

## Variabilidade climática e internações por doenças diarreicas infecciosas em um município da Amazônia Ocidental brasileira

Climate variability and hospitalizations due to infectious diarrheal diseases in a municipality of the Western Brazilian Amazon Region

Juliana Lúcia Duarte (<https://orcid.org/0000-0002-9190-6881>)<sup>1</sup>  
 Fredi Alexander Diaz-Quijano (<https://orcid.org/0000-0002-1134-1930>)<sup>2</sup>  
 Antônio Carlos Batista (<http://orcid.org/0000-0001-5929-3838>)<sup>3</sup>  
 Alejandro Fonseca Duarte (<https://orcid.org/0000-0001-5527-703X>)<sup>4</sup>  
 Leonardo Augusto Kohara Melchior (<http://orcid.org/0000-0003-2847-0242>)<sup>4</sup>  
 Leandro Luiz Giatti (<https://orcid.org/0000-0003-1154-6503>)<sup>1</sup>

**Abstract** Morbimortality due to infectious diarrheal diseases still is a serious health issue in Brazil and is highly related to factors such as weather, environment, and people's life conditions. This study aimed to analyze the relationship between hospitalization rates due to infectious diarrheal diseases among the population of the municipality of Rio Branco (AC), Brazil and precipitation, river level, humidity and temperature between 2000 and 2013. Data were retrieved from the Hospital Information System of the SUS (Unified Health System), the National Institute of Meteorology and the National Water Agency. Multiple Poisson and negative binomial regression models were adjusted. Results showed that there is a positive association between hospitalization due to infectious diarrheal diseases and the level of the Acre river (RR: 1.07; CI 95%: 1.04 to 1.1); these hospitalization rates fell 14% between 2000 and 2013 (RR: 0.86; CI 95%: 0.85 to 0.87). The most vulnerable group was the age group of less than 1 year of age. This study showed the vulnerability of an Amazonian city to climate variability and its respective epidemiological influence on the incidence of hospitalizations due to infectious diarrheal diseases.

**Key words** Diarrhea, Floods, Climate, Climate change, Amazonian ecosystem

**Resumo** A morbimortalidade por doenças diarreicas infecciosas ainda representa um grave problema de saúde no Brasil e está altamente relacionada a fatores como condições climáticas, ambientais e de vida da população. O objetivo deste estudo foi analisar a associação das taxas de internações por doenças diarreicas infecciosas na população do município de Rio Branco/AC com a precipitação, o nível do rio, a umidade e a temperatura, entre os anos de 2000 e 2013. Os dados foram extraídos do Sistema de Informações Hospitalares do SUS, do Instituto Nacional de Meteorologia e da Agência Nacional das Águas. Foram ajustados modelos múltiplos de regressão de Poisson e binomial negativa. Os resultados mostram que existe uma associação positiva entre as internações por doenças diarreicas infecciosas e o nível do Rio Acre (RT:1,07; IC95%:1,04 a 1,1); houve um decréscimo de 14% nestas taxas de internações entre os anos de 2000 e 2013 (RT:0,86; IC95%:0,85 a 0,87); o grupo mais vulnerável pertence à faixa etária de menores de 1 ano de vida. Este estudo mostrou a vulnerabilidade de uma cidade na Amazônia quanto à variabilidade climática e a respectiva influência epidemiológica na incidência de internações por doenças diarreicas infecciosas.

**Palavras-chave** Diarreia, Inundações, Clima, Mudança climática, Ecossistema amazônico

<sup>1</sup> Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP).  
 Av. Dr. Arnaldo 715,  
 Cerqueira Cesar. 01246-904 São Paulo SP Brasil.

jluciaduarte@usp.br.

<sup>2</sup> Departamento de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, USP. São Paulo SP Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba PR Brasil.

<sup>4</sup> Departamento de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Acre. Rio Branco AC Brasil.

## Introdução

As doenças diarreicas infecciosas são provocadas por agentes patogênicos como vírus, bactérias e protozoários, e apresentam como principais efeitos fisiológicos a desidratação e a desnutrição<sup>1-3</sup>. Essas doenças acometem indivíduos de todas as faixas etárias, mas as crianças são mais vulneráveis e suscetíveis às deficiências nutricionais que prejudicam o seu crescimento, ganho de peso, desenvolvimento intelectual e até mesmo à sua sobrevivência<sup>2,4-8</sup>. A diarreia está entre as principais causas de morte em crianças com menos de 5 anos de idade em países pobres, juntamente com as doenças respiratórias. A morbimortalidade por diarreia é um problema de saúde pública em diversas regiões do mundo e está condicionada a várias causas, mas a pobreza, as condições precárias de saneamento básico e as condições climáticas e ambientais que favorecem a transmissão dos patógenos são críticos na modulação, frequência e gravidade dessa doença<sup>1-3,7-9</sup>.

No Brasil, ainda são registradas altas taxas de óbitos por doenças diarreicas, especialmente em crianças menores de 1 ano e nas regiões Norte e Nordeste do País<sup>2,8,10</sup>. O Brasil apresenta grande diversidade demográfica, econômica, social, cultural e de saúde em suas distintas regiões. A região Norte compreende a maior parte da Amazônia brasileira. Nessa vasta região de clima tropical úmido, anualmente as oscilações climáticas são intensificadas pelas enchentes que ocorrem geralmente entre os meses de outubro e abril, constituindo condições favoráveis à disseminação das doenças diarreicas infecciosas<sup>2,11-15</sup>. Com a perspectiva das mudanças climáticas globais e a possibilidade do aumento de eventos climáticos extremos, atenção especial deve ser dada às consequências para a saúde desta população, principalmente porque as precárias condições de urbanização locais, associadas aos poucos avanços em saneamento básico, contribuem para um quadro de vulnerabilidade característico<sup>16-22</sup>.

Assim, este estudo ecológico objetivou analisar a associação das taxas de internações por doenças diarreicas infecciosas, na população do município de Rio Branco, capital do estado do Acre, com variáveis climáticas, como a precipitação, o nível do Rio Acre, a umidade e a temperatura, entre os anos de 2000 e 2013. Este tipo de estudo é fundamental para a região, pois contribui para um maior conhecimento sobre a relação entre clima e saúde, e poderá subsidiar a elaboração de políticas públicas visando à melhoria dos indicadores desse agravo e da qualidade de

vida da população em geral. Também buscou-se estudar o comportamento dessas taxas de internações quanto à sua evolução temporal e em distintas faixas etárias, para maior conhecimento epidemiológico dessas doenças em nível local.

