados para América Latina, correlacionando-os às condições climáticas locais de pluviosidade e temperaturas mais quentes sob influência de alterações do clima. Os autores destacam a importância das medidas de vigilância sanitária existentes

em alguns países como o Brasil, mas reconhecem que são necessárias outras ações que levem em consideração os eventos climáticos.

3.1.2 *No Brasil*

Estudos pontuais associando a ocorrência de parasitoses ao aumento de temperatura e outras mudanças no clima, no âmbito de Brasil, foram realizados tendo uma determinada região ou doença em específico em foco, 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 discorrem sob um enfoque da presença de parasitos causadores de doenças associados às mudanças do clima a partir de uma visão regional, sem abranger outras regiões brasileiras.

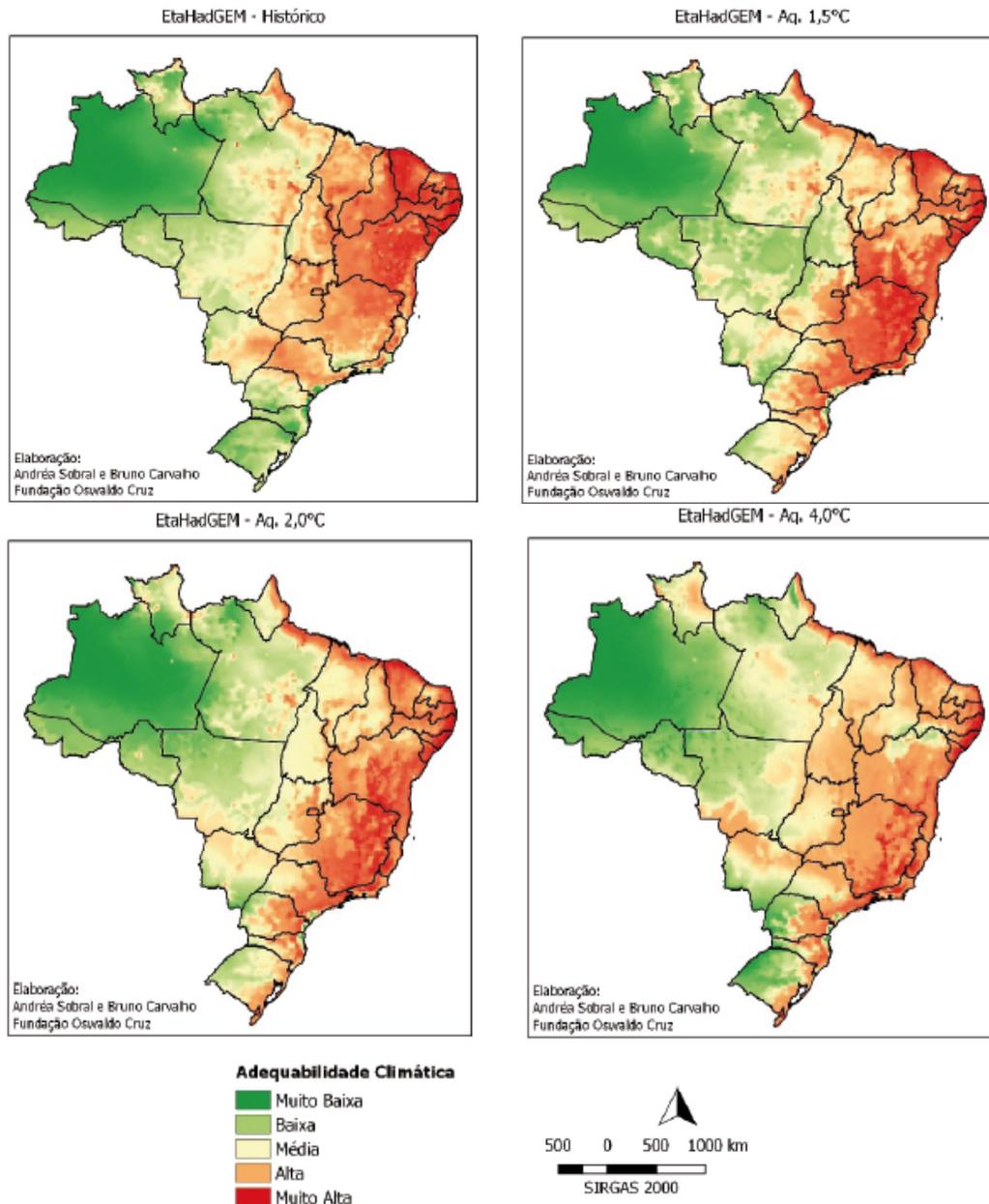
3.1.2.1 Transmissão por vetores artrópodes

Carvalho e colaboradores (2020) trazem contribuições relevantes para o cenário brasileiro, a respeito das alterações em fatores do clima, assim como para o aumento na temperatura em projeções baseadas no relatório do IPCC de 2018. Os autores desenvolveram modelagens matemáticas para avaliar a distribuição espacial de três doenças de forte ocorrência no Brasil transmitidas por vetores artrópodes: malária, febre amarela e leishmaniose visceral e analisar os impactos que essas doenças podem alcançar em cenários de mudança climática, com aumento na temperatura para cada região brasileira onde as doenças ocorrem. As modelagens utilizadas foram de nicho ecológico simulando resultados para as variáveis de temperatura elevadas em 1,5 °C, 2 °C e 4 °C, sendo que a partir destes indicadores foram elaboradas projeções para o comportamento das doenças em cada cenário por meio de modelos estatísticos.

