

ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E ZOOSE - INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA PROPAGAÇÃO DE DOENÇAS INFECCIOSAS

CLIMATE CHANGE AND ZOOSE - INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON THE TRANSMISSION OF INFECCIOUS DISEASES

Autores

Mariana Valdivino - Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias – Instituto Politécnico de Castelo Branco, BSc

Francisco Rodrigues - Qualidade de Vida no Mundo Rural (QRural) | Sport, Health & Exercise Unit (SHERU), Instituto Politécnico de Castelo Branco, PhD

Patrícia Coelho - Sport, Health & Exercise Unit (SHERU) | Qualidade de Vida no Mundo Rural (QRural), Instituto Politécnico de Castelo Branco, PhD

Centro de execução do trabalho

Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias, Instituto Politécnico de Castelo Branco

Conflitos de interesse

A equipa de investigação declara a não existência de conflitos de interesse na realização do estudo

Fontes de Financiamento

Não existiu qualquer fonte de financiamento para a realização do estudo

Contacto do autor responsável

marianaavaldivino@gmail.com

Tipo de artigo

Artigo de Revisão

Resumo

As alterações climáticas vão, inquestionavelmente, afetar todo o ecossistema atual e os seus efeitos sobre as zoonoses são especulados desde do século XX. Hoje, sabe-se que estas vão influenciar, não só a suscetibilidade do Homem (perturbações no ambiente e nos padrões comportamentais), mas também, de forma direta ou indireta, os vetores e os patógenos.

Assim, o principal objetivo deste trabalho foi reunir informações sobre as possíveis implicações das alterações climáticas no desenvolvimento de doenças zoonóticas. Para tal, foi feita uma revisão sistemática a partir de 170 artigos e relatórios, publicados entre 2000 e 2019, que evidenciassem uma relação entre as alterações climáticas e doenças infecciosas ou zoonoses; mostrassem os efeitos das alterações climáticas nos vetores e/ou relacionassem doenças que afetam o Homem com as alterações climáticas.

Com as oscilações de temperatura e pluviosidade, o período de incubação externo dos agentes infecciosos será alterado, tornando-se tendencialmente mais curto. De igual modo, os ciclos de vida dos vetores (principalmente dos mosquitos) e a sua distribuição espaço-temporal será alterada, em direção aos polos. Estas perturbações vão interferir, positivamente, nas taxas de reprodução, de sobrevivência, de desenvolvimento e de infeção dos vetores, aumentando a sua capacidade de transmitirem patógenos e, consequentemente, de emergir ou reemergir patologias infecciosas.

É possível concluir que, quando associado a fatores sociais, económicos e políticos, as AC irão influenciar fortemente a propagação de doenças zoonóticas num futuro próximo.

Palavras Chave

Alterações Climáticas (G16.500.175.374); Zoonoses (C01.973); Doenças Transmitidas por Vetores (C01.920); Saúde Pública (H02.403.720)

Abstract

Without doubt, climate change will affect the entire current ecosystem and its effects on zoonoses have been speculated since the 20th century. At this point, we know that climate change will influence, not only the Man susceptibility (from disturbances in habitat to behavioral patterns), but also, directly or indirectly, the vectors and the microorganisms themselves.

So, the main objective of this work was to collect information about the possible implications of climate change on the development of zoonotic diseases. With this in mind, a systematic review was made based on 170 articles and reports, published between 2000 and 2019, which showed a relationship between climate change and infectious diseases or zoonoses; show the effects of climate change on vectors and/or relate diseases that affect humans to climate change.

With fluctuations in temperature and precipitation, the external incubation period for infectious agents will change, becoming increasingly shorter. In the same way, the life cycles of the vectors (mainly mosquitoes) and their spatiotemporal distribution will be modified, towards the poles. These disturbances will interfere, positively, in reproduction, survival, development and vector infection rates and will increase their capacity to transmit pathogens and, consequently, to emerge or re-emerge infectious pathologies.

It is possible to conclude that, when associated with social, economic and political factors, climate change will strongly influence the spread of zoonotic diseases soon.

Keywords

Climate Change (G16.500.175.374); Zoonoses (C01.973); Vector Borne Diseases (C01.920); Public Health (H02.403.720)

Introdução

O conceito de clima é definido como as condições meteorológicas numa dada região. Por sua vez, o conceito de alterações climáticas (AC) é delimitado enquanto desvios estatísticos (naturais ou antrópicos), de determinada variante atmosférica, por um longo período. Na prática, representam-se como alterações da temperatura, da precipitação, da humidade e do vento ⁽¹⁻³⁾.

Atualmente, muita consequências das AC já são visíveis. No entanto, há também efeitos indiretos que, mais dificilmente são perceptíveis, são exemplo as complicações da produção de alimentos, a influência nos sistemas de saúde pública e outros. Tendo em conta este cenário, já em 1991, *Robert Shope* publicava um artigo onde declarava que as AC poderiam resultar num aumento geral das doenças infecciosas zoonóticas ⁽⁴⁾. Atualmente, a incidência e, principalmente, a reemergência de doenças infecciosas atrai a atenção de várias comunidades científicas para a teoria do autor. As infeções zoonóticas ou zoonoses são infeções cujos principais hospedeiros são animais selvagens ou domésticos, tendo o Homem como hospedeiro "acidental". Na última década, presenciamos a reemergência de Zika, Chikungunya, Febre Amarela e Dengue no continente Americano, o maior surto de Ébola em populações vulneráveis na Serra Leoa, Libéria e Guiné e também o aumento das áreas endémicas de outras doenças como Febre do Nilo Ocidental, infeção por hantavírus, Leptospirose e Leishmanioses ⁽⁵⁻⁸⁾.

Nunca tantos animais foram domesticados e, consequentemente, nunca houve tantas oportunidades para os agentes patogénicos passarem dos animais selvagens para o Homem, tendo a pecuária como principal ponte epidemiológica. Assim, excluindo o agente patogénico, existem quatro componentes envolvidos nas zoonoses: o hospedeiro animal, o vetor, o hospedeiro acidental (Homem) e o meio ambiente. Qualquer um destes componentes é altamente suscetível a fatores externos ⁽⁹⁻¹¹⁾.