## Métodos

A área de estudo foi o município de Rio Branco, capital do estado do Acre, situado na região da Amazônia Ocidental, Norte do Brasil. De acordo com o IBGE (2016), o município apresenta uma população de aproximadamente 370 mil habitantes. Com clima tropical, predominantemente quente e úmido, as temperaturas permanecem em torno dos 25 e 30°C durante o ano todo, com curtos períodos de friagem, em que as temperaturas costumam baixar até em torno de 14°C. A umidade relativa média compensada permanece mais alta do que a maioria das outras regiões do país durante todo o ano, com porcentagens quase sempre acima de 65%<sup>11,14,23</sup>.

O município se desenvolveu às margens do Rio Acre, um dos maiores rios da região Norte, que tem sua nascente no Peru e deságua no Brasil, atravessando o estado. Nos períodos de chuva, que costumam ocorrer entre os meses de outubro e abril, o nível do rio aumenta e na maioria das vezes ultrapassa sua cota de alerta para transbordamento (13,5 metros) o que causa o alagamento de boa parte da cidade<sup>11,14</sup>. O padrão sazonal das chuvas no estado é regular. Altas vazões no inverno amazônico são previsíveis, mas a ocupação desordenada das planícies de inundação favorece a ocorrência dos alagamentos. De acordo com um estudo realizado por Duarte<sup>24</sup> foram localizados assentamentos urbanos em planícies de inundação do Rio Acre nos municípios de Rio Branco, Assis Brasil, Brasileia e Xapuri. O estudo também aponta que, no estado, 79,1 % do crescimento populacional se converteu em moradores socialmente vulneráveis, que ficam expostos ao ambiente das águas às margens de rios, igarapés e canalizações de esgoto<sup>24</sup>.

Além disso, o estado do Acre é descrito na literatura como um dos que apresenta os piores indicadores de saneamento do Brasil<sup>2,25</sup>. Em 2014, Rio Branco esteve entre os 15 maiores municípios do País com pior saneamento, com mais de 78% da população sem acesso a esgoto coletado e pouco mais da metade da população contemplada pelo sistema de abastecimento de água<sup>25</sup>. A capital também apresenta elevado percentual de população indígena vivendo em áreas rurais

e com menos acesso a esses serviços<sup>2,6,26,27</sup>. Importante ressaltar que o Norte é a segunda região mais pobres do País e apresenta uma das maiores taxas de incidência de doenças diarreicas em crianças menores de 5 anos de idade, depois da região Nordeste<sup>28</sup>.

Para este estudo foram usados dados referentes ao número de internações mensais por doenças diarreicas infecciosas, categorizados por faixa etária, obtidos entre primeiro de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2013. Esses dados foram extraídos a partir do Sistema de Informações hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), disponível na página eletrônica do Departamento de Informática do SUS, mantido pelo Ministério da Saúde do Brasil<sup>29</sup>. Foram utilizados os registros de casos de internação sob os códigos A03 (Shigelose), A06 (Amebíase), A09 (Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível), A00 (cólera), A01 (febre tifoide e paratifoide) e Z22.1 (outras doenças infecciosas intestinais) da 10<sup>a</sup>. Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10).

As variáveis climáticas utilizadas para os estudos de associação foram: média mensal da precipitação total (em mm); média mensal da temperatura máxima (em °C); média mensal da temperatura compensada (em °C); média mensal da temperatura mínima (em °C); média mensal da umidade relativa média compensada (em %); e média mensal do nível do Rio Acre (em metros). Esses dados foram extraídos a partir do banco de informações disponível na página eletrônica do Instituto Nacional de Meteorologia<sup>23</sup> e também a partir do sistema de informações hidrológicas disponível no sítio eletrônico da Agência Nacional das Águas<sup>30</sup>.

Todos os dados desta pesquisa foram obtidos de fontes secundárias de livre acesso, de forma que não houve necessidade de aprovação pelo Comitê de ética em pesquisa. Esses dados foram tabulados e organizados em planilhas do programa Microsoft Excel. Foram calculadas as taxas médias mensais de internações por doenças diarreicas infecciosas por 100 mil habitantes e sua variância, cálculos que foram feitos de forma estratificada segundo ano e faixa etária. As estimativas populacionais para os anos do período de análise (2000 a 2013) foram obtidas junto à Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística<sup>26</sup>.

Para estimar a associação entre as variáveis climáticas e ambientais e a taxa de internações por doenças diarreicas, foram utilizados os Modelos Lineares Generalizados (MLG). As análises foram realizadas por meio do programa estatís-

tico Stata (*Data Analysis and Statistical Software*) versão 13.0<sup>31</sup> (permissão de uso concedida à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo).

Foram calculadas as razões de taxas (RT), as quais foram ajustadas inicialmente utilizando-se a regressão de Poisson e como alternativa foi considerado o modelo de regressão binomial negativa (BN), ambos estimados por máxima verossimilhança<sup>32-34</sup>. A avaliação dos ajustes dos modelos obtidos com a regressão BN foi feita por meio da análise da significância estatística do valor do termo alfa ( $\alpha$ ). Quando o valor obtido foi significativamente diferente de zero, então o modelo múltiplo de regressão BN foi adotado para obter as estimativas ajustadas, considerando a superdispersão dos dados<sup>32-34</sup>.

Na escolha das variáveis foram considerados a significância estatística dos parâmetros, o aumento no pseudo  $R^2$  de McFadden e os intervalos de confiança para o nível de significância de 5%<sup>32-34</sup>. Foram retiradas das análises as variáveis cujos parâmetros não se mostraram estatisticamente diferentes de zero ao nível de significância de 5%, utilizando-se o procedimento “*stepwise*” que, em diversos softwares de modelagem, tem a propriedade de automaticamente excluir as variáveis explicativas cujos parâmetros não se mostrem estatisticamente diferentes de zero<sup>33</sup>. Este procedimento também foi utilizado para corrigir a multicolinearidade entre as variáveis explicativas<sup>33</sup>.

O modelo final foi avaliado usando os testes estatísticos de deviance e de Pearson para o ajuste<sup>33,35</sup> e contém todos os parâmetros estatisticamente diferentes de zero ao nível de significância de 5%, com o maior valor de  $R^2$  ajustado e com menor amplitude dos intervalos de confiança. A qualidade do ajuste foi medida pelo teste de Qui-Quadrado ( $X^2$ ) para comparar às duas curvas e da não existência de diferenças estatisticamente significantes entre os valores previstos e observados<sup>32-34</sup>.

## Resultados

Nestes 14 anos foram registrados no banco de dados do DATASUS o total de 8.080 internações por doenças diarreicas infecciosas na população do município de Rio Branco, sendo que 1.153 internações foram registradas somente no ano de 2006. As taxas apresentaram média mensal de 16,5 internações e variância de 147,9.