Para cada uma das doenças foram projetados valores de incidência de doenças 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. Sendo assim, a leishmaniose visceral apresenta adequabilidade de ocorrência para as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste; já as projeções para o cenário de aumento de

temperatura em 1,5 °C mostram que essa adequabilidade diminui no Nordeste e passa a ser maior nas regiões Sul e Sudeste e para os cenários de aumento de 2 °C e 4 °C, a adequabilidade apresenta queda nas regiões Nordeste e Centro-Oeste e torna-se mais elevada no Sul, Sudeste e em parte do litoral Norte (Figura 1).

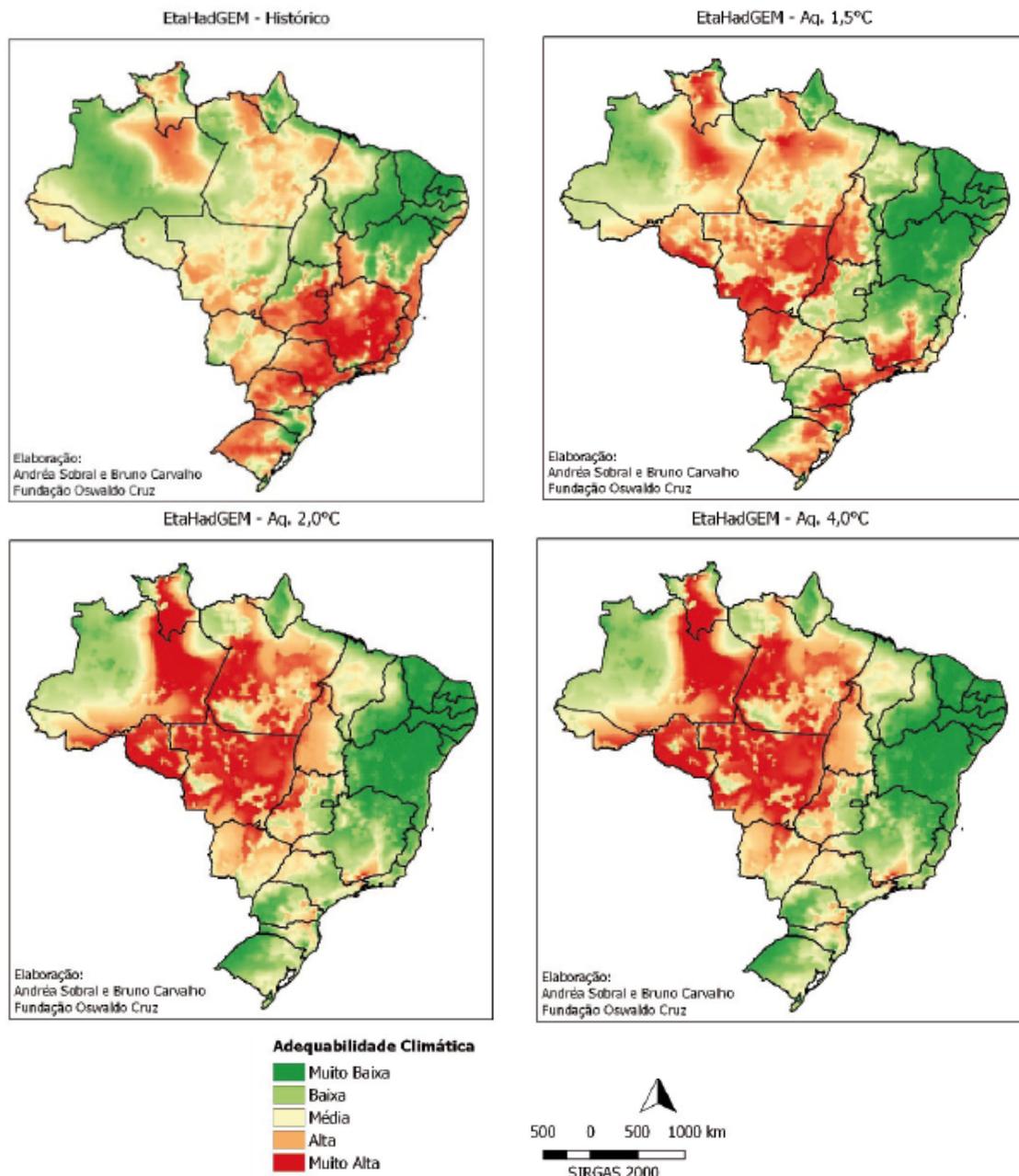
FIGURA 1 - Adequabilidade climática para a leishmaniose visceral no cenário histórico da doença e em projeções para aumento de 1,5 °C; 2 °C e 4 °C.



