



REVISÃO INTEGRATIVA: RETRATO DA PRESENÇA DE *Cryptosporidium* spp. EM HUMANOS E ÁGUAS DO BRASIL

Integrative Review: Portrait of the presence of Cryptosporidium spp. in humans and Brazilian waters

Gabriel Lucas de Castro Cunha¹
Ana Livia Sales da Silva²
Luane Oliveira Araújo³
Natália Lopes de Freitas⁴
Caroline Araújo⁵
Adriane Torquati⁶
Fabiana Brandão⁷

RESUMO

Objetivo: Analisar a ocorrência de *Cryptosporidium* spp. em águas residuais no Brasil, bem como a prevalência em grupos de risco, na última década. **Método:** Trata-se de revisão integrativa, empregando os descritores DeCs: *Cryptosporidiosis, Brazil, Adult, Children,*

¹Graduando do curso de Farmácia pela Universidade de Brasília (UnB). Faculdade de Saúde, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, 70910-900, Brasil. Gabriellucas.luke@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1968-0029>.

²Graduanda do curso de Farmácia pela Universidade de Brasília (UnB). Faculdade de Saúde, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, 70910-900, Brasil. analiviasales100@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5157-4168>.

³Graduanda do curso de Farmácia pela Universidade de Brasília (UnB). Faculdade de Saúde, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, 70910-900, Brasil. araujoluane198@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4826-7236>.

⁴Bacharel em Farmácia pela Universidade de Brasília (UnB). Faculdade de Saúde, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, 70910-900, Brasil. natalialopes.nlf@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-4814-7736>.

⁵Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas (PPGCF) da Universidade de Brasília (UnB). Faculdade de Saúde, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, 70910-900, Brasil. araujo.cp@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9030-2277>.

⁶Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas (PPGCF) da Universidade de Brasília (UnB). Faculdade de Saúde, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, 70910-900, Brasil. drixadrianetorquati@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7517-7271>.

⁷Pós-doutora, professora Adjunto do Departamento de Farmácia da Universidade de Brasília (UnB). Laboratório de Análises Clínicas, Departamento de Farmácia, Faculdade de Saúde, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, 70910-900, Brasil. fabianabrandao@unb.br; <https://orcid.org/0000-0001-8358-8062>.

Recebido em

19/01/2022

Aceito em

01/04/2022

Publicado em

08/04/2022

Water, Food, Prevalence e Epidemiology, na base de dados *PubMed*, com recorte temporal entre janeiro de 2010 a setembro de 2021. **Resultados:** 26 artigos foram inicialmente encontrados na base de dados *PubMed*, dentre esses, 11 foram incluídos seguindo critérios PRISMA, e 15 foram excluídos por não se adequarem ao escopo proposto para o presente trabalho. **Discussão:** A análise dos estudos evidenciou altas taxas de criptosporidiose em crianças socioeconomicamente desfavorecidas e em pacientes imunodeprimidos. Ademais, os estudos em estações de tratamento evidenciaram baixa prevalência de *Cryptosporidium* spp. nas águas destinadas a reuso. **Considerações finais:** A constatação de elevada prevalência de *Cryptosporidium* spp. em populações de baixa renda reitera a problemática da criptosporidiose enquanto doença tropical negligenciada. A falta de dados de qualidade microbiana para água de reuso e de utilização direta por áreas rurais ainda inviabiliza inquéritos neste contexto. Por fim, há limitados estudos que tratem de inquéritos epidemiológicos da criptosporidiose no Brasil, dificultando um recorte próximo da realidade acerca da prevalência desta parasitose.

Palavras chaves: Criptosporidiose; Brasil; Adulto; Crianças; Água.

ABSTRACT

Objective: To analyze the *Cryptosporidium* spp. occurrence in wastewater in Brazil, and the prevalence in risk groups in the last decade. **Methods:** This is an integrative review applying the DeCs descriptors: Cryptosporidiosis, Brazil, Adult, Children, Water, Food, Prevalence, and Epidemiology, in the PubMed database, with a time frame between January 2010 and September 2021. **Results:** Twenty-six articles were initially found in the PubMed database, among which eleven were included according to PRISMA standards, and fifteen were excluded because they did not fit the scope proposed for the present work. **Discussion:** The analysis of the studies showed high rates of cryptosporidiosis in socioeconomically disadvantaged children and in immunosuppressed patients. Furthermore, studies in treatment plants showed a low prevalence of *Cryptosporidium* spp. in water intended for reuse. **Final considerations:** The finding of a high prevalence of *Cryptosporidium* spp. in low-income populations reiterates the problem of cryptosporidiosis as a neglected tropical disease. The lack of microbial quality data for reused water and water for direct use by rural areas still makes investigations in this context unfeasible. Finally, there are limited studies dealing with epidemiological surveys of

cryptosporidiosis in Brazil, making it difficult to obtain a close-to-reality approach to the prevalence of this parasitosis.