Devido a grande diferença entre os valores da média e da variância, optou-se por adotar o

modelo de regressão binomial negativa para as análises<sup>33</sup>. Além disso, a qualidade do ajuste dos dados obtidos com a distribuição de Poisson evidenciou diferenças significativas entre os valores observados e preditos ( $p < 0,001$ ). Por outro lado, o valor do termo alfa ( $\alpha$ ) do modelo com distribuição binomial negativa foi significativamente diferente de zero (Tabela 1), o que indicou ser este o modelo mais adequado para a análise, considerando a superdispersão dos dados<sup>33</sup>.

Foram retiradas das análises as variáveis cujos parâmetros não se mostraram estatisticamente diferentes de zero ao nível de significância de 5%, após a aplicação do procedimento *stepwise*<sup>33</sup>. Desta forma, permaneceram no modelo as variáveis: nível do rio, umidade relativa média compensada, ano e faixa etária.

Os resultados deste estudo mostram que: existe uma associação positiva significativa entre as taxas de internações por doenças diarreicas infecciosas e o nível do Rio Acre, sendo que, para cada metro de aumento do nível do rio, ocorre um aumento de 7% nessas taxas (RT:1,07; IC95%:1,04 a 1,1); existe uma relação negativa entre as taxas de internações e os anos, com um decréscimo geral de 14% nas taxas de internações por essas doenças entre os anos de 2000 e 2013 (RT:0,86; IC95%:0,85 a 0,87); também houve uma associação negativa entre as taxas de internações e a umidade relativa média compensada (RT:0,97; IC95%:0,96 a 0,99) (Tabela 1).

O Gráfico 1 mostra que, ao longo dos anos, houve uma tendência geral de diminuição nas taxas de internações, desde o ano de 2000 até o ano de 2013. No entanto, durante esse período, ocorreram algumas elevações nas taxas em alguns anos em especial. Inicialmente ocorreu um decréscimo entre os anos de 2000 e 2004. A partir de então houve uma súbita elevação, até o ano de 2006, quando foram registradas as maiores taxas de internações por doenças diarreicas do período. Nos anos seguintes, as taxas caíram progressivamente até o ano de 2009, quando houve uma leve ascensão. A partir de então as taxas declinaram progressivamente até o ano de 2013, quando foram registradas as menores taxas de internações por doenças diarreicas infecciosas do período estudado.

A faixa etária com as maiores taxas de internações compreende a de crianças com menos de 1 ano de vida, seguida por crianças de 1 a 4 anos de idade. Altas taxas de internações foram também encontradas no grupo dos idosos, principalmente para aqueles com mais de 70 anos de idade (Gráfico 2).

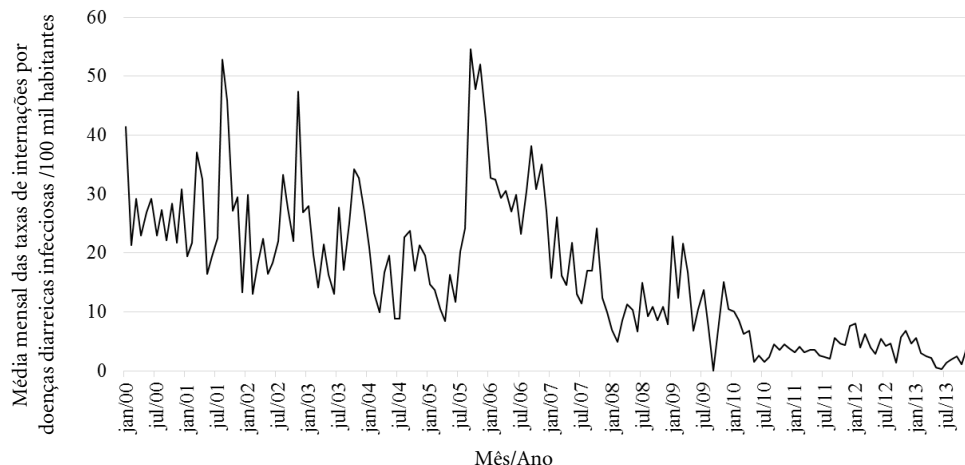
## Discussão

Segundo os resultados obtidos neste trabalho, há associação significativa entre as taxas de internações por doenças diarreicas e o nível do Rio Acre,

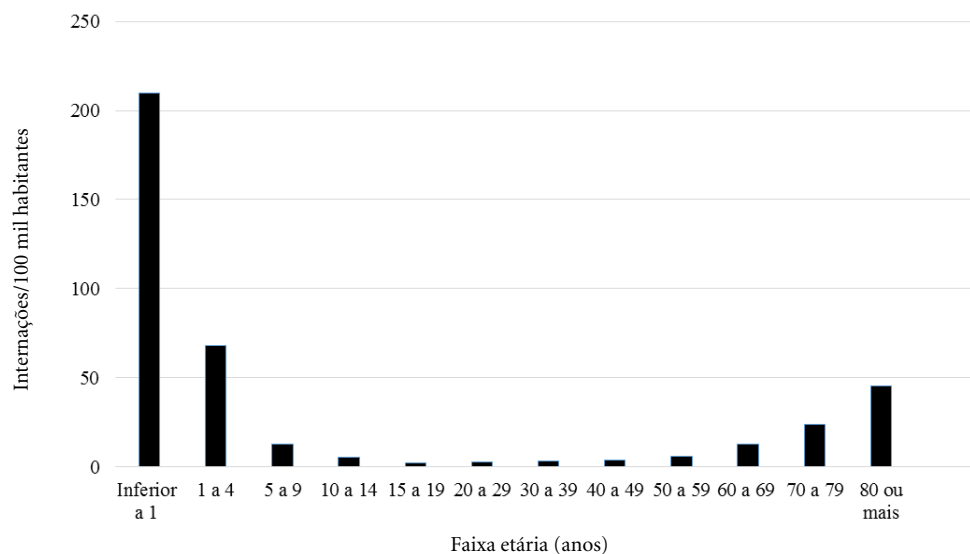
**Tabela 1.** Variáveis associadas com as taxas de internações por doenças diarreicas infecciosas.