Fonte: Carvalho et al (2020).

A febre amarela apresenta adequabilidade para as regiões Sudeste, Sul, Centro-Oeste e Norte. Para o cenário de aumento em 1,5 °C, a adequabilidade concentra-se no Centro-Oeste e Norte e apresenta queda para a região Sudeste. Nos cenários de aumento de 2 °C e 4 °C, a adequabilidade sofre uma significativa alteração no padrão de distribuição, reduzindo sua ocorrência nas regiões Sul e Sudeste a taxas mais baixas e cresce consideravelmente em grande escala nas regiões Centro-Oeste e Norte, principalmente no estado do Amazonas (Figura 2).

FIGURA 2 - Adequabilidade climática para a Febre Amarela no cenário histórico da doenças e em projeções para aumento de 1,5 °C; 2 °C e 4 °C.

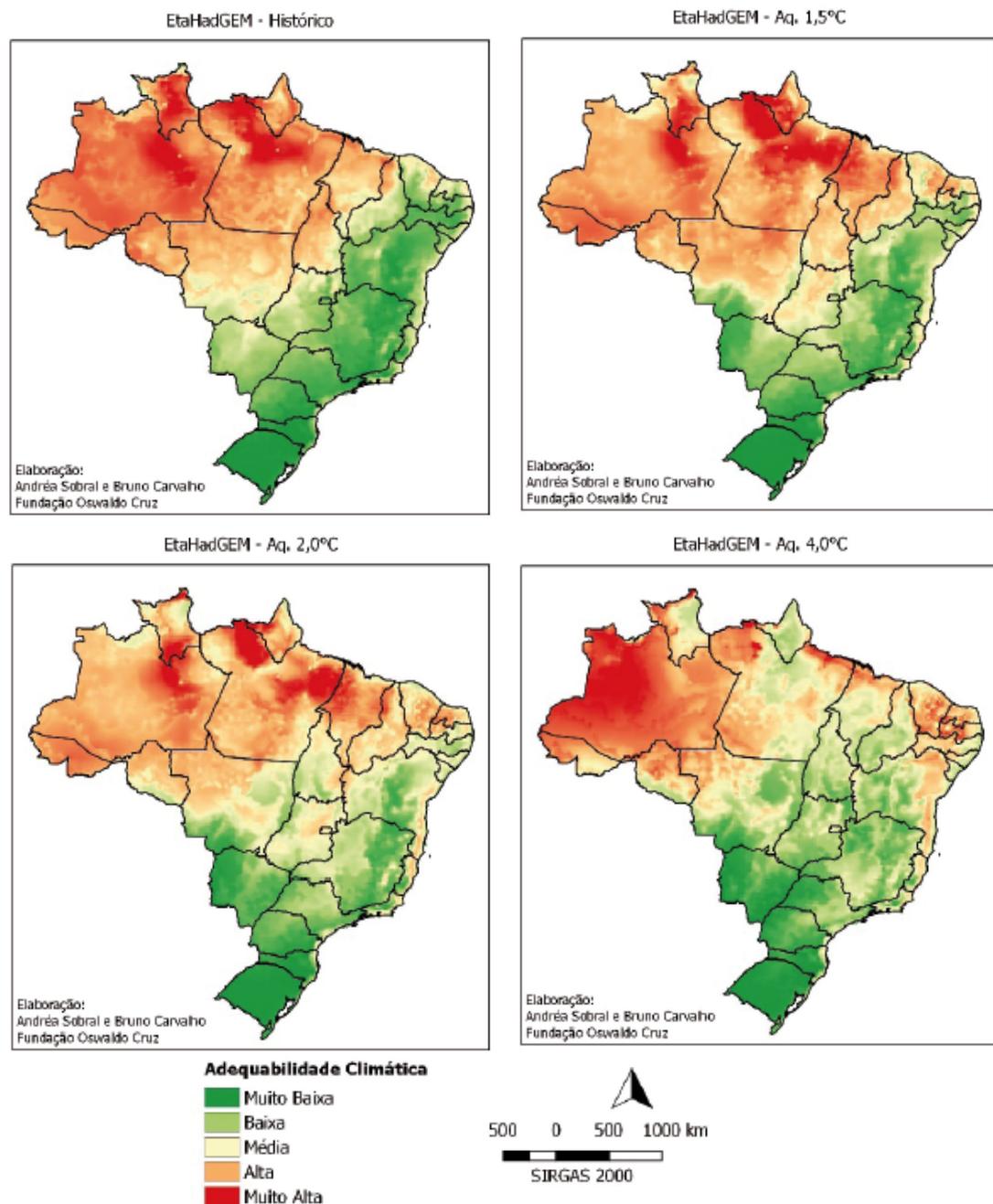


Fonte: Carvalho et al (2020).