Keywords: Cryptosporidiosis; Brazil; Adult; Kids; Water.

INTRODUÇÃO

A criptosporidiose é uma doença gastrointestinal provocada pelo parasito *Cryptosporidium* spp., pertencente ao filo Apicomplexa e à família Cryptosporididae¹. A principal característica clínica dessa doença é o quadro diarreico agudo provocado principalmente em crianças e pacientes imunocomprometidos, todavia, pacientes imunocompetentes e animais também são frequentemente afetados^{1,2}.

As espécies de *Cryptosporidium* spp. mais frequentemente associadas a doenças em humanos são *Cryptosporidium parvum* e *Cryptosporidium hominis* (antigo genótipo 1 do *Cryptosporidium parvum*)^{3,4,5}. De acordo com a literatura científica, a transmissão do *Cryptosporidium* spp. ocorre, principalmente, pela água e por alimentos contaminados com oocistos deste protozoário^{6,7}.

O *Cryptosporidium* spp. possui ciclo de vida monóxeno, ou seja, realiza seu ciclo biológico em um único hospedeiro com a produção de cistos e oocistos que são, posteriormente, excretados pelas fezes^{8,9,10}. Assim, a via de transmissão fecal-oral propicia a infecção de humanos por diferentes veículos contaminados por fezes de animais e humanos, sendo o principal veículo a água^{11,12}.

A Criptosporidiose é considerada umas das infecções transmitidas pela água mais comuns em todo o mundo^{8,13}. É essencial pontuar que as infecções por *Cryptosporidium* spp. estão predominantemente associadas a condições de saúde precárias^{14,7}. Nas áreas rurais, por exemplo, cerca de 70% das famílias consomem água de fontes alternativas, com potabilidade não monitorada¹⁵. Estima-se que um terço da população mundial abrigue infecções parasitárias intestinais¹⁶. Particularmente, a criptosporidiose tem uma alta prevalência entre os protozoários intestinais^{17,18,19}.

O objetivo deste trabalho é realizar o levantamento e a análise de estudos envolvendo a presença do protozoário *Cryptosporidium* spp. em fezes humanas, na água e em alimentos na última década. Desta forma, busca-se com este trabalho acadêmico contribuir para um

levantamento teórico adequado relacionado à prevalência de *Cryptosporidium* spp. em humanos e na água do Brasil, através da compilação e análise de estudos realizados ao longo dos últimos anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão integrativa, baseada em critérios de seleção e inclusão do método PRISMA. Para a coleta dos dados foi consultada a base de dados médicos internacionais, *PubMed*. Os descritores empregados foram: *Cryptosporidiosis*, *Brazil*, *Adult*, *Children*, *Water*, *Food*, *Prevalence* e *Epidemiology*. A seleção dos descritores foi realizada com base no objetivo proposto para este artigo e nos descritores DeCs presentes na base de dados *PubMed*.

Os critérios de inclusão estabelecidos foram: infecção por *Cryptosporidium* spp. em humanos e artigos que tratassem da presença de oocistos em água, no recorte temporal de janeiro de 2010 até dezembro de 2021 e nos idiomas inglês e português.

A inclusão e exclusão de artigos foi realizada de forma independente por cada um dos pesquisadores, levando em consideração os aspectos previamente estabelecidos. Realizou-se nesta etapa a leitura do título e do resumo de cada um dos artigos encontrados anteriormente na base de dados *PubMed*. Em seguida, os artigos selecionados foram lidos na íntegra, debatidos entre os pesquisadores e seus dados foram sintetizados e apresentados no presente artigo.