Variável	RT (IC95%)	Modelo de regressão binomial negativa*	
		RT ajustada (IC95%)	p valor
Nível do rio (m)	1,07 (1,06 a 1,10)	1,07 (1,04 a 1,10)	< 0,001
Umidade relativa (%)	0,97 (0,96 a 0,98)	0,97 (0,96 a 0,99)	< 0,001
Ano	0,86 (0,86 a 0,87)	0,86 (0,85 a 0,87)	< 0,001
Faixa etária			
Inferior a 1	Referência	Referência	
1 a 4	0,32 (0,30 a 0,33)	0,33 (0,29 a 0,38)	< 0,001
5 a 9	0,06 (0,05 a 0,06)	0,07 (0,06 a 0,08)	< 0,001
10 a 14	0,02 (0,02 a 0,03)	0,04 (0,03 a 0,04)	< 0,001
15 a 19	0,01 (0,00 a 0,01)	0,01 (0,00 a 0,02)	< 0,001
20 a 29	0,01 (0,01 a 0,01)	0,02 (0,01 a 0,02)	< 0,001
30 a 39	0,01 (0,01 a 0,02)	0,02 (0,02 a 0,03)	< 0,001
40 a 49	0,01 (0,01 a 0,02)	0,02 (0,02 a 0,03)	< 0,001
50 a 59	0,03 (0,02 a 0,03)	0,04 (0,03 a 0,04)	< 0,001
60 a 69	0,06 (0,05 a 0,07)	0,08 (0,06 a 0,09)	< 0,001
70 a 79	0,12 (0,10 a 0,14)	0,14 (0,11 a 0,16)	< 0,001
Acima de 80	0,23 (0,20 a 0,26)	0,26 (0,20 a 0,30)	< 0,001

\* Alpha do modelo de regressão binomial negativa = 0,29 (IC95%: 0,25 – 0,33;  $p < 0,001$ ). Cada estimativa está ajustada pelas outras variáveis listadas na tabela.



**Gráfico 1.** Série temporal das taxas médias mensais de internações por doenças diarreicas infecciosas no período de 2000 a 2013, em Rio Branco/AC.



**Gráfico 2.** Taxas médias mensais de internações por doenças diarreicas infecciosas, por faixa etária, no período de 2000 a 2013, em Rio Branco/AC.

ano, umidade relativa média compensada e faixa etária. Para análises contendo esse tipo de dados, costuma-se utilizar, como padrão, a Regressão de Poisson<sup>33,36</sup>. No entanto, este modelo pressupõe a igualdade entre média e variância, fato que nem sempre ocorre em séries com superdispersão ou excesso de zeros. Nesses casos, a utilização da Regressão de Poisson pode levar a uma subestima-

ção dos erros-padrão dos coeficientes, intervalos de confiança muito estreitos e p-valores pequenos<sup>32,33</sup>. A distribuição binomial negativa possui uma modificação na função de variância que faz com que seu parâmetro de dispersão permita a acomodação de uma variação extra e isto permite contornar o problema<sup>33,34</sup>. Testado esse último modelo, o valor de alfa encontrado mostra que

existe uma superdispersão que deve ser levada em conta e, portanto, este foi o modelo analítico adotado nesta pesquisa<sup>33</sup>.

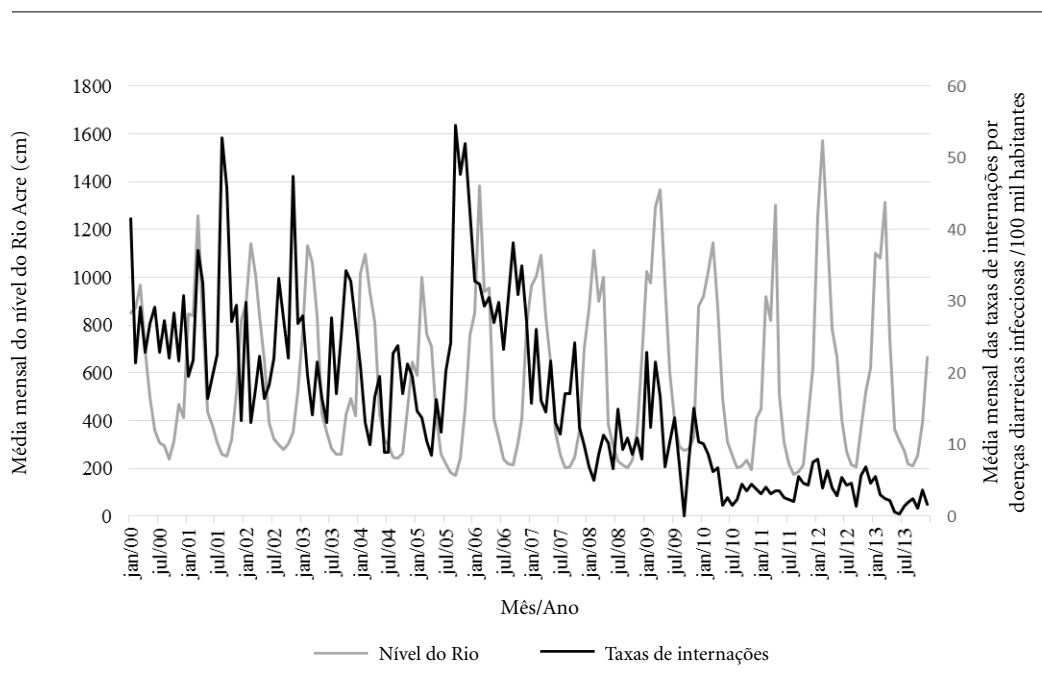
Os resultados alcançados com as análises deste estudo mostram pela primeira vez, neste município, como o nível do rio pode interferir nas taxas mensais de internações por doenças diarreicas infecciosas. O modelo mostra que o aumento de apenas 1 metro na média mensal do nível do Rio Acre pode contribuir para o aumento de até 7% nessas taxas. Essa variável pode se constituir em um indicador para a predição de tendências na ocorrência dessa doença neste município e nos demais municípios da região amazônica, pois apresentam características climáticas e ambientais semelhantes<sup>28</sup>. O Gráfico 3 mostra as séries temporais dessas variáveis durante o tempo do estudo.

Surtos de diarreia associados a eventos climáticos extremos têm ocorrido em todo o mundo, especialmente após episódios de enchentes e alagamentos<sup>9,28,36-41</sup>. Mas não se sabia, até então, o quanto esses fatores são capazes de contribuir, neste município, para a ocorrência de doenças diarreicas infecciosas com potencial para causar internação. Em Rio Branco essa situação torna-se

especialmente preocupante porque as cheias do Rio Acre ocorrem praticamente todos os anos, levam às inundações sazonais das áreas de várzea características da geografia amazônica e deixam boa parte da cidade alagada, o que pode contribuir para o aumento da transmissão e contágio por essas doenças<sup>24,42</sup>.

Em Rio Branco, as inundações do Rio Acre ocorrem quase sempre nos meses de fevereiro, março e abril, colocando milhares de famílias em situação de risco em várias cidades. Em 2006 foram cerca de 29.000 pessoas afetadas por uma das maiores enchentes desse rio. Em março de 2010 foram mais de 4.000 edificações atingidas, com mais de 350 famílias desalojadas e desabrigadas. Em 2012 foram mais de 6.000 indivíduos desabrigados, considerada a segunda maior inundação desde o início das medições do Rio Acre. Em 2015, a maior cheia já registrada na história do estado deixou mais de 9.000 pessoas desabrigadas<sup>28,42</sup>.