E por fim, a adequabilidade para a malária, mostrou forte presença na região Norte e em menor intensidade em parte do Centro-oeste. A projeção para um hipotético aumento na temperatura em 1,5 °C resultou em um aumento na adequabilidade para a região leste da Amazônia e partes do Nordeste. Já para a projeção de aumento de 2 °C, a região do Pará demonstrou uma elevação da

adequabilidade em alguns locais do estado, juntamente com a região Nordeste e para o cenário de aumento de 4 °C, a adequabilidade cresceu nos estados do Pará, e Maranhão, no ocidente amazônico e também no Nordeste e em parte do estado de Minas Gerais (Figura 3).

FIGURA 3 - Adequabilidade climática para a Malária no cenário histórico da doenças e em projeções para aumento de 1,5 °C; 2 °C e 4 °C.



Fonte:Carvalho et al (2020).

Os resultados da pesquisa de Carvalho e colaboradores (2020), nos mostram um padrão de aumento das áreas de distribuição das doenças, com o aumento de temperatura, em regiões onde a incidência das mesmas apresenta taxas mais baixas, revelando previsões de alteração na abrangência geográfica em cenários de elevação na temperatura. Os dados trazem previsões preocupantes para a dissipação das doenças mostrando que com aumento de temperatura, a propagação das doenças cresce em vastas regiões do país, sendo que os vetores artrópodes responsáveis pela transmissão, assim como os parasitos causadores são beneficiados encontrando situações climáticas favoráveis para seu desenvolvimento e proliferação em localidades que historicamente não se estabeleciam presentes antes, estendendo assim sua zona de ocorrência e prevalência no Brasil.

Além da leishmaniose, da febre amarela e da malária, outras doenças (inclusive parasitárias) como as viroses transmitidas por vetores artrópodes consideradas emergentes no Brasil podem ser afetadas não somente pelo aumento de temperatura, como também pelas variações em outros fatores do clima como a pluviosidade e a umidade do ar, o que conseqüentemente desencadeia eventos de enchentes e secas, uma vez que o estágio larval do mosquito *Aedes aegypti*, agente transmissor da Dengue, Chikungunya e Zika vírus, depende da presença de água para seu desenvolvimento, pelo fato de a dengue se tratar de uma virose altamente influenciada pelas mudanças ambientais (CAMINADE; MCINTYRE; JONES, 2019; VIANA; IGNOTTI, 2013). Alterações nas precipitações atmosféricas podem resultar em um possível aumento no número de criadouros para o mosquito, já que os altos volumes de chuvas representam mais focos de água parada, ou seja, locais com condições ambientais propícias para a postura dos ovos e a maturação das larvas até a formação dos indivíduos adultos.

Na revisão de Viana e Ignotti (2013), foram analisados os fatores abióticos que exercem maior influência na incidência de dengue em todo o território brasileiro. Para isso, os autores realizaram um levantamento bibliográfico a fim de identificar na literatura, em publicações de 1992 a 2012, a relação entre as variáveis climáticas e a ocorrência da doença. As variáveis selecionadas para o estudo foram a pluviosidade, a temperatura e a umidade relativa do ar, das quais a temperatura e a

pluviosidade apresentaram maior relevância quando associadas à ocorrência de surtos, evidenciada nos períodos de chuva e estando presente em todos os estados brasileiros. Com isso, foi possível estabelecer que a dengue possui sazonalidade, entretanto esse comportamento não impede a incidência de focos durante o ano todo. Isso mostra que, modificações na pluviosidade e na temperatura podem interferir na dinâmica de transmissão da dengue, afetando diretamente o ciclo do vetor e o desenvolvimento de seus estágios imaturos.