RESULTADOS

Inicialmente, foram encontrados 26 artigos na base de dados *PubMed* a partir dos descritores e do recorte temporal, no entanto, após análise, 11 artigos foram selecionados conforme os critérios de inclusão (**Figura 1**). Para melhor compreensão, os resultados foram separados em dois grandes tópicos, sendo o primeiro relativo aos estudos em humanos (**Tabela 1**) e o segundo referente aos estudos conduzidos a partir de amostras de água (**Tabela 2**). Além disso, os estudos de Toledo *et al.* (2017) e de Branco *et al.* (2012) foram incluídos em ambos os tópicos por apresentarem dados coletados de humanos e dados de corpos d' água utilizados para consumo.

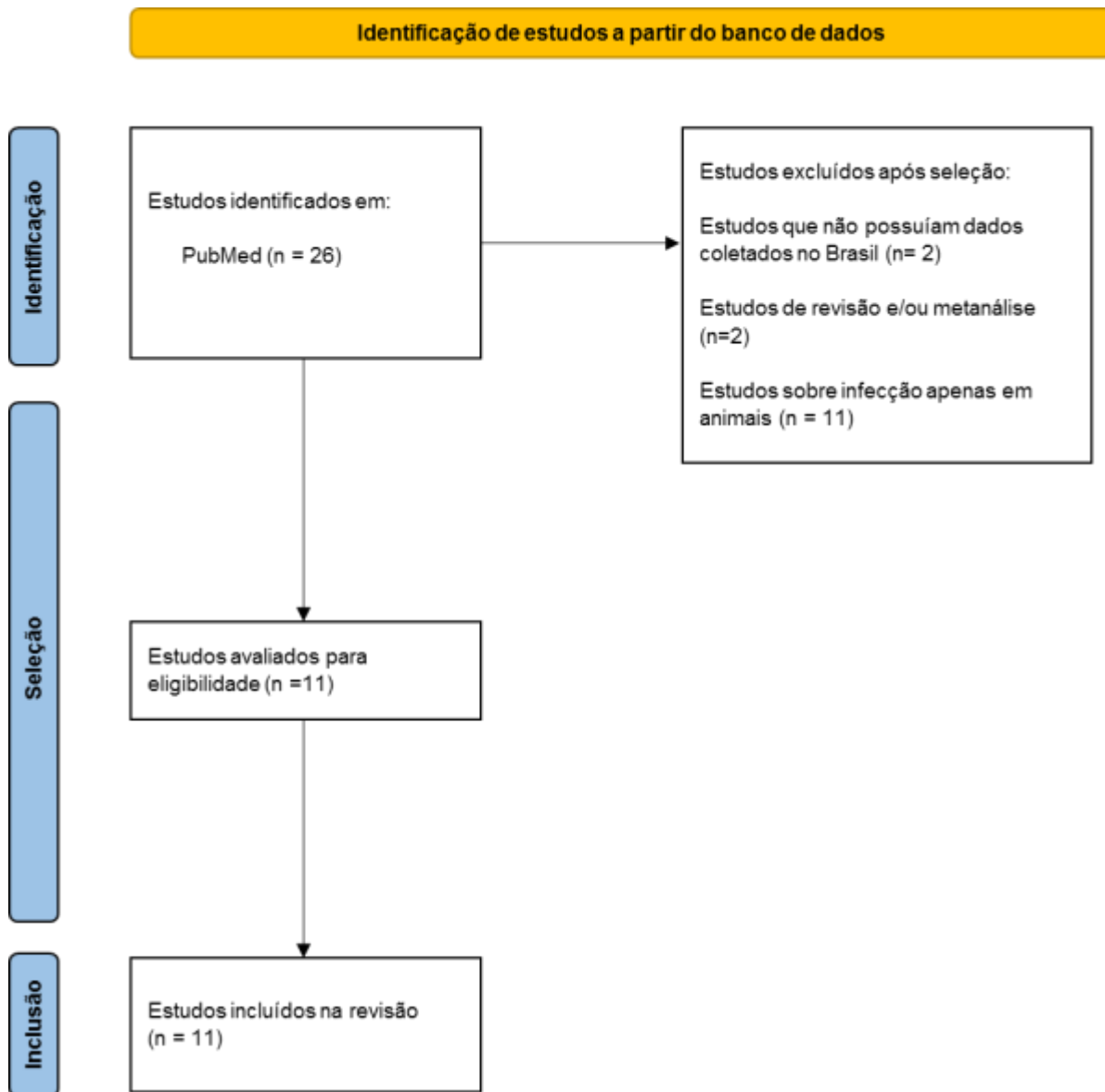


Figura 1: Fluxograma, adaptado do modelo PRISMA, contendo as etapas de identificação, seleção e inclusão dos artigos utilizados na revisão bibliográfica.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados das pesquisas conduzidas em humanos apontam para uma taxa de exames de fezes positivos para *Cryptosporidium* spp. variando de 0,0% a 61% nas populações testadas (**Tabela 1**). Dos quais, o estudo que encontrou a maior taxa de positivos para criptosporidiose foi o de Korpe *et al.* (2018)²¹.