Durante as enchentes, a rede de distribuição de água para o consumo humano pode ficar afetada, comprometer o sistema de fornecimento para as casas e para os serviços de saúde resultando na falta de água potável ou ainda na



**Gráfico 3.** Série temporal das taxas médias mensais de internações por doenças diarreicas infecciosas em comparação com a série temporal das médias mensais do nível do Rio Acre, no período de 2000 a 2013, em Rio Branco/AC.

distribuição de água contaminada por agentes infecciosos<sup>36,38,43-47</sup>. Também pode ocorrer a contaminação de alimentos armazenados em casas ou mercados por agentes biológicos e por produtos químicos de origem industrial, comercial e/ou residencial. Nesses períodos, os demais serviços urbanos e de saneamento básico, como coleta de esgoto domiciliar e disposição de resíduos, também ficam afetados favorecendo condições para o aparecimento e dispersão das doenças<sup>28,38,47-50</sup>.

Outra consequência provocada pelas enchentes e alagamentos é a alteração nos ciclos de reprodução dos vetores, hospedeiros e reservatórios de doenças devido à proliferação de locais com águas residuais, lixo, e material em decomposição nas ruas, levando ao aumento na quantidade de mosquitos, moscas, ratos, e contaminação ambiental fecal por parasitas. Dessa forma aumentam as fontes de exposição ao risco de doenças, principalmente para os que se tornam desalojados ou desabrigados<sup>46,50-52</sup>.

O deslocamento massivo de populações, a aglomeração em abrigos e o processo acelerado e precário de urbanização, também criam condições para proliferação de doenças transmissíveis<sup>28</sup>. Quando esse processo tende a ocorrer sem um planejamento adequado, a construção de redes de abastecimento de água e de coleta de esgoto, por exemplo, ocorre como medida de adaptação e se desenvolve para o suprimento doméstico, mas estas melhorias são vulneráveis às mudanças ambientais devido à fácil contaminação e também pela insuficiência na capacidade de tratamento e distribuição de água<sup>8,15,22</sup>.

De fato, a intensa urbanização da região amazônica brasileira vem sendo pressionada nas últimas décadas pelo aumento da migração, o que tem agravado a situação de pobreza na região. Em Rio Branco, por exemplo, assim como nas demais cidades da região, são comuns os assentamentos urbanos em planícies de inundação dos rios, como resultado deste processo. A consequência é o aumento da população em condições de vulnerabilidade socioambiental e exposta aos diversos danos dos alagamentos<sup>15,22,24</sup>.

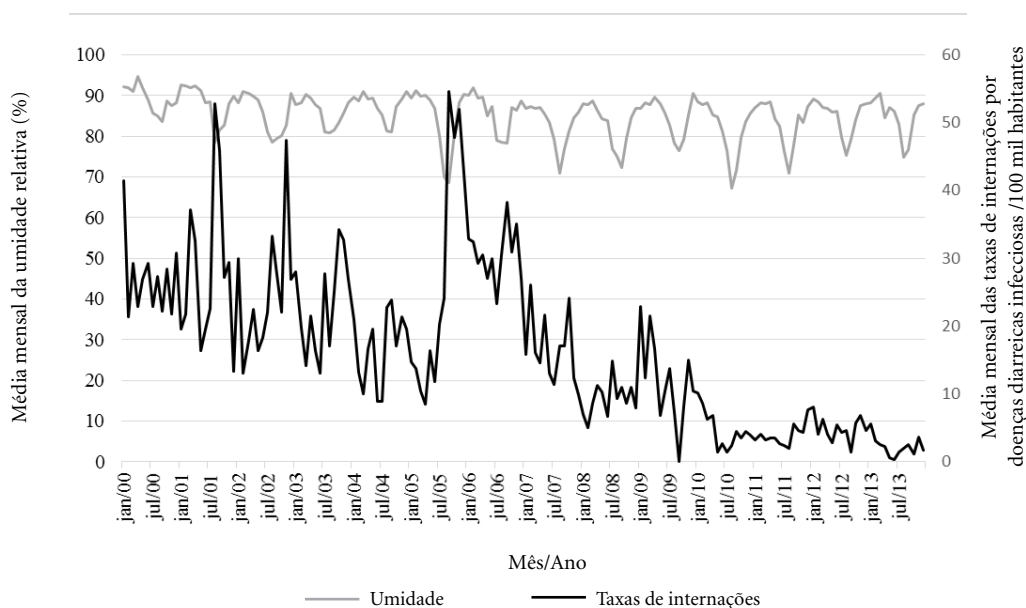
Situações ambientais como essas contribuíram também para a ocorrência de outras doenças na região, com destaque à dengue e à leptospirose, as quais têm envolvido um número crescente de vítimas na região, com sintomas cada vez mais graves<sup>1,29</sup>. No município de Rio Branco, neste mesmo período de tempo, foram notificados e confirmados mais de 80.000 casos de dengue pelo setor de Vigilância Epidemiológica da Secretaria Municipal de Saúde<sup>29</sup>. Além dessas, ou-

tras doenças, como as respiratórias, por exemplo, têm gerado crescente preocupação em nível local, por envolver principalmente as crianças, de forma parecida com o que acontece com as doenças diarreicas infecciosas<sup>1,15,29</sup>.

Além disso, com a perspectiva das mudanças climáticas globais, acredita-se que o risco de eventos extremos possa se tornar mais frequente no futuro. Os modelos climáticos projetados para a floresta amazônica apontam para grandes aumentos de temperatura, o que pode influenciar no regime de chuvas e na ocorrência de enchentes na região<sup>28,53,54</sup>. As grandes enchentes da Amazônia neste século foram resultado de chuvas extraordinariamente fortes na região Norte do Brasil e que estiveram, em geral, associadas às temperaturas mais altas que o normal na superfície do Oceano Atlântico Sul Tropical<sup>53-56</sup>.

Curiosamente, os resultados deste trabalho mostraram uma associação negativa, ainda que pequena, entre a média mensal da umidade relativa média compensada e as taxas de internações por doenças diarreicas infecciosas. Mas este resultado pode ter sido obtido em detrimento das particularidades do clima desta região, que é bastante quente e úmido. O menor valor para a média mensal da umidade relativa obtido na cidade durante o período de estudo foi de 67,25%, enquanto que o maior valor foi de 92,30%, o que reflete a alta umidade e também a pequena variação<sup>23</sup>. Dessa forma, períodos onde são observados acentuados aumentos ou diminuições nas taxas de internações por doenças diarreicas infecciosas não foram acompanhados por aumentos ou diminuições tão acentuadas da umidade relativa, a qual é medida em porcentagem (Gráfico 4). Sendo assim, essa variável não foi considerada adequada para este tipo de estudo.