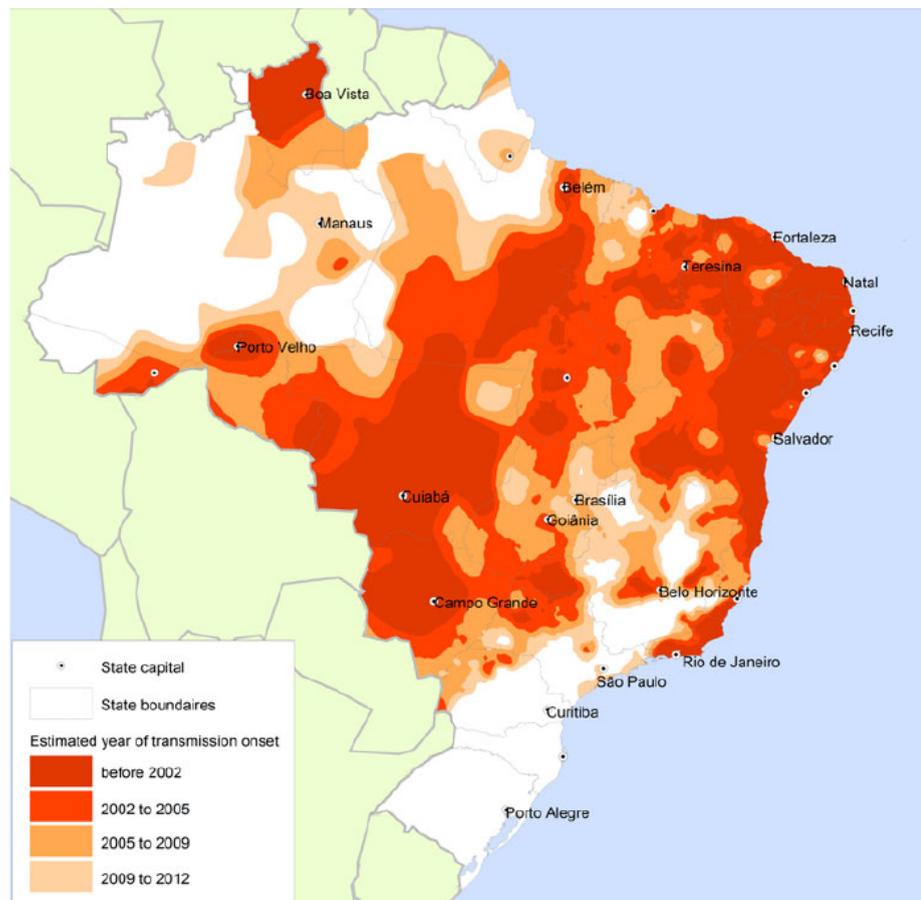
Um outro estudo com enfoque no mapeamento da dissipação de dengue realizado por Barcellos e Lowe (2014), averiguou os padrões de distribuição espacial da dengue no Brasil, no período de dez anos, nas grandes cidades do país, levando em consideração os domínios morfoclimáticos das regiões, a fim de se estabelecer uma relação de causa e efeito. Os dados foram coletados para as capitais e consistiram nos surtos de dengue registrados de 2001 a 2013 e informações climáticas a respeito da localização geográfica da capital de acordo com a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para zonas climáticas. Os resultados revelaram que as capitais pertinentes à zona mesotermal, isto é, com variação de temperatura mínima entre 10 e 15 °C apresentaram baixa ocorrência de dengue. O contrário foi observado para as zonas climáticas quentes, nas quais a média de temperatura mínima encontra-se acima de 18 °C, onde se concentram os maiores números de surtos e incidência mais elevada da doença. Além disso, o padrão de distribuição demonstrou uma tendência de aumento nas áreas de abrangência no decorrer dos anos, aumento que está fortemente ligado aos fatores climáticos regionais e pode ser relacionado à elevação de temperatura (Figura 4).

O estudo conclui que as grandes cidades situadas nas zonas morfoclimáticas quentes possuem um alto crescimento no risco de prevalência de transmissão de dengue, quando comparadas às demais regiões de domínio climático com temperaturas menos elevadas. A partir disso, é possível prever que a dengue pode ter não somente sua incidência aumentada como também expandir as regiões de ocorrência com um aumento de temperatura decorrente do aquecimento global,

espalhando-se por praticamente todo o país nas diferentes estações do ano e tendo como epicentro as grandes cidades.

As previsões para os futuros cenários da dengue no Brasil levantam uma questão alarmante do quadro da doença, devido a sua prevalência estar diretamente relacionada aos fatores de pluviosidade e temperatura, os quais tendem a ser extremamente agravados com as mudanças climáticas, contribuindo para o crescimento na expansão, prevalência e incidência, não somente em períodos sazonais mas também ao longo do ano todo. Além do mais, o mosquito *Aedes* é o vetor de outras doenças que podem também ser afetadas quanto à dinâmica de transmissão, sendo a dengue considerada a principal doença reemergente nos territórios de clima tropical (BARCELLOS et al., 2009; BARCELLOS; LOWE, 2014; CAMINADE; MCINTYRE; JONES, 2019; VIANA; IGNOTTI, 2013).

FIGURA 4 - Expansão da dengue no Brasil de 2001 à 2013.