É certo que a propagação de doenças, no mundo atual, é fortemente influenciada por diversos fatores de caráter sociológico, económico, demográfico e climático, tornando a direta ligação entre as AC e as

doenças infecciosas humanas diminuta e, portanto, difícil de provar. No entanto, a sua associação causa-efeito é inevitável e, cada vez mais, são encontradas evidências que vêm inequivocamente suportar esta relação ⁽¹²⁻¹⁵⁾.

Tendo em conta os factos expostos, podemos afirmar que as AC afetam a propagação de zoonoses, principalmente por três vias: a) período de incubação externo e eficiência de infeção dos microrganismos; b) distribuição e abundância do vetor e c) probabilidade de o Homem ser infetado. Assim sendo, esta revisão visa reunir informações relativamente às possíveis implicações das alterações climáticas no desenvolvimento de doenças zoonóticas, onde se incluem a influência das oscilações de temperatura, de pluviosidade e de fenómenos climáticos extremos no desenvolvimento e na distribuição dos microrganismos patogénicos e dos vetores, e a intervenção das alterações climáticas no Homem e nas suas populações.

Metodologia de Pesquisa

Foi feita uma pesquisa de literatura através das bases de dados *PubMed*, *ScienceDaily*, *Google Scholar* e *JSTOR*, bem como em relatórios publicados online pela Organização Mundial de Saúde (OMS), pelo Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente (PNUMA), pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) e pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). A principal expressão utilizada na pesquisa foi "*climate change*", seguido de um dos seguintes conceitos: "*and infectious diseases*", "*epidemiology*", "*and health*", "*and reemergence of infectious diseases*", "*and public health*" e "*zoonoses*". Além destes, foram feitas buscas com os conceitos "*heatwaves and infections*" e "*climate sensitive diseases*".

Foram incluídos artigos e relatórios publicados entre 2000 e 2019 (à exceção de um artigo fundamental publicado em 1991), que cumpriam os seguintes critérios de inclusão: evidenciavam uma relação entre as alterações climáticas e doenças infecciosas ou zoonoses; mostravam os efeitos das alterações climáticas nos vetores; relacionavam doenças que afetam o Homem com as alterações climáticas.

Impacto das Alterações Climáticas nos Microrganismos e Vetores

Atualmente, é possível associar as variáveis meteorológicas às oscilações nas taxas de picadas, nas taxas de sobrevivência e nas taxas de reprodução dos vetores; para além disso, sabemos que afetam a sobrevivência e o desenvolvimento dos microrganismos patogênicos que estes suportam. Uma das razões que justificam este cenário prende-se com o aumento da temperatura que, de forma geral, acelera as reações bioquímicas. Todavia, um metabolismo mais rápido requer também um maior consumo de alimentos de modo a manter positivo o balanço energético, o que, paradoxalmente, pode diminuir a sobrevivência de determinados estadios de desenvolvimento, nomeadamente, aqueles que não tenham capacidade para se alimentarem. Para além destes efeitos diretos sob os vetores, as AC vão influenciar o seu habitat e meio ambiente e os seus reservatórios selvagens. Estes são os principais portadores de patologias e irão afetar fortemente os vetores, através da mudança da sua disponibilidade e da sua biodiversidade ⁽¹⁶⁻¹⁹⁾.

Todos estes fatores, quer diretos, quer indiretos, vão resultar, não só em modificações da quantidade de vetores e patógenos, mas também na distribuição geográfica e sazonal das respetivas doenças ⁽¹⁹⁾.

Patógenos e Vetores

Os vetores mais comuns pertencem ao Filo Arthropoda e uma das suas características, é serem ectotérmicos. Assim, a sua termorregulação faz-se a partir das condições do ambiente externo. Para atenuar as oscilações atmosféricas, os animais ectotérmicos utilizam mecanismos de termorregulação comportamental, como, por exemplo, a procura de abrigo em casos de elevada pluviosidade ^(11,20).

Quando o agente infeccioso se encontra dentro do vetor, o microorganismo supera um período de incubação extrínseco – o PIE – definido como o período de tempo desde que o vetor ingere o microorganismo até ao momento em que este pode ser transmitido. Este espaço de tempo é extremamente sensível à temperatura e, por isso, suscetível às AC⁽¹⁾.

A temperatura é, possivelmente, a variante que tem maiores consequências no ciclo de vida dos organismos vivos. Na generalidade, quando a temperatura aumenta os efeitos para o desenvolvimento, tanto do patógeno, como do vetor, são positivos. Como é possível observar na Figura 1, o aumento da temperatura permite que haja a duplicação dos ciclos de transmissão, resultando em maiores populações de vetores e surtos mais esporádicos em comunidades não preparadas ^(1,11,21).

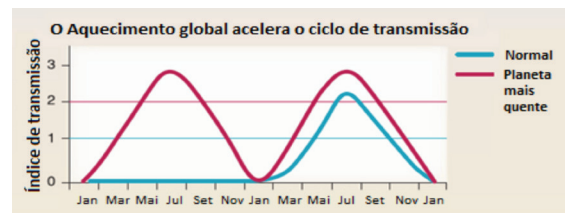


Figura 1. Resposta dos patógenos, a nível do ciclo de transmissão, tendo em conta temperaturas mais quentes (linha vermelha) ou a temperatura base (linha azul) ⁽²¹⁾.

Influência da Temperatura nos Patógenos

A maioria dos seres vivos apresenta limites de temperatura que possibilita a sua sobrevivência. Porém, os microrganismos são reconhecidos por resistirem mais facilmente a condições ambientais extremas, das quais se inclui o clima ⁽²²⁾.

A elevação da temperatura pode ser vista como uma redução do PIE (Figura 2). Este panorama fará com que os vetores que já tenham capacidade de infetar sejam mais jovens, podendo atuar mais tempo de vida como um transmissor. Contrariamente, caso ocorra a diminuição da temperatura, o PIE irá aumentar e, tendo em conta a curta semivida dos mosquitos, provavelmente o patógeno nunca poderá ser transmitido, dado que os vetores não sobrevivem tempo suficiente para acompanhar um maior período de incubação ^(1,23-25).