Quanto ao comportamento das taxas de internações por doenças diarreicas ao longo do tempo neste município, o modelo estatístico mostrou uma tendência de diminuição, principalmente após o ano de 2006. Uma das principais explicações para este resultado refere-se à introdução da vacina contra o rotavírus no calendário de vacinação do SUS. Desde 2006, o Brasil imuniza as crianças, nos seus dois primeiros anos de vida, contra este patógeno, por meio de uma vacina oral atenuada<sup>5,9</sup>. Na literatura, o rotavírus tem sido destacado como um dos principais e mais prevalentes patógenos causadores de diarreia intensa com desidratação severa e necessidade de internação, após as enchentes<sup>5,38,39</sup>. Dessa forma, a imunização contra o rotavírus e a universalização da cobertura representaram contribuição impor-



**Gráfico 4.** Série temporal das taxas médias mensais de internações por doenças diarreicas infecciosas em comparação com a série temporal das médias mensais da umidade relativa, no período de 2000 a 2013, em Rio Branco/AC.

tante na redução das formas graves, no número de hospitalizações e no risco de morte por esta doença, como mostram alguns estudos realizados no Brasil e também em outros países<sup>3,5,9,57,58</sup>.

Outros fatores que contribuíram para este quadro incluem melhorias nas condições de saneamento, na qualidade da água, campanhas de incentivo ao aumento da duração de amamentação total e exclusiva, a redução na prevalência de desnutrição e a melhora no acesso à assistência à saúde com o aumento da cobertura da vacinação contra o sarampo e o uso de reidratação oral<sup>20,21,59</sup>. Tiveram também grande contribuição a expansão da Estratégia Saúde da Família (ESF) e a criação de programas sociais, como o “Bolsa Família” e o “Programa Mais Médicos” por exemplo, que contribuíram, nos últimos anos, para um aumento substancial do acesso à assistência primária à saúde e a qualidade de vida da população<sup>59-61</sup>.

No entanto, apesar dos avanços, as doenças diarreicas infecciosas continuam representando um grave problema de saúde pública no Brasil e gerando altas taxas de internações, principalmente em crianças menores de 1 ano, como mostram os resultados deste trabalho e de vários outros estudos<sup>2,8,61</sup>. Além disso, a diarreia infantil

apresenta-se como um agravo que mostra a iniquidade em saúde no território brasileiro. Os indicadores de saúde mostram as maiores taxas de morbimortalidade nas regiões Norte e Nordeste, as quais apresentam as piores condições de pobreza e de saneamento básico do Brasil<sup>2,8,61</sup>.

Também deve-se considerar o fato de que maiores informações sobre a distribuição destas doenças no País são escassas. Os Sistemas de Informações Hospitalares do SUS disponibilizam apenas dados de internações ou de mortalidade, ou seja, se restringem apenas aos casos mais graves de doenças diarreicas que levam à morte ou às internações hospitalares e não permitem distinguir se diferentes internações são do mesmo paciente ou de pacientes diferentes. Os casos novos não são devidamente registrados e disponibilizados, assim como os casos menos graves. Assim, podem existir vieses nos dados que podem levar a uma subestimação dos casos e ao desvio do foco do problema e das medidas que visem a sua prevenção, como a melhoria do saneamento básico, por exemplo<sup>62</sup>. Essa falta de informações constituiu-se em uma das principais limitações deste estudo.

Outras limitações compreendem o uso de dados secundários de saúde, os quais dependem de



registros e podem não reproduzir tão fielmente a realidade. Da mesma forma, o número de estações meteorológicas e a qualidade dos dados na região amazônica do País são bastante limitados<sup>28</sup>. Os resultados deste estudo, ao considerar dados de internações mensais referentes à população geral de todo o município de Rio Branco, sem considerar as maiores características desta população, como as socioeconômicas, por exemplo, e suas delimitações geográficas, não permite caracterizar os grupos populacionais mais vulneráveis às doenças diarreicas infecciosas.

No entanto, esse estudo forneceu informações sobre como e o quanto o clima pode influenciar na distribuição dessas doenças nesta região e permitiu a identificação de fatores que merecem uma investigação mais detalhada. A ampliação do conhecimento sobre a relação entre clima e saúde em nível regional é fundamental para que se possa implementar ações de precaução, prevenção e mitigação dos impactos, principalmente para a população mais exposta<sup>1,15</sup>. Um próximo passo seria estudar as áreas de vulnerabilidade socioambiental em associação com fatores socioeconômicos no município para que se possa identificar as diferentes realidades locais.

## Conclusão

Mesmo com a pronunciada redução no número de mortes e internações devido às doenças

diarreicas infecciosas nas últimas décadas, estas são ainda um grave problema de saúde pública no País, juntamente com as demais doenças infecciosas, principalmente porque o Brasil está passando por um processo rápido e precário de urbanização. A região amazônica brasileira apresenta um cenário típico e favorável para a permanência, expansão e distribuição dessas doenças. Avanços ocorreram em relação à cobertura de abastecimento de água e esgoto sanitário no País, no entanto, ainda se observam desigualdades relacionadas a esses serviços, mostrando a importância das doenças diarreicas no cenário epidemiológico brasileiro<sup>8</sup>. Além disso, por envolver principalmente as populações mais pobres, esta doença atrai muito menos atenção do que a maioria das outras doenças<sup>1,2</sup>.

Dessa forma, este estudo volta sua atenção para o impacto desses agravos nesta população e fornece um modelo onde o nível do Rio pode ser utilizado como um indicador para a predição de tendências na ocorrência de doenças diarreicas infecciosas com potencial para gerar internações. Este tipo de estudo é fundamental para aumentar o conhecimento sobre como o clima da região pode mudar e interferir na ocorrência dessas doenças, principalmente ao se considerar a região amazônica como de grande risco aos eventos climáticos extremos, vulnerável à ocorrência de enchentes, e onde as taxas de morbimortalidade por doenças diarreicas infecciosas encontram-se ainda bastante elevadas.

## Colaboradores

JL Duarte trabalhou na redação do artigo científico em todas as fases: idealização do estudo, coleta e análise dos dados, levantamento bibliográfico, discussão dos resultados e redação do trabalho. FA Diaz-Quijano contribuiu com a análise dos dados, com a discussão dos resultados e com a revisão final do artigo. AC Batista, e AF Duarte contribuíram com a idealização do trabalho, com a coleta dos dados e com a revisão final do artigo. LAK Melchior colaborou com o levantamento bibliográfico, com a discussão dos resultados e com a revisão final do artigo. LL Giatti trabalhou na orientação do trabalho desde a sua idealização até a sua revisão e aprovação final. Todos os autores aprovaram a versão final do artigo.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e à Secretaria Estadual de Saúde do Acre, pelo financiamento do doutorado Interinstitucional da Faculdade de Saúde Pública da USP com a Universidade Federal do Acre. À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio à produtividade em pesquisa.