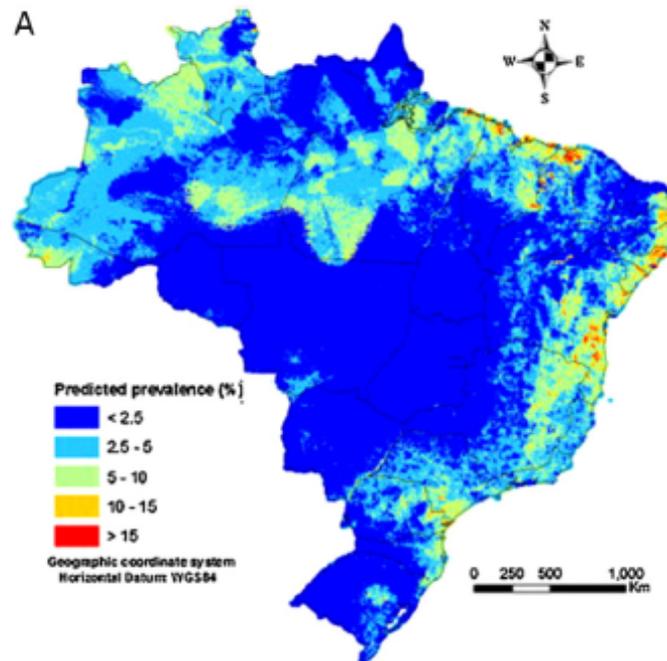
Fonte: Barcellos e Lowe (2014).

3.1.2.2 Transmissão por veiculação hídrica

Doenças de veiculação hídrica podem sofrer alterações na dinâmica de transmissão, como efeito de eventos extremos oriundos das mudanças climáticas, episódios de enchentes e inundações exercendo forte influência na dissipação de infecções, podendo intensificar a incidência de casos de doenças transmitidas pela água (BARCELLOS *et al.*, 2009). A problemática do saneamento básico no Brasil é um dos principais elementos que favorecem a disseminação das infecções parasitárias, pela ausência de tratamento de água e esgoto e fornecimento de água potável para consumo em localidades brasileiras de condições precárias de subsistência, sendo que em eventos de enchentes nessas regiões, a situação de transmissão das parasitoses se agrava ainda mais, com a disseminação atingindo um grande número de pessoas em contato com águas contaminadas por agentes infecciosos (BARCELLOS *et al.*, 2009).

A esquistossomose é um exemplo de uma doença parasitária de veiculação hídrica comumente presente no Brasil. No trabalho de Scholte *et al.*, (2014), foi realizado um mapeamento da esquistossomose por todo o país a partir da coleta de dados climáticos, ambientais, socioeconômicos e de prevalência do parasito e do hospedeiro intermediário, a fim de elaborar um modelo geoestatístico de distribuição espacial da doença. Os resultados (Figura 5) apontaram uma maior prevalência nas regiões Norte e Nordeste, o que pode ser associado em grande parte à proliferação de caramujos, indivíduos hospedeiros intermediários para a esquistossomose, os quais encontram condições ideais de sobrevivência em temperaturas entre 20 a 30°C em águas doces, dado que o parasito causador da doença necessita do hospedeiro intermediário para completar seu ciclo de desenvolvimento, a distribuição da esquistossomose está atrelada diretamente à distribuição do hospedeiro intermediário (FERREIRA, 2021, p. 229).

FIGURA 5 - Estimativa de distribuição espacial para a esquistossomose no Brasil.



Fonte: Scholte *et al.*, (2014).

As regiões mais afetadas pela prevalência de esquistossomose se encontram em zonas climáticas de temperaturas mais elevadas, condições ambientais que favorecem a presença de vetores e dos agentes etiológicos de doenças, como por exemplo as causadas por parasitos (CAMINADE; MCINTYRE; JONES, 2019). No caso do *Schistosoma mansoni*, além da temperatura, alterações nos níveis de precipitação que ocasionam eventos extremos decorrentes de mudanças do clima, como as cheias e as secas, se tornam ainda mais afetadas pelo aquecimento global. Vale ressaltar também que as regiões acometidas com maiores índices da presença de casos de esquistossomose, são também as regiões que enfrentam as mais graves situações de saneamento básico no país. Em consequência disso, as doenças parasitárias de veiculação hídrica, como a esquistossomose e outras, mantêm-se recorrentes, dado que o tratamento de esgoto e a disponibilidade de água tratada de qualidade acessível se fazem necessários como forma de combate a essas doenças, sendo que esse quadro pode levar a uma piora com o aumento de temperatura, pelo fato de o consumo e procura por água potável poder crescer nessas situações, cenário preocupante em regiões com baixo suporte ou ausência do sistema de abastecimento (BARCELLOS *et al.*, 2009).

3.1.2.3 Transmissão via solo

As helmintoses transmitidas pelo solo estão suscetíveis a sofrer efeitos das mudanças climáticas pelo fato de os parasitos causadores dessas doenças possuírem parte do ciclo de vida no ambiente fora do hospedeiro, as modificações ambientais podem afetar a dinâmica de transmissão e a distribuição das mesmas (SHORT; CAMINADE; THOMAS, 2017). As parasitoses com transmissão pelo solo tem sua ocorrência apontada em diversos estudos nas regiões tropicais e subtropicais, tendo as suas complexas interações associadas às condições ambientais como umidade e temperatura, sendo que mudanças climáticas nessas condições podem exercer influência direta nos parasitos e no seu desenvolvimento (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014).