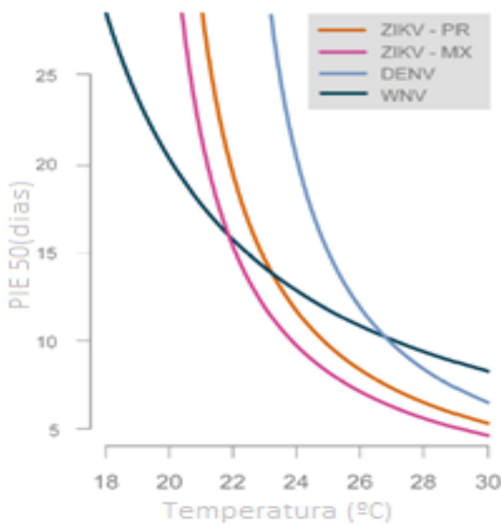


Figura 2. Representação das medianas do PIE de duas estirpes – Porto Rico e México - do Vírus da Zika (ZIKV), do Vírus da Dengue (DENV) e do Vírus do Nilo Ocidental (em inglês, West Nile Virus - WNV), tendo em conta a o aumento da temperatura ⁽²⁵⁾.

Nesta fase ocorrem as primeiras divergências entre os mosquitos e as carraças, uma vez que a temperatura corporal da carraça corresponde à temperatura corporal do seu hospedeiro pelo que, o equivalente ao PIE é constante ⁽²⁶⁾.

Graças a estudos preliminares, alega-se que a nível genético as AC poderão induzir modificações nos agentes etiológicos. Estas alterações, poderão ser mais visíveis nos vírus, por estes terem um elevado potencial de mutação ⁽²⁷⁾.

Por fim, é de notar que, dos vários estudos existentes, os patógenos que parecem ser influenciados pelo maior número de variáveis climáticas, são: *Vibrio cholerae* (cólera), *Fasciola hepatica* (fasciolíase), *Bacillus anthracis* e *Borrelia burgdorferi* (doenças de Lyme). Destes, os últimos três têm como hospedeiro acidental o Homem, sendo a *Borrelia burgdorferi* uma zoonose transmitida por vetor ⁽²⁸⁾.

Influência das Variáveis Climáticas nos Artrópodes

Os insetos artrópodes transmitem cerca de 17% das doenças infecciosas que prejudicam o Homem, sendo os mosquitos e as carraças os principais vetores. Ambos têm um intervalo ótimo de temperatura para se desenvolverem e, laboratorialmente, foi demonstrado o aumento das taxas de mortalidade aquando do aumento ou redução extrema da temperatura. Por sua vez, no habitat natural estes resultados são corroborados pelo aumento da dificuldade na procura de alimento e hospedeiros ⁽²⁹⁻³¹⁾.

À semelhança dos patógenos, a temperatura também é um dos fatores críticos na distribuição e no desenvolvimento dos vetores. De maneira semelhante, irá ocorrer um aumento da taxa metabólica, da população, da frequência das refeições sanguíneas e da transmissão da doença ^(32,33).

Relativamente à precipitação, esta vai ter uma forte atuação em vetores com estadios em meio aquático, como a generalidade das espécies de mosquitos, que necessita de corpos de água estagnada. Uma maior pluviosidade pode expandir estes habitats, levando ao aumento da população destes vetores; pode, ainda, levar à multiplicação da vegetação, ampliação do alimento disponível e, conseqüentemente, à subida do número de reservatórios vertebrados. Contudo, as chuvas intensas e descontroladas, podem eliminar todos os habitats referidos. Alternativamente, as cheias podem significar o aumento do contacto entre o Homem e os vetores, uma vez que há maior procura de refúgio perto das infraestruturas antrópicas ^(11,16,34).

Vetores como as carraças ou os mosquito-palha são vigorosamente influenciados pela humidade. Os ambientes húmidos permitem que os vetores dispensem mais tempo e energia à procura de refeições e não tanto de fontes de hidratação. É de realçar que: as carraças depositam os seus ovos nos solos, onde as oscilações de humidade poderão modificar este microhabitat; todavia, não são esperados efeitos na atividade dos vetores se a humidade atingir os 100% ^(16,30,35).

Mosquitos

Os mosquitos podem ser portadores de doenças como dengue, Febre do Nilo Ocidental e Leishmania. Estes seres, são holometabólicos, isto é, o seu desenvolvimento engloba quatro fases e apenas as fêmeas adultas podem transmitir os patógenos⁽¹⁾.

O tempo de desenvolvimento até adulto vai depender das variáveis climáticas, especialmente da temperatura. Assim, quanto maior for a temperatura, mais rápido é o ciclo e maior poderá ser a densidade da população. Para além da temperatura, a sua prevalência é intensamente dependente dos níveis de precipitação⁽¹⁾.

O género *Aedes* é considerado um grupo de mosquitos urbanos e um indicador da sensibilidade da relação AC e transmissões de doenças infecciosas, ressaltando a dengue, a febre amarela, a Chikungunya, o vírus da Zika e a encefalite japonesa. No que diz respeito à espécie *Aedes aegypti* (associada a meios rurais), quanto maior a temperatura, mais rápida é a digestão da sua refeição sanguínea e, conseqüentemente, mais oportunidades terá para encontrar o próximo alvo e transmitir o patógeno⁽³⁶⁾.

Como a Figura 3 demonstra, a temperatura e o período de desenvolvimento embrionário apresentam uma relação de correlação negativa, ou seja, quanto maior a temperatura, menor será o período de desenvolvimento embrionário. O mesmo se verifica relativamente ao desenvolvimento larval, pois a 8°C este processo demora cerca de 38 dias, enquanto que um aumento de 4°C, acelera o processo até 18 dias. Uma habilidade que é de constatar, é a capacidades desta espécie de suspender o seu desenvolvimento durante a ocorrência de Eventos Climáticos Extremos (ECE) – oscilações que ultrapassam os limites máximos, superiores ou inferiores, dos intervalos de valores esperados⁽³⁶⁻³⁹⁾.