## Referências

1. Barreto ML, Teixeira MG, Bastos FI, Ximenes RAA, Barata RB, Rodrigues LC. Successes and failures in the control of infectious diseases in Brazil: social and environmental context, policies, interventions, and research needs. *Lancet* 2011; 377(9780):1877-1889.
2. Bühler HF, Ignotti E, Neves SMAS, Hacon SS. Análise espacial de indicadores integrados determinantes da mortalidade por diarreia aguda em crianças menores de 1 ano em regiões geográficas. *Cien Saude Colet* 2014; 19(10):4131-4140.
3. Brandt KG, Antunes MMC, da Silva GAP. Acute diarrhea: evidence-based management. *J Pediatr* 2015; 91(6):36-43.
4. Moraes MB, Fagundes Neto U. Enteropatia ambiental. *Estudos avançados* 2003; 17(48):137-149.
5. Gouvea VS, Dias GS, Aguiar EA, Pedro AR, Fichman ER, Chinem ES, Gomes SP, Domingues ALS. Acute Gastroenteritis in a Pediatric Hospital in Rio de Janeiro in Pre- and Post-Rotavirus Vaccination Settings. *Open Virol J* 2009; (3):26-30.
6. Coimbra Júnior CEA. Saúde e povos indígenas no Brasil: reflexões a partir do I Inquérito Nacional de Saúde e Nutrição Indígena. *Cad Saude Publica* 2014; 30(4):855-859.
7. Castro EDR, Germini MCBY, Mascarenhas JDP, Gabbay YB, Lima ICG, Lobo PS, Fraga VD, Conceição LM, Machado RLD, Rossit ARB. Enteropathogens detected in a Daycare Center, Southeastern Brazil: bacteria, virus, and parasite research. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo* 2015; 57(1):27-32.
8. Oliveira AF, Leite IC, Valente JG. Carga Global das doenças diarreicas atribuíveis ao sistema de abastecimento de água e saneamento em Minas Gerais, Brasil, 2005. *Cien Saude Colet* 2015; 20(4):1027-1036.
9. Meneguessi GM, Mossri RM, Segatto TCV, Reis PO. Morbimortalidade por doenças diarreicas agudas em crianças menores de 10 anos no Distrito Federal, Brasil, 2003 a 2012. *Epidemiol Serv. Saúde* 2015; 24(3):721-730.
10. Rufino R, Gracie R, Sena A, Freitas CM, Barcellos C. Surtos de diarreia na região Nordeste do Brasil em 2013, segundo a mídia e sistemas de informação de saúde – Vigilância de situações climáticas de risco e emergências em saúde. *Cien Saude Colet* 2016; 21(3):777-788.
11. Duarte AF, Mascarenhas MDM. Manifestações do bioclima do Acre sobre a saúde humana no contexto socioeconômico da Amazônia. *Amazônia Ciência e Desenvolvimento* 2007; 3:5.
12. Barcellos C, Monteiro AMV, Corvalán C, Gurgel HC, Carvalho MS, Artaxo P, Hacon S, Ragoni V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: Cenários e incertezas para o Brasil. *Série Saúde ambiental I*; Brasília; 2008.
13. Victora CG. Diarrhea mortality: what can the world learn from Brazil? *J Pediatr (Rio J)* 2009; 85(1):3-5.
14. Duarte AF. As chuvas e as vazões na bacia hidrográfica do rio Acre, Amazônia Ocidental: Caracterização e implicações socioeconômicas e ambientais. *Amazônia Ciência e desenvolvimento* 2011; 6(12):161-183.

15. World Health Organization (WHO). Atlas of Health and Climate. 2012. [acessado 2013 Nov 2]. Disponível em: <http://www.who.int/globalchange/publications/atlas/report/en/>
16. Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, Foley JA. Nature Impact of regional climate change on human health. *Nature* 2005; 438:310-317.
17. Haines A, Kovats RS, Campbell-Lendrum D, Corvalan C. Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health. *Public Health* 2006; 120(7):585-596.
18. McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S. Climate change and human health: present and future risks. *Lancet* 2006; 367(9513):859-869.
19. Confalonieri, UEC. Mudança climática global e saúde humana no Brasil. *Parcerias Estratégicas* 2008; 27.
20. Cartier R, Barcellos C, Hübner C, Porto MF. Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. *Cad Saude Publica* 2009; 25(12):2695-2704.
21. Freitas CM, Giatti LL. Environmental sustainability and health indicators in the Legal Amazonia, Brazil. *Cad Saude Publica* 2009; 25(6):1251-1266.
22. Silva DX, Barcellos C, Bacuri R. Vulnerabilidade e efeitos das mudanças climáticas na saúde pública em Manaus; 2010. [acessado 2014 Out 15]. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/267756918\\_Natural\\_disasters\\_and\\_health\\_An\\_analysis\\_of\\_the\\_situation\\_in\\_Brazil.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/publication/267756918_Natural_disasters_and_health_An_analysis_of_the_situation_in_Brazil/fulltext/55ee3e0908aedecb68fc823f/267756918_Natural_disasters_and_health_An_analysis_of_the_situation_in_Brazil.pdf?origin=publication_detail)
23. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). *Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa*. [acessado 2014 Fev 13]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>
24. Duarte AF. A vulnerabilidade social como causa fundamental das alagações recorrentes no estado do Acre, Amazônia Ocidental. 2015. [acessado 2014 Fev 13]. Disponível em: <http://www.acrebioclima.net/p19upb1cbga5d1l610k3p3n7rn5.pdf>
25. Trata Brasil. 2014. [acessado 2017 Jan 19]. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/tabela-100-cidades2014.pdf>
26. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Censo Demográfico 2010. Resultados Preliminares do Universo*. Rio de Janeiro: IBGE; 2010. [acessado 2014 Set 17]. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados\\_preliminares\\_amostra/notas\\_resultados\\_preliminares\\_amostra.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_preliminares_amostra/notas_resultados_preliminares_amostra.pdf)
27. Paim J, Travassos C, Almeida C, Bahia L, Macinko J. O sistema de saúde brasileiro: história, avanços e desafios. *Lancet* 2011; 1:11-31.
28. Fonseca PAM, Hacon SS, Reis VL, Costa D, Brown IF. Using satellite data to study the relationship between rainfall and diarrheal diseases in a Southwestern Amazon basin. *Cien Saude Colet* 2016; 21(3):731-742.
29. Departamento de Informática do SUS. *Sistema de Informações Hospitalares*. [acessado 2014 Abr 4]. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203&id=6926>
30. Agência Nacional das Águas (ANA). *Sistema de informações hidrológicas*. [acessado 2014 Mar 18]. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>
31. StataCorp. *Stata Statistical Software: Release 13*. College Station: StataCorp LP; 2013.
32. Khan A, Ullah S, Nitz J. Statistical modelling of falls count data with excess zeros. *Injury Prevention* 2011; 17(4):266-270.
33. Fávero LP. *Análise de dados*. Rio de Janeiro: Elsevier; 2015.
34. Lee Y, Nelder JA. Hierarchical generalized linear models: a synthesis of generalized linear models, random-effect models and structured dispersions. *Biometrika* 2001; 88:987-1006.
35. Cameron AC, Trivedi PK. *Microeconometrics using Stata Revised edition*. College Station: Stata Press; 2009.
36. Davies GI, McIver L, Kim Y, Hashizume M, Iddings S, Chan V. Water-Borne Diseases and Extreme Weather Events in Cambodia: Review of Impacts and Implications of Climate Change. *Int. J. Environ Res. Public Health* 2015; 12(1):191-213.
37. Harris AM, Chowdhury F, Begum YA, Khan AI, Faruque ASG, Svennerholm AM, Harris JB, Ryan ET, Cravioto A, Calderwood SB, Qadri F. Shifting Prevalence of Major Diarrheal Pathogens in Patients Seeking Hospital Care during Floods in 1998, 2004, and 2007 in Dhaka, Bangladesh. *Am J. Trop. Med. Hyg* 2008; 79(5):708-714.
38. Ding G, Zhang Y, Gao L, Ma W, Li X, Liu J, Liu Q, Jiang B. Quantitative Analysis of Burden of Infectious Diarrhea Associated with Floods in Northwest of Anhui Province, China: A Mixed Method Evaluation. *PLoS One* 2013; 8(6):1-9.
39. Jones FK, Ko AI, Becha C, Joshua C, Musto J, Thomas S, Ronsse A, Kirkwood CD, Sio A, Aumua A, Nilles EJ. Increased Rotavirus Prevalence in Diarrheal Outbreak Precipitated by Localized Flooding, Solomon Islands, 2014. *Emerging Infectious Diseases* 2016; 22(5):875-879.
40. Wakuma Abaya S, Mandere N, Ewald G. Floods and health in Gambella region, Ethiopia: a qualitative assessment of the strengths and weaknesses of coping mechanisms. *Glob Health Action* 2009; 2:1-10.
41. Bokhari H, Shah MA, Asad S, Akhtar S, Akram M, Wren BW. Escherichia coli Pathotypes in Pakistan from Consecutive Floods in 2010 and 2011. *Am. J. Trop. Med. Hyg* 2013; 88(3):519-525.
42. Agência Nacional das Águas (ANA). *Sistema de informações hidrológicas*. [acessado 2015 Maio 5]. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>
43. D'Aguila PS, Roque OCC, Miranda CAS, Ferreira AP. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. *Cad Saude Publica* 2000; 16(3):791-798.
44. Noji EK. The Public Health Consequences of Disaster. *Prehosp Disaster Med* 2000; 15(4):147-157.
45. Euripidou E, Murray V. Public health impacts of floods and chemical contamination. *J Public Health (Oxf)* 2004; 26(4):376-383.