Weaver, Hawdon e Hoberg (2010), fizeram uma revisão a respeito da ocorrência de helmintoses transmitidas via solo associando a fim de saber de que forma os cenários de mudanças do clima podem afetar os parasitos e a distribuição das parasitoses. Os autores discutem o clima agindo indiretamente na prevalência dos parasitos, mas entendem as mudanças no clima com o potencial de influenciar os padrões dessas doenças. Os fatores climáticos são apontados como determinantes na expansão e distribuição dos parasitos e contribuem na definição de parâmetros ecológicos de sobrevivência dos parasitos e as alterações nesses fatores capazes de atuar nos hospedeiros e na expansão geográfica. Os estágios de ovos e larvais são dependentes de condicionantes favoráveis no solo para o crescimento e desenvolvimento e conseqüentemente, efetividade na transmissão.

Foi observado que modificações nos componentes do clima podem afetar as taxas de dessecação e a mortalidade dos ovos de *Ascaris lumbricoides* e de *Trichuris trichiura*. Os dados revelaram que os índices mais elevados de chuva resultaram em maior prevalência das duas espécies na África Central, levando a prevenção de dessecação dos ovos e larvas, porém precipitações em excessos podem causar redução na eclosão das larvas a partir dos ovos e no desenvolvimento larval. Quanto à elevação de temperatura, foram evidenciados o aumento no desenvolvimento dentro dos ovos e a queda no tempo de infecção e na

viabilidade dos ovos acima de determinadas temperaturas. Para os ancilóstomos, houve uma elevação nas taxas metabólicas e de desenvolvimento larval e redução do tempo para infecção, com o aumento da temperatura. Para todos os helmintos, precipitações mais baixas resultaram em diminuição nas taxas de eclosão e de desenvolvimento larval e a baixa na umidade relativa propiciou maior sobrevivência para larvas no solo.

Os autores chegam a conclusão que é previsto que as helmintoses transmitidas pelo solo sofrerão influência direta das mudanças climáticas nos estágios de vida livre dos parasitos como também suas populações hospedeiras e de forma mais indireta, a interação parasito-hospedeiro pode afetar a abundância de parasitos graças aos possíveis impactos socioeconômicos agravados pela desigualdades sociais sobre os hospedeiros humanos que podem comprometer a saúde dos mesmos, em quesitos de imunidade e nutricionais. Regiões brasileiras que enfrentam problemáticas no saneamento básico tendem a ter afetadas a incidência e/ou prevalência dessas doenças alterando os padrões de distribuição e transmissão regionais como efeito de mudanças ambientais.

4 CONCLUSÃO

Doenças parasitárias são influenciadas por variáveis ambientais, a dinâmica de transmissão sofre os efeitos de modificações dos componentes do clima, podendo alterar os índices de incidência e ocorrência. O aquecimento global é uma mudança climática capaz de gerar impactos sobre doenças parasitárias afetando desde a abundância e riqueza dos parasitos e seus ciclos de vida como também os vetores transmissores de doenças e as interações parasito-hospedeiro. O aumento de 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.

As alterações na temperatura exercem influência nos ciclos de vida dos parasitos, naqueles que possuem parte do ciclo vital no ambiente, assim como o desenvolvimento de insetos vetores de doenças, apresentam sensibilidade aos fatores climáticos, especialmente a temperatura, sofrendo diretamente os efeitos de temperaturas mais elevadas na sucessão de cada fase evolutiva e consequentemente na sobrevivência dos indivíduos, podendo muitas vezes serem consideradas favoráveis para esses vetores.

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 da Febre Amarela, Leishmaniose Visceral e Malária, intensificando a incidência das doenças nas regiões que apresentam ocorrência para as mesmas, e/ou expandindo a ocorrência para regiões de baixa intensidade. Modificações em outros componentes climáticos como a pluviosidade, incidem sobre viroses emergentes como a Dengue, a qual revela uma tendência de crescimento na prevalência em regiões de temperaturas mais altas, principalmente as grandes cidades consideradas epicentros da doença, tornando-se uma agravante com altas na pluviosidade devido ao maior número de criadouros para o mosquito se dar em decorrência disso.

As parasitoses de veiculação hídrica, também podem ser afetadas com o aumento na temperatura e na precipitação, a Esquistossomose tem sua ocorrência dependente da presença do hospedeiro intermediário, o caramujo, concentrando-se em regiões mais quentes, favoráveis ao desenvolvimento e proliferação dos mesmos. Sendo assim, elevações nas temperaturas e nas precipitações podem representar um aumento na prevalência e emergência da doença nessas regiões. Parasitos causadores de helmintoses transmitidas pelo solo também estão suscetíveis a sofrerem os efeitos do aquecimento global, temperaturas e pluviosidades mais elevadas levaram ao aumento no desenvolvimento dentro dos ovos e nos estágios e contribuindo para maior prevenção da dissecação dos ovos. Baixas na umidade relativa propiciaram a sobrevivência das larvas no solo.