Tabela 1: Artigos que realizaram pesquisa de *Cryptosporidium* spp. em humanos.

Título do artigo	Local e período da coleta	Incidência dos estudos	Teste/técnica para identificação do parasito	Referências
Enteric parasitic infections in children and dogs in resource-poor communities in northeastern Brazil: Identifying priority prevention and control areas.	Bahia Mar-Nov de 2016.	Nº de indivíduos testados: 193 crianças Taxa de testes positivos para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 7,7% (IC95% = 4.4 – 12.5)	Coloração por técnica ziehl-neelsen modificada seguido por análise microscópica	Harvey <i>et al.</i> , 2020
Epidemiology and Risk Factors for Cryptosporidiosis in Children From 8 Low-income Sites: Results From the MAL-ED Study.	Ceará Nov-2009 a Fev-2014	Nº de indivíduos testados: 84 crianças acompanhadas pelos 2 primeiros anos de vida Taxa de testes positivos para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 61%	Identificação por Imunoensaio	Korpe <i>et al.</i> , 2018
<i>Cryptosporidium</i> spp. and <i>Giardia</i> spp. in feces and water and the associated exposure factors on dairy farms.	Paraná 2012-2014	Nº de indivíduos testados: 83 adultos Taxa de testes positivos para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 0%	Método modificado de coloração Ziehl-Neelsen e flutuação seguida por microscopia óptica	Toledo <i>et al.</i> , 2017
Genetic diversity of <i>Cryptosporidium</i> identified in clinical samples from cities in Brazil and Argentina.	Rio de Janeiro 2009-2013	Nº de indivíduos testados: 82 adultos e 7 crianças Taxa de testes positivos para <i>Cryptosporidium</i> spp.: Microscopia - 19,1%	Método 1: Coloração modificada de ácido Kinyoun seguida por microscopia óptica Método 2: Ensaio 18S	Peralta <i>et al.</i> , 2016

		TaqMan – 25,8%	rRNA TaqMan	
Prevalence and genetic characterization of <i>Cryptosporidium</i> spp. and <i>Cystoisospora belli</i> in HIV-infected patients	Minas Gerais Jan-Ago de 2005	Nº de indivíduos testados: 59 adultos Taxa de testes positivos para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 10,1%	Método formol-éter ²⁴ e técnica de coloração modificada Ziehl-Neelsen Caracterização genética por PCR-RFLP	Assis <i>et al.</i> , 2013
Detection and differentiation of <i>Cryptosporidium</i> by real-time polymerase chain reaction in stool samples from patients in Rio de Janeiro, Brazil	Rio de Janeiro 1999-2010	Nº de amostras testadas: 1,197 espécimes fecais de crianças e 10 de pacientes com HIV Taxa de testes positivos para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 3,17% para crianças e 100% para pacientes HIV positivo.	Técnica modificada de coloração rápida de ácido Kinyoun	Rolando <i>et al.</i> , 2012
A parasitological survey of natural water springs and inhabitants of a tourist city in southeastern Brazil	São Paulo Jun-2003 a Maio-2004	Nº de indivíduos testados: 185 pessoas entre 0 e 71 anos Taxa de testes positivos para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 8,1%	Análise microscópica para a presença de parasitas usando o método Kato-Katz e a coloração de Ziehl-Neelsen modificada de acordo com Henriksen e Pohlenz (1981)	Branco <i>et al.</i> , 2012

Fonte: Elaborada pelos autores

Já para os estudos com enfoque na presença de oocistos em águas, os achados obtidos nos estudos das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) (**Tabela 2**), demonstram porcentagens variáveis de incidência de oocistos nas amostras coletadas.

Tabela 2: Artigos que realizaram pesquisa de *Cryptosporidium* spp. em águas residuais.