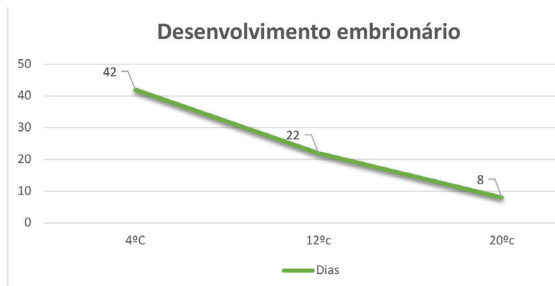


Figura 3. Tempo de desenvolvimento embrionário (em dias) de *A. aegypti*, consoante a temperatura⁽³⁷⁾.

Sobre o género *Culex*, os seus locais de reprodução prediletos são as águas provenientes de esgotos. Períodos de seca levam à acumulação de matéria orgânica putrefata nestas regiões, favorecendo as condições para o desenvolvimento destes mosquitos. Por oposição, um elevado nível de pluviosidade limitaria o seu desenvolvimento. Este género é responsável pela distribuição de Febre do Vale do Rift, filaríases e possivelmente do vírus da Zika⁽³⁶⁾.

Carraças

As carraças são conhecidas como parasitas, principalmente de veados e roedores de menores dimensões e como transmissores de patologias como a Doença de Lyme e a Babesiose^(30,36).

O aumento da temperatura irá melhorar as condições de sobrevivência destes transmissores, através da diminuição do tempo de desenvolvimento e conseqüente aceleração do seu ciclo de vida, assim como do aumento da sua abundância em populações já estabelecidas e da amplificação da sua atividade, que culminam num maior período de ação. Para além disso, espera-se que nestas condições estes transportem uma maior variedade de patógenos, devido ao aumento da variedade de hospedeiros e reservatórios^(30,35).

Assim, podemos concluir que os efeitos diretos da temperatura, por exemplo, na taxa de mortalidade, serão menos significativos que toda a influência que esta terá nos seus ciclos de vida. Há que realçar que é expectável que as AC afetem mais os mosquitos do que as carraças, dado que as carraças têm maior capacidade de procurar refúgio em regiões arborizadas, não dependem de água para se hidratarem (pois, segregam um tipo de *hygroscopic saliva*) e, principalmente, por serem pouco influenciadas por variações de curtos períodos. Os fatores dos quais os mosquitos beneficiam face às carraças incluem a maior facilidade de mobilidade, o rápido estabelecimento de populações (devido aos seus curtos ciclos de vida) e a diminuição do comprimento do ciclo de vida e ciclos de transmissão que duram semanas^(30,40-42).

Distribuição Espaçotemporal

Até à atualidade, a localização das doenças permaneceu relativamente estável. Na base desta alteração estão não só as AC, mas também a agricultura intensiva, a desflorestação, a migração populacional, o aumento das viagens e do

comércio, entre outros fatores. Assim, antecipase que as espécies mudem o seu habitat para altitudes e latitudes maiores, de modo refugiar-se em ambientes onde as oscilações diárias de temperatura não tenham consequências fatais para o seu organismo. De acordo com *Drew Harvell*, no mundo moderno, doenças como a malária, a tripanossomíase, a doença de Lyme, a encefalite da carraça, a peste negra e a dengue encontram-se distribuídas mais amplamente no globo e o mesmo ocorre para patologias como a Febre do Vale do Rift e a Febre do Nilo Ocidental ^(16,20,43).

Uma vez nos novos habitats, os microrganismos vão desenvolver-se de modo a beneficiar ao máximo do novo ambiente, incluindo de novos vetores e hospedeiros já familiarizados a ambientes antrópicos. Há que considerar que a adaptação está, muitas das vezes, ligada a mudanças genéticas nos microrganismos ^(6,44,45).

A disposição das patologias infecciosas segue um padrão espacial e temporal que refletem as estações, as oscilações meteorológicas anuais e os eventos extremos únicos. As epidemias cíclicas, normalmente mostram padrões de incidências anuais, mas com a ocorrência de impulsadores, como o El Niño, o momento e a intensidade devem ser afetados a médio ou longo prazo, dilatando o período de transmissão das diversas patologias ^(7,20).

Eventos Climáticos Extremos

Os ECE – onde se inclui, padrões de variabilidade climática e os riscos locais meteorológicos - são considerados situações pontuais (ocorrendo menos de 5% das vezes), no entanto o aumento da frequência e magnitude dos fenómenos extremos torna-os um tópico significativo das AC. Pouco compreendida é a relação destes com os padrões de doenças, mas a verdade é que existem evidências que corroboram esta associação e têm sido cada vez mais analisadas ^(18,39,46).

O El Niño-Oscilação do Sul (ENSO) é o mais estudado dos padrões de variabilidade climática e, de acordo com o Instituto Português do Mar e da Atmosfera, ocorre em ciclos de 4 anos e pode durar até 15 meses. Todavia, nas últimas quatro décadas, houve uma discrepância em relação aos eventos anteriores: estes foram-se tornando mais exorbitantes. O sobreaquecimento daquela porção do oceano afeta milhões de pessoas no mundo, através das alterações nos padrões regionais de

temperatura e precipitação, provocando riscos locais meteorológicos, como cheias (América do Sul, sul dos Estados Unidos e leste da África), ou secas (África do Sul, Índia, sudeste da Ásia e Austrália). Diversos estudos evidenciam a associação entre epidemias de doenças transmitidas por vetores, o ENSO ou outros ECE (Tabela I) ^(7,11,47-49).

Tabela I. Associação entre ECE e a disseminação de patologias zoonóticas.