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

- 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. Disponível em: [https://www.scielo.br/pdf/mioc/v88n4/vol88\(f4\)_070-072.pdf](https://www.scielo.br/pdf/mioc/v88n4/vol88(f4)_070-072.pdf). Acesso em: 11 jun. 2020.
- 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. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?pid=S1679-49742009000300011&script=sci_abstract. Acesso em: 12 nov. 2021.
- BARCELLOS, C.; LOWE, R. Expansion of the dengue transmission area in Brazil: the role of climate and cities. **Tropical Medicine and International Health**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 159-168, fev. 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/tmi.12227>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- BELLARD, C; *et al.* Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 365–377, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>. Acesso em: 17 mar. 2021.
- CAMINADE, C.; MCINTYRE, K. M.; JONES, A. E. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. **Annals of the New York Academy of Sciences**, [s. l.], v. 1436, n. 1, p. 157 -173, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6378404/>. Acesso em: 22 nov. 2021.
- 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. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/33985/28574>. Acesso em: 06 nov. 2021.
- CHARRON, D. F.; *et al.* Vulnerability of waterborne diseases to climate change in Canada: A review. **Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A**, [s. l.], v. 67, n. 20–22, p. 1667–1677, 2004. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15287390490492313>. Acesso em: 11 jun. 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. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X13002489>. Acesso em: 17 mar. 2021.
- DANTAS-TORRES, F. Climate change, biodiversity, ticks and tick-borne diseases: The butterfly effect. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 452–461, 2015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213224415300067>. Acesso em 11 jun. 2020.

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. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2982038/>. Acesso em: 17 jun. 2020.

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. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ele.13215>. Acesso em: 17 jun. 2020.

FERREIRA, M. U.; ULIANA, S. R. B. Trematódeos: *Schistosoma mansoni* e *Fasciola hepatica*. In: FERREIRA, M. U. **Parasitologia contemporânea**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. cap. 16, p. 228 - 229. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527737166/>. Acesso em: 22 nov. 2021.

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. Disponível em: <http://drr.upeace.org/english/documents/references/topic%203-drr%20processes%20and%20hyogo%20framework%20of%20action/haines%2C%20kovats.2006.climate%20change%20and%20human%20health..pdf>. Acesso em: 11 jun. 2020.

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. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/197911?resultClick=1>. Acesso em: 11 jun. 2020.

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. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25592574?seq=1>. Acesso em: 17 mar. 2021.

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. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(06\)68079-3/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(06)68079-3/fulltext). Acesso em: 22 nov. 2021.

NAVA, A. *et al.* The Impact of Global Environmental Changes on Infectious Disease Emergence with a Focus on Risks for Brazil. **ILAR Journal**, [s. l.], v. 58, n. 3, p. 393-400, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/ilarjournal/article/58/3/393/4745724?login=true>. Acesso em: 12 nov. 2021.

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

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. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>. Acesso em: 17 mar. 2021.

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. Disponível em: Effects of environmental change on emerging parasitic disease <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020751900001417ses> - ScienceDirect. Acesso em: 17 mar. 2021.

QUEIROZ, A. R. S.; MOTTA-VEIGA, M. Análise dos impactos sociais e à saúde de grandes empreendimentos hidrelétricos: lições para uma gestão energética saudável. **Ciência e saúde coletiva**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 1387-1398, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/qWN44jgrfPKJWsrWQs4p9tF/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 jun. 2020.

ROHR, J. R.; *et al.* Frontiers in climate change-disease research. **Trends in Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 270–277, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169534711000711>. Acesso em 11 jun. 2020.

ROSADO-GARCÍA, F. M.; *et al.* Water-borne protozoa parasites: The Latin American perspective. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, [s. l.], v. 220, n. 5, p. 783–798, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1438463917300160>. Acesso em: 11 jun. 2020.

SCHOLTE, R. G. C. *et al.* Predictive risk mapping of schistosomiasis in Brazil using Bayesian geostatistical models. **Acta Tropica**, [s. l.], v. 132, p. 57-63, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001706X13003598?via%3Dihub>. Acesso em: 12 nov. 2021.

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. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1178633617732296>. Acesso em: 11 jun. 2020.

VIANA, D. V.; IGNOTTI, E. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 240-256, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/TcbcTTkMKgRTnQySbSnpsCh/?format=html&lang=pt>

. Acesso em: 12 nov. 2021.

WEAVER, H. J.; HAWDON, J. M.; HOBBERG, E. P. Soil-transmitted helminthiases: implications of climate change and human behavior. **Trends in Parasitology**, [s. l.], v. 26, n. 12, p. 574 - 581, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1471492210001194>. Acesso em: 22 nov. 2021.