Título do Artigo	Local e período da coleta	Incidência dos estudos	Teste/técnica para identificação do parasito	Referências
<i>Cryptosporidium</i> and <i>Giardia</i> in urban wastewater: A challenge to overcome.	2 Estações de Tratamento de Água do estado de São Paulo 2016-2017	Nº de amostras coletadas: 53 amostras contendo 30 L Amostras positiva para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 25% (7 /28) com concentrações na faixa %de <DL a 25,8 oocistos / L para a ETAR A e para a ETAR B presença de 36% (9/25) com concentrações variando de <DL a 2,3 oocistos / L.	Método USEPA 1693/2014.	Razzolini <i>et al.</i> , 2020
<i>Cryptosporidium</i> spp. and <i>Giardia</i> spp. in feces and water and the associated exposure factors on dairy farms.	Pequenas fazendas leiteiras nas cidades de Campo Mourão e Araruna, Centro-oeste do Paraná 2012-2014	Nº de amostras coletadas: 31 amostras Amostras positiva para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 12 % (4/31) amostras de água foram positivas.	Microscopia e imunofluorescência direta.	Toledo <i>et al.</i> , 2017

<p>Wastewater treatment performance in microbiological removal and (oo)cyst viability assessed comparatively to fluorescence decay.</p>	<p>ETAR-Limeira São Paulo 2019</p>	<p>Nº de amostras coletadas: 20 análises de 5 pontos diferentes</p> <p>Amostras positiva para <i>Cryptosporidium</i> spp.: A porcentagem de oocistos viáveis variou de 56% a 94% (19/20). A prevalência de infecção estimada para a população atendida pela ETAR foi entre 0,055% e 0,11% para criptosporidiose.</p>	<p>Método USEPA 1623.1</p>	<p>Medeiros <i>et al.</i>, 2020</p>
<p>Occurrence and removal of <i>Giardia</i> spp. cysts and <i>Cryptosporidium</i> spp. oocysts from a municipal wastewater treatment plant in Brazil</p>	<p>ETAR São Carlos São Paulo Não informado</p>	<p>Nº de amostras coletadas: 41 amostras de 5 pontos diferentes</p> <p>Amostras positiva para <i>Cryptosporidium</i> spp.: A porcentagem de oocistos variou de 44,4 % a 75% (18/41)</p>	<p>Método USEPA 1623.1</p>	<p>Santos e Daniel, 2017</p>

Assessing the infection risk of <i>Giardia</i> and <i>Cryptosporidium</i> in public drinking water delivered by surface water systems in Sao Paulo State, Brazil	Áreas de captação de água no estado de São Paulo Não informado	Nº de amostras coletadas: 206 amostras de 28 pontos diferentes Amostras positiva para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 0,1 oocisto/L e 6 oocistos/L em 9,2 % das amostras	Imunofluorescência e método USEPA 1623.1	Sato <i>et al.</i> , 2013
A parasitological survey of natural water springs and inhabitants of a tourist city in southeastern Brazil	Principais nascentes de Campos do Jordão São Paulo Jun-2003 a Maio-2004	Nº de amostras coletadas: 20 L de 12 pontos diferentes Amostras positiva para <i>Cryptosporidium</i> spp.: 25,0% (3/12) com concentrações médias variando de 0,2 a 0,3	Filtração por membrana/ ensaio de imunofluorescência	Branco <i>et al.</i> , 2012

Fonte: Elaborada pelos autores.

DISCUSSÃO

As pesquisas em animais, apesar de importantes já que há risco de contaminação cruzada entre fezes de animais e humanos, são mais relevantes do ponto de vista pecuário e contribuem em menor proporção para a caracterização epidemiológica da criptosporidiose na espécie humana. Contudo, não foram encontrados dados de letalidade recentes de criptosporidiose nas populações humanas, possivelmente pela característica de ser uma doença negligenciada. Deste modo, é evidente a necessidade de inquéritos epidemiológicos que envolvam tanto aspectos de prevalência quanto aspectos de letalidade.

Os achados desta revisão trazem uma importante correlação entre a criptosporidiose e a pobreza, uma vez que indivíduos em situação de pobreza, em geral, não possuem acesso adequado à água tratada e saneamento básico^{20,21,22}. Esta relação é observada também em outras doenças parasitárias que afetam a população mundial, e demonstram uma necessidade de atenção às populações carentes e direcionamento para estas de ações voltadas à prevenção e

tratamento de infecções por *Cryptosporidium* spp. e outros parasitos. Esses dados corroboram com a classificação da criptosporidiose como uma doença parasitária negligenciada que poderia ter sua prevalência diminuída ou mesmo erradicada caso houvesse investimento diretamente relacionado a seu controle, combate e prevenção^{21,23}.