	ECE	Patologias	Localização	Ref.
Aumento dos locais de reprodução	ENSO	Dengue	Ilhas do Pacífico	(17,20,50)
		Febre Amarela	Estados Unidos	
	QBO	Peste Bubônica	Polinésia	(51)
		Encefalite causada por Vírus do Rio Ross	Queensland (Austrália)	
	IOD ⁴	Febre do Vale do Rift	África do Leste, 1998	(17,50)
			Dengue	
Encefalite Japonesa			1998	
Períodos de Chuva Intensa e Cheias e Furacões	Febre Amarela	-	(52-54)	
		Leptospirose		Brasil
	Encefalite do Vale Murray	Austrália	(50,55)	
		Dengue		Honduras e Venezuela
	Aumento do risco de Chikungunya e Dengue	Porto Rico, 2017		
Aumento da temperatura ambiente	Ondas de Calor	Febre do Nilo Ocidental	Israel, 2000	(56,57)
		Dengue	Brasil	
	Seca	Aumento do risco de Febre do Nilo Ocidental		(38,58)
		Chikungunya (seca extrema)	Quênia, 2004	

¹ Evento Climático Extremo

² Referências Bibliográficas

³ QBO – Oscilação Quase-Bienal

⁴ IOD – Dipolo do Índico

Impacto das Alterações Climáticas no Homem

Ao contrário do previsto nem todos os efeitos das AC serão negativos. Numa fase inicial, o aquecimento global trará resultados positivos para o Homem. No entanto, estes benefícios serão rapidamente excedidos pelos infortúnios, principalmente em populações vulneráveis ^(2,45).

Vulnerabilidade Social e Justiça Ambiental

Sabe-se atualmente que a taxa de mortalidade per capita de doenças transmitidas por vetores é cerca de 300 vezes maior em países de baixo rendimento do que em países de alto rendimento. Mesmo que estas patologias sejam mais recorrentes em zonas tropicais, o défice de desenvolvimento socioeconómico, as patologias já estabelecidas e a baixa capacidade de resposta aos eventuais desafios

propostos pelas AC, permitem que a disseminação de infecções nestas comunidades seja, quase, exponencial ^(7,16).

O acesso a água potável e a melhores características de saneamento poderiam permitir a redução da propagação de doenças infecciosas. Estes efeitos não ocorrem apenas nas regiões de baixo rendimento do globo, mas também onde existe uma incrível disparidade social. Como prova disso, temos um exemplo proveniente dos Estados Unidos, onde as evidências gráficas mostram que após o icónico furacão Katrina, os que mais sofreram com as suas repercussões foram as comunidades pobres de *New Orleans* da região do Golfo. Estas correram o risco de não serem evacuadas e não se conseguirem reerguer após esta catástrofe. Esta relação exibida entre as AC e os “grupos de risco”, funciona como um *loop* de feedback positivo, na medida em que as doenças infecciosas (ou outras patologias associadas aos ECE), mesmo que não sejam excessivamente mortais, debilitam o crescimento económico e a evolução da sociedade. Esta falta de desenvolvimento leva à estagnação dos parâmetros anteriores e por aí em diante. Ou seja, de acordo, com o termo “injustiça ambiental”, os que poucas condições de vida têm, serão sempre os mais afetados pelos efeitos das AC ^(16,20,59-63).

Em 2018, os ECE, levaram ao deslocamento de 16,1 milhões de pessoas. Quando determinadas comunidades são devastadas por fenómenos ambientais ou climáticos e obrigadas à migração, temos os chamados “refugiados” ou “deslocados” ambientais. Estes emigrantes são coagidos a abandonar o seu “habitat”, de forma provisória ou permanente, devido a perturbações repentinas (furacões, tsunamis, inundações, erupções vulcânicas, ciclones e terremotos) ou acumulativas (desertificação ou degradação dos solos) do ambiente ^(59,64-66).

O aumento da deslocação de povos gera o contacto entre diferentes comunidades e vetores. Esta situação é particularmente perigosa para os mais suscetíveis do ponto de vista imunitário e também para indivíduos com planos de vacinação e/ou práticas divergentes. Em termos práticos, significa que tanto os imigrantes podem ser portadores de patógenos do seu local de origem, como podem ser suscetíveis às espécies estabelecidas no local de refúgio. A título de exemplo, durante os anos 80 e 90, no Brasil, ocorreu a reemergência do Kala-Azar, causada pela migração de agricultores

para as urbanizações, sendo que, de acordo com a OMS, esta patologia é, atualmente, endémica no país ^(16,36,46,66-68).

Por fim, com o aumento da população e inerentemente da urbanização é provável que ocorra a alteração e fragmentação de habitats naturais. Estas mudanças na gestão do território que afetam os hospedeiros, os reservatórios e os vetores, poderão permitir o alastramento das zoonoses ^(38,44).

Nutrição

As AC vão afetar a qualidade dos solos e da água, a incidência de doenças nas plantas e nos animais, e também o aumento das populações de insetos, levando ao aumento da pressão sobre a produtividade agrícola, que pode levar a falhas nas colheitas, fome, ao desenvolvimento de estirpes multirresistentes e consequentemente aumentar o movimento das populações e o número de conflitos. Assim, pode-se alegar que o impacto das AC na saúde animal e vegetal vai também afetar a segurança da nossa alimentação ^(6,29,59,69,70).

Sabe-se que a produtividade agrícola varia consoante a região em que nos encontramos. Contudo, considerando as AC, antevê-se que será na África Subsaariana – onde ocorre uma seca persistente há 20 anos - e na Ásia Meridional – com o aumento das inundações e erosão - onde irá ocorrer um decréscimo substancial da produtividade e do seu valor nutritivo. Ainda, outras populações que dependam da agricultura e atividades ligadas aos ecossistemas poderão desenvolver desnutrição ^(46,59,71).

Em doenças infecciosas, com pouca probabilidade de serem transmitidas para o Homem, a preocupação foca-se na produtividade agrícola, na produtividade piscatória e na preservação biológica. Toda esta pressão, todo o intercâmbio entre animais domésticos, selvagens e exóticos e um Homem debilitado pela fome e outras doenças associadas, pode aumentar a suscetibilidade do Homem às doenças infecciosas ^(20,59,72).

Padrões Comportamentais

Os efeitos mais perceptíveis das AC pelo Homem são aqueles que o coagem a alterar os seus padrões comportamentais, particularmente as ocupações sazonais e o estilo de vida durante as diferentes estações do ano ⁽⁷³⁾.