46. Freitas CM, Ximenes EF. Floods and public health: a review of the recent scientific literature on the causes, consequences and responses to prevention and mitigation. *Cien Saude Colet* 2012; 17(6):1601-1615.
47. Oliveira BSS, Cunha AC. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. *Ambiente & Água* 2014; 9(2):261-275.
48. Ivers LC, Ryan ET. Infectious diseases of severe weather-related and flood-related natural disasters. *Current Opinion in Infectious Disease* 2006; 19(5):408-414.
49. George P. Health impacts of floods. *Prehosp Disaster Med.* 2011; 26(2):137.
50. Taylor J, Lai KM, Davies M, Clifton D, Ridley I, Bidulph P. Flood management: prediction of microbial contamination in large-scale floods in urban environments. *Environ Int.* 2011; 37(5):1019-1029.
51. Kunii O, Nakamura S, Abdur R, Wakai S. The impact on health and risk factors of the diarrhoea epidemics in the 1998 Bangladesh floods. *Public Health* 2002; 116(2):68-74.
52. Du W, FitzGerald GJ, Clark M, Hou XY. Health impacts of floods. *Prehosp Disaster Med.* 2010; 25(3):265-272.
53. Marengo JA, Borma LS, Rodriguez DA, Pinho P, Soares WR, Alves LM. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. *Am J. Clim Change* 2013; 2:87-96.
54. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). [acessado 2015 Abr 14]. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>
55. Fonseca PAM, Veiga JP, Correia FS, Brito A, Queiroz M, Lyra A, Chan SC. Projecting Extreme Changes in Summer Rainfall in South America by the Middle of the 21st Century. *Atmos Clim. Sci.* 2014; 4(4):743-756.
56. Valverde MC, Marengo JA. Extreme Rainfall Indices in the Hydrographic Basins of Brazil. *Open Journal of Modern Hydrology* 2014; 4(1):10-26.
57. Guevara JN, López O, González G. Impacto de la introducción de la vacuna contra el rotavirus en la hospitalización por gastroenteritis aguda grave en el Hospital del Niño de la Ciudad de Panamá. *Am J Public Health* 2008; 24(3):189-194.
58. Masukawa MLT, Moriwaki AM, Uchimura NS, Souza EM, Uchimura TT. Intervention analysis of introduction of rotavirus vaccine on hospital admissions rates due to acute diarrhea. *Cad Saude Publica* 2014; 30(10):2101-2111.
59. Santos FS, Santos LH, Saldan PC, Santos FCS, Leite AM, Mello DF. Aleitamento materno e diarreia aguda entre crianças cadastradas na Estratégia Saúde da Família. *Texto Contexto Enferm.* 2016; 25(1):1-8.
60. Soares, SSD. Bolsa Família, its design, its impacts and possibilities for the future. *International Policy Centre for Inclusive Growth* 2012; 89.
61. Gonçalves RF, Sousa IMC, Tanaka OU, Santos CR, Brito-Silva K, Santos LX, Bezerra AFB. Programa Mais Médicos no Nordeste: avaliação das internações por condições sensíveis à Atenção Primária à Saúde. *Cien Saude Colet* 2016; 21(9):2815-2824.
62. Barreto ML, Genser B, Strina A, Teixeira MG, Assis AMO, Rego RF, Teles CA, Prado MS, Matos SMA, Santos DN, Santos LA, Cairncross S. Effect of city-wide sanitation programme on reduction in rate of childhood diarrhoea in northeast Brazil: assessment by two cohort studies. *Lancet* 2007; 370(9599):1622-1628.

Artigo apresentado em 26/10/2016

Aprovado em 27/10/2017

Versão final apresentada em 29/10/2017