A técnica empregada para detecção de *Cryptosporidium* spp. na maioria dos estudos foi a observação direta de oocistos por microscopia óptica. As colorações foram, predominantemente, realizadas pela técnica *Ziehl-neelsen* modificada. Todavia, os estudos de Peralta *et al.* (2016)²⁴ e Assis *et al.* (2013)²⁵ empregaram a técnica de coloração modificada de ácido Kinyoun^{24,25}. Apenas no estudo de Korpe *et al.* (2018)²¹ foi feita a testagem por imunoenensaio²¹.

Os estudos de Korpe *et al.* (2018)²¹ e Harvey *et al.* (2020)²⁰ foram conduzidos em populações socioeconomicamente desfavorecidas, sem acesso à água tratada e esgoto. Estes estudos evidenciaram prevalência acima de 7% nas respectivas populações estudadas^{20,21}. Ressalta-se, entretanto, que os estudos de Harvey *et al.* (2020)²⁰ e Branco *et al.* (2012)²² não foi limitado à pesquisa de *Cryptosporidium* spp. e encontrou alta prevalência de helmintos e outros protozoários intestinais em suas amostras^{20,24}. Dentre os protozoários patogênicos pesquisados no artigo, *Cryptosporidium* spp. foi o mais prevalente, com taxa de 8,1% de amostras positivas²⁴.

A maior taxa (61%) de infecções por *Cryptosporidium* spp. encontrada, apesar de não retratar um momento específico, mas sim um período de 2 anos nos quais as amostras foram repetidamente coletadas, demonstra alta possibilidade de infecções por *Cryptosporidium* spp. durante a infância nas populações estudadas e forneceram uma comparação entre a criptosporidiose no Brasil e em outros países. É possível observar neste estudo que o Brasil é alocado entre os locais com maiores taxas de criptosporidiose em crianças, ao lado da Tanzânia (68%), Peru (63%) e Paquistão (62%)²¹. Estes dados são preocupantes uma vez que a criptosporidiose está associada a quadros de desidratação severa e desnutrição, podendo evoluir a óbito^{21,26}.

Os dados relacionados à infecção por criptosporidiose em pacientes imunodeprimidos também são de grande relevância científica, visto que pacientes imunodeprimidos possuem maior probabilidade de desenvolver as formas graves da doença²⁷. Ademais, é importante

salientar também que a identificação predominante de *C. hominis* na população imunodeprimida é um fator preocupante, pois alguns estudos sugerem que tal espécie de *Cryptosporidium* spp. está associada a quadros mais graves de criptosporidiose e sequelas não intestinais²⁸.

No estudo conduzido por Assis *et al.* (2013)²⁵ em pacientes imunodeprimidos foi levantado que 38,9% dos pesquisados apresentam síndrome diarreica, sendo que destes 21,7% tiveram exame coprológico positivo para *Cryptosporidium* spp. Já entre o grupo sem síndrome diarreica, a prevalência encontrada foi de 2,78%. É significativo notar que apenas 40% dos pacientes que foram identificados com parasitas intestinais nesse estudo não utilizava regularmente a terapia antirretroviral para HIV. Sendo que, foi identificado, por meio de PCR-RFLP, a presença da espécie *C. parvum* nas amostras isoladas e selecionadas para caracterização genética²⁷.

Apesar de comumente a infecção por *Cryptosporidium* spp. estar associada à síndrome diarreica, os números encontrados em populações de crianças e pacientes imunodeprimidos demonstram que existe relevante prevalência de infecção assintomática por este protozoário, o que aumenta a transmissão para outros indivíduos por fezes contaminadas, sem a devida identificação epidemiológica. Ademais, os estudos nos quais houve apenas um dia de coleta de fezes para o exame parasitológico podem estar subestimando a taxa de positivos, isso porque existe variação diária no número de oocistos encontrados nas fezes de um indivíduo infectado pelo *Cryptosporidium* spp., fato este, que pode levar à falsos negativos²⁹.