Na Figura 4 é possível observar que as comunidades mais pobres são as que estão mais expostas, situação que se deve à vulnerabilidade socioeconômica e às atividades de remuneração. Pelo contrário, as comunidades mais ricas aumentam a exposição pelo aumento de atividades de recreação, ocupação e residências secundárias perto de ecossistemas pré-estabelecidos. A diferença entre ambos baseia-se na resposta a estas dificuldades, pois enquanto as comunidades marginalizadas têm poucas oportunidades, as comunidades com mais posses econômicas têm melhores meios de proteção contra possíveis infecções ou, em último recurso, melhores condições para se adaptarem às mesmas (44,74,75).

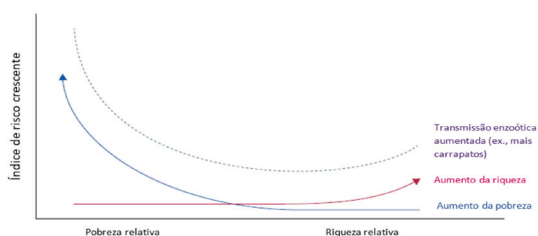


Figura 4. Interação entre o estado econômico e o risco de infecção (43).

Discussão

Definindo as AC como flutuações de determinadas variantes meteorológicas por um longo período e tendo em conta a literatura estuda, é nos permitido alegar que estas irão, decididamente, influenciar o desenvolvimento, a sobrevivência e a replicação, tanto dos patógenos como dos vetores (1).

Relativamente aos microrganismos, os efeitos são visíveis através das alterações no PIE. Quando a temperatura ambiente aumenta, o PIE diminui e, conseqüentemente, os vetores mais jovens têm a capacidade de transmitir o agente infeccioso. A diminuição da temperatura tem o efeito inverso. Nas carraças, o PIE é fixo, visto que a sua temperatura ambiente equivale à temperatura corporal do seu hospedeiro (23,26).

Quanto aos vetores, as decorrentes deduções que podem ser retiradas mostram que: um aumento da temperatura e da precipitação, irá provocar, respetivamente, um encurtamento do ciclo de vida e amplificação do período de atividade e uma ampliação dos locais de reprodução e do número de hospedeiros no habitat. Através do crescimento populacional e do aumento da taxa de picadas, podemos comprovar que o ciclo de vida dos vetores

irá ser favorecido com as AC. É de notar que os mosquitos serão os mais influenciados pelas rápidas oscilações das variantes climáticas (1,11,30,36).

Ainda que ocorra a alteração da incidência geográfica de infeções, as comunidades marginalizadas e com menos vigilância serão sempre mais afetadas pela sua propagação. A alimentação insuficiente, os serviços médicos precários, a urbanização desorganizada e a alta exposição aos fenómenos extremos deixam-nos vulneráveis a novos surtos de, praticamente, qualquer patologia.

Assim, as AC, direta ou indiretamente, tornam o vetor mais suscetível a desenvolver-se de forma exponencial, tornam o PIE dos microrganismos tendencialmente mais curto e tornam o Homem, principalmente a população dos grupos marginalizados, um alvo mais “acessível”.

Conclusão

Embora o Homem se tenha sobreposto à Natureza, a verdade é que iremos continuar sempre à sua mercê. O nosso papel como agentes modificadores da atmosfera intensifica, todos os dias, os efeitos das AC. Enquanto muitos animais procuram refúgio da chuva intensa ou das ondas de calor extremas, os mosquitos e as carraças adaptam-se a estas conseqüências e trazem a emergência e reemergência de diversas patologias infecciosas. Em grande parte esta disseminação é possível, não só pelos impactos que as AC tiveram e têm sobre os vetores, mas também pelos impactos que têm no Homem.

O objetivo que parte desta revisão foi a conscientização para o problema definido. Muitos estudos encontram-se publicados sobre as AC e muitos outros sobre os efeitos das AC na saúde humana, mas, abordam maioritariamente os seus efeitos diretos. Contudo, como podemos deduzir, as conseqüências do aquecimento global sob as doenças infecciosas, são reais e devem ser analisadas. Todavia, a sua legitimidade é difícil de provar. Como foi dito, a emergência e reemergência de zoonoses, é algo demoroso e não ocorre apenas como uma seqüela das AC, mas sim a partir de diversos outros fatores complementares. Por fim, é essencial referir, novamente, que o problema reside não só no impacto das AC nos vetores, mas também no impacto no Homem. As regiões com baixo rendimento, são as que mais sofrem, diariamente, com os nossos erros e é com elas em mente que estes estudos devem ser escritos.

Referências Bibliográficas

- Galati EAB, Chiaravalloti-neto F. Mudanças climáticas e saúde urbana. *Revista USP*. 2015;79–90.
- McMichael AJ. Globalization, climate change, and human health. *N Engl J Med*. 2013;368(14):1335–43.
- Ferreira AP. O Desafio Das Alterações Climáticas: O Olhar Para Além Das Nossas Fronteiras. *Interfacehs J Heal Environ Sustain*. 2007;2(5):3–3.
- Shope R. Global climate change and infectious diseases. *Int J Occup Environ Med*. 1991;2(1):11–9.
- Caminade C, McIntyre KM, Jones AE. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Ann N Y Acad Sci*. 2019;1436(1):157–73.
- Ogden N, Gachon P. Climate change and infectious diseases: What can we expect? *Canada Commun Dis Rep*. 2019;45(4):76–80.
- Short EE, Caminade C, Thomas BN. Climate Change Contribution to the Emergence or Re-Emergence of Parasitic Diseases. *Infect Dis Res Treat*. 2017;10:117863361773229.
- MINISTERIO DA SAÚDE. *Cadernos de Saude*. 2006;2:187.
- Gruber K. Predicting zoonoses. *Nat Ecol Evol [Internet]*. 2017;1(4):1–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0098>
- UNEP. *Emerging Issues of Environmental Concern [Internet]*. United Nations Environment Programme. 2016. 1–72 p. Available from: https://web.unep.org/frontiers/sites/unep.org/frontiers/files/documents/unep_frontiers_2016.pdf
- Patz JA, Githeko AK, McCarty JP, Hussein S, Confalonieri U, Wet N de. Climate change and infectious diseases. *Public Health Rev*. 2016;37(1):103–32.
- Ebi KL, Lindgren E, Suk JE, Semenza JC. Adaptation to the infectious disease impacts of climate change. *Clim Change*. 2013;118(2):355–65.
- Demain JG. Climate Change and the Impact on Respiratory and Allergic Disease: 2018. *Curr Allergy Asthma Rep*. 2018;18(4)
- Ogden NH. Climate change and vector-borne diseases of public health significance. *FEMS Microbiol Lett*. 2017;364(19):1–8.
- Egizi A, Fefferman NH, Fonseca DM. Evidence that implicit assumptions of 'no evolution' of disease vectors in changing environments can be violated on a rapid timescale. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2015;370(1665):1–10.
- Campbell-Lendrum D, Manga L, Bagayoko M, Sommerfeld J. Climate change and vector-borne diseases: What are the implications for public health research and policy? *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2015;370(1665):1–8.
- King BJ, Monis PT. Critical processes affecting *Cryptosporidium* oocyst survival in the environment. Vol. 134, *Parasitology*. Parasitology; 2007. p. 309–23.
- Wu X, Lu Y, Zhou S, Chen L, Xu B. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environ Int [Internet]*. 2016;86:14–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2015.09.007>
- Cable J, Barber I, Boag B, Ellison AR, Morgan ER, Murray K, et al. Global change, parasite transmission and disease control: Lessons from ecology. Vol. 372, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. Royal Society; 2017.
- Lafferty KD. The Ecology of Climate Change and Infectious Diseases. *Concepts Synth*. 2009;90(4):888–900.
- Altizer S, Ostfeld RS, Johnson PTJ, Kutz S, Harvell CD. Climate change and infectious diseases: From evidence to a predictive framework. *Science (80-)*. 2013;341(6145):514–9.
- Bradshaw WE, Holzapfel CM. Genetic shift in photoperiodic response correlated with global warming. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2001 Dec 4;98(25):14509–11.
- Harvell D, Altizer S, Cattadori I, Harrington L, Weil E. Climate Change and the Distribution and Intensity of Infectious Diseases. *Ecol Soc Am*. 2009;90(4):903–5.
- Reisen WK, Fang Y, Martinez VM. Effects of Temperature on the Transmission of West Nile Virus by *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*. 2006 Mar 1;43(2):309–17.
- Winokur OC, Main BJ, Nicholson J, Barker CM. Impact of temperature on the extrinsic incubation period of zika virus in *Aedes Aegypti*. *PLoS Negl Trop Dis [Internet]*. 2020;14(3):1–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0008047>
- Schwan TG, Piesman J. Vector interactions and molecular adaptations of Lyme disease and relapsing fever spirochetes associated with transmission by ticks. Vol. 8, *Emerging Infectious Diseases*. Centers for Disease Control and Prevention (CDC); 2002. p. 115–21.
- Schuffenecker I, Iteman I, Michault A, Murri S, Frangeul L, Vaney MC, et al. Genome microevolution of chikungunya viruses causing the Indian Ocean outbreak. *PLoS Med*. 2006;3(7):1058–70.
- Shuman EK. Global climate change and infectious diseases. *Int J Occup Environ Med*. 2011;2(1):11–9.
- Caminade C, McIntyre MK, Jones AE. Climate Change and Vector-borne Diseases: Where Are We Next Heading? *J Infect Dis*. 2016;214(9):1300–1.
- Ogden NH, Lindsay LR. Effects of Climate and Climate Change on Vectors and Vector-Borne Diseases: Ticks Are Different. *Trends Parasitol [Internet]*. 2016;32(8):646–56. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pt.2016.04.015>
- Vail SG, Smith G. Vertical Movement and Posture of Blacklegged Tick (Acari: Ixodidae) Nymphs as a Function of Temperature and Relative Humidity in Laboratory Experiments. *J Med Entomol [Internet]*. 2002 Nov 1 [cited 2020 Jun 2];39(6):842–6. Available from: <https://academic.oup.com/jme/article-lookup/doi/10.1603/0022-2585-39.6.842>

32. Mellor PS, Leake CJ. Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *OIE Rev Sci Tech.* 2000;12(1):41–54.
33. Abrantes P, Silveira H. Alterações climáticas na Europa: efeito nas doenças parasitárias humanas. *Rev Port Saúde Pública.* 2009;27(2):71–86.
34. Gubler DJ, Reiter P, Ebi KL, Yap W, Nasci R, Patz JA. Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodent-borne diseases. *Environ Health Perspect.* 2001 May;109(suppl 2):223–33.
35. Bouchard C, Dibbernardo A, Koffi J, Wood H, Leighton P, Lindsay L. Increased risk of tick-borne diseases with climate and environmental changes. *Canada Commun Dis Rep.* 2019;45(4):83–9.
36. Booth M. Climate Change and the Neglected Tropical Diseases [Internet]. 1st ed. Vol. 100, *Advances in Parasitology.* Elsevier Ltd.; 2018. 39–126 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/bs.apar.2018.02.001>
37. Snow K, Medlock J. The potential impact of climate on the distribution and prevalence of mosquitoes in Britain. 2006 .
38. Chikungunya, Climate Change, and Human Rights – Health and Human Rights Journal [Internet]. [cited 2020 Jun 2]. Available from: <https://www.hhrjournal.org/2014/07/chikungunya-climate-change-and-human-rights-2/>
39. Dokken D. SPECIAL REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE MANAGING THE RISKS OF EXTREME EVENTS AND DISASTERS TO ADVANCE CLIMATE CHANGE ADAPTATION.
40. Paaijmans KP, Imbahale SS, Thomas MB, Takken W. Relevant microclimate for determining the development rate of malaria mosquitoes and possible implications of climate change. *Malar J* [Internet]. 2010 Dec 9 [cited 2020 Jun 2];9(1):196. Available from: <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2875-9-196>
41. Bowman AS, Sauer JR. Tick salivary glands: Function, physiology and future. Vol. 129, *Parasitology.* Cambridge University Press; 2004. p. S67–81.
42. Ogden NH, Mechai S, Margos G. Changing geographic ranges of ticks and tick-borne pathogens: Drivers, mechanisms and consequences for pathogen diversity. Vol. 4, *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology.* Front Cell Infect Microbiol; 2013.
43. Harvell D, Alitzer S, Cattadori I, Harrington L, Weil E. Climate Change and the Distribution and Intensity of Infectious Diseases Published by: Ecological Society of America content in a trusted digital archive . We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms Climate. *Ecol Soc Am.* 2014;90(4):903–5.
44. Kilpatrick AM, Randolph SE. Drivers, dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases. *Lancet* [Internet]. 2012;380(9857):1946–55. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61151-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61151-9)
45. Ostfeld RS, Keesing F. Effects of Host Diversity on Infectious Disease. *Annu Rev Ecol Evol Syst* [Internet]. 2012 Dec 5 [cited 2020 Jun 3];43(1):157–82. Available from: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145022>
46. OMS. Atlas of Health and Climate [Internet]. Vol. 1, World Health Organization and World Meteorological Organization. Elsevier Ltd; 2012. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0098>
47. Instituto Português do Mar e da Atmosfera [Internet]. [cited 2020 May 29]. Available from: https://www.ipma.pt/pt/educativa/faq/meteorologia/previsao/faqdetail.htm?F=/pt/educativa/faq/meteorologia/previsao/faq_0010.html
48. Cai W, Borlace S, Lengaigne M, Van Rensch P, Collins M, Vecchi G, et al. Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nat Clim Chang.* 2014 Feb 19;4(2):111–6.
49. Zell R, Krumbholz A, Wutzler P. Impact of global warming on viral diseases: what is the evidence? *Curr Opin Biotechnol.* 2008;19(6):652–60.
50. Stanberry LR, Thomson MC, James W. Prioritizing the needs of children in a changing climate. *PLoS Med.* 2018 Jul 1;15(7).
51. Evengard B, McMichael A. Invited Editorial: Vulnerable populations in the Arctic. *Glob Health Action.* 2011 Dec;4(1):11210.
52. Monath TP, Vasconcelos PFC. Yellow fever. *J Clin Virol.* 2015 Mar 1;64:160–73.
53. Gracie R, Barcellos C, Magalhães M, Souza-Santos R, Guimarães Barrocas PR. Geographical scale effects on the analysis of leptospirosis determinants. *Int J Environ Res Public Health.* 2014 Oct 10;11(10):10366–83.
54. Kurane I. The Effect of Global Warming on Infectious Diseases. *Osong Public Heal Res Perspect* [Internet]. 2010;1(1):4–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phrp.2010.12.004>
55. Epstein PR. Is global warming harmful to health? [see comments]. *Sci Am.* 2000;283(2):50–7.
56. Paz S. Climate change impacts on West Nile virus transmission in a global context. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2015;370(1665):1–11.
57. Nava A, Shimabukuro JS, Chmura AA, Luz SLB. The impact of global environmental changes on infectious disease emergence with a focus on risks for Brazil. *ILAR J.* 2017;58(3):393–400.
58. Lima-Camara TN. Emerging arboviruses and public health challenges in Brazil. *Rev Saude Publica.* 2016 Jun 27;50.
59. Galvão LAC, Finkelman J, Henao S. Determinantes Ambientais e Sociais da Saúde. 2011. 601 p.
60. Bouma MJ. Methodological problems and amendments to demonstrate effects of temperature on the epidemiology of malaria. A new perspective on the highland epidemics in Madagascar, 1972–89. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 2003;97(2):133–9.

61. Lubchenco J, Karl TR. Predicting and managing extreme weather events. *Phys Today* [Internet]. 2012 Mar [cited 2020 Jun 3];65(3):31–7. Available from: <http://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.1475>
62. Li R, Jiang Z, Xu B. Global spatiotemporal and genetic footprint of the H5N1 avian influenza virus. *Int J Health Geogr*. 2014 May 21;13.
63. Noble AG, Costa FJ, Kent RB, Akhtar R, Dutt AK, Wadhwa V. Health Planning and the Resurgence of Malaria in Urban India. In: *Regional Development and Planning for the 21st Century*. Routledge; 2019. p. 151–68.
64. Refugees at “increased risk” from extreme weather - BBC News [Internet]. [cited 2020 Jun 9]. Available from: <https://www.bbc.com/news/science-environment-50692857>
65. Gray C, Billsborrow R. Environmental Influences on Human Migration in Rural Ecuador. *Demography*. 2013 Aug;50(4):1217–41.
66. Levy BS, Patz JA. Climate change, human rights, and social justice. Vol. 81, *Annals of Global Health*. Elsevier USA; 2015. p. 310–22.
67. Beyrer C, Villar JC, Suwanvanichkij V, Singh S, Baral SD, Mills EJ. Neglected diseases, civil conflicts, and the right to health. Vol. 370, *Lancet*. Elsevier; 2007. p. 619–27.
68. Rees E, Ng V, Gachon P, Mawudeku A, McKenney D, Pedlar J, et al. Risk assessment strategies for early detection and prediction of infectious disease outbreaks associated with climate change. *Canada Commun Dis Rep*. 2019;45(5):119–26
69. Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Vol. 304, *Science*. American Association for the Advancement of Science; 2004. p. 1623–7.
70. Leite e Sá N. Alterações climáticas e saúde urbana 1. *Rev Bras Geogr Médica e da Saúde*. 2012;8(15):213–21.
71. Menne B. Alterações climáticas e saúde pública. 2015.
72. Daszak P, Cunningham AA, Hyatt AD. Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife. In: *Acta Tropica*. Elsevier; 2001. p. 103–16.
73. Viboud C, Pakdaman K, Boëlle PY, Wilson ML, Myers MF, Valleron AJ, et al. Association of influenza epidemics with global climate variability. *Eur J Epidemiol*. 2004 Nov;19(11):1055–9.
74. Linard C, Lamarque P, Heyman P, Ducoffre G, Luyasu V, Tersago K, et al. Determinants of the geographic distribution of Puumala virus and Lyme borreliosis infections in Belgium. *Int J Health Geogr*. 2007 May 2;6:15.
75. Proestos Y, Christophides GK, Ergüler K, Tanarhte M, Waldock J, Lelieveld J. Present and future projections of habitat suitability of the Asian tiger mosquito, a vector of viral pathogens, from global climate simulation. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2015;370(1665):1–16.