Outros dados interessantes de serem salientados são do estudo de Peralta *et al.* (2016)²⁴, no qual foram realizados testes de microscopia para identificação da presença de *Cryptosporidium* spp. e ensaios genéticos, com 18S rRNA TaqMan, para identificar as espécies de *Cryptosporidium* spp. presentes nas amostras coletadas. O estudo foi conduzido com pacientes imunossuprimidos e teve taxa de positivos por microscopia de 19,1% e taxa por TaqMan de 25,8%. No caso dos testes por rRNA TaqMan, foi relatada a presença de *C. parvum* em 4 amostras e *C. hominis* em 14 amostras. Além disso, uma amostra foi amplificada para infecção mista de *C. parvum* e *C. hominis*, e 4 amostras foram identificadas apenas como *Cryptosporidium* spp. Ressalta-se ainda que 3 amostras previamente identificadas por

microscopia como positivas para *Cryptosporidium* spp. tiveram resultado negativo quando utilizado o método TaqMan²⁶.

No que concerne aos achados de prevalência de oocistos de *Cryptosporidium* spp. nas ETAR's é visto que a quantidade de oocistos viáveis das estações é relativamente baixa, mas é importante ressaltar novamente que a infectividade do *Cryptosporidium* spp. é alta mesmo em baixas concentrações. Os fatores ambientais de uma ETAR como qualidade do lodo, eficiência dos reatores e chuvas, que aumentam a entrada do esgoto, podem alterar a matriz da estação de forma a aumentar ou diminuir a incidência de protozoários^{30,34}.

As primeiras duas ETAR's indicadas no estudo de Razzolini *et al.* (2019)³⁰ forneceram quantidades de oocistos nos efluentes finais que variou de 25% a 36% para a ETAR A e ETAR B, respectivamente. Levando em consideração que a menor porcentagem carrega maior número de oocistos por DL que o de maior porcentagem³⁰.

Vale destacar que, diferente das duas primeiras estações do estudo de Razzolini *et al.* (2019)³⁰, ETAR A e ETAR B, que obtiveram seu tratamento com lodo anaeróbio de fluxo ascendente do reator de manta (UASB) e sistema de lodo ativado, esta obtinha desinfecção por radiação ultravioleta (UV). Embora a porcentagem de oocistos de *Cryptosporidium* spp. não tenha mudado no final do tratamento, foi esclarecido que o tratamento UV causou danos morfológicos às paredes dos oocistos, mas ainda não o suficiente para torná-los inviáveis. A prevalência de infecção estimada para a população atendida por essa ETAR foi entre 0,055% e 0,11% para criptosporidiose³⁰.

Com base nessa prevalência indicada pelo estudo, é importante ressaltar que, do ponto de vista da saúde pública, a presença de agentes patogênicos na reutilização de água mesmo em baixas concentrações é preocupante, particularmente considerando ser uma doença tropical com fração baixa de oocistos necessários para a infecção³⁰.

Em contrapartida, o estudo de Medeiros *et al.* (2020)³¹ mostrou uma maior variação na quantidade de oocistos nas etapas de tratamento da ETAR, resultando em uma porcentagem de 56% a 94%. Outro ponto crucial é que não se pode afirmar que o tratamento UV não é eficiente, pois se deve levar em consideração o tempo de exposição. No artigo é demonstrado que mesmo após o tratamento por UV os oocistos de *Cryptosporidium* spp. não se tornavam inviáveis, mostrou também que pode haver limitação quanto a técnica de coloração para identificação dos

oocistos danificados pela UV, que tem possibilidade de falso-positivo para oocistos de *Cryptosporidium* spp. Ou seja, a fluorescência de oocistos indica que o tratamento causou danos morfológicos na membrana (oocistos considerados mortos), porém, alguns parasitas são inviáveis, mas apresentam membrana intacta, por essa razão não são corados pela técnica utilizada. Portanto, esta técnica pode superestimar a exposição de humanos a parasitas infecciosos e pode subestimar a eficácia dos processos de tratamento de águas residuais³¹.

Os dados analisados por Peralta *et al.* (2016)²⁴ na ETAR foram mais promissores, com variação de 44,4% e 75% de oocistos encontrados em 18 análises das 41 amostras coletadas nos diferentes pontos da estação²⁶. Observa-se uma prevalência menor de oocistos em comparação a ETAR do que o estudo de Medeiros *et al.* (2020)³¹, levando em consideração que ambos os estudos foram quantificados pelo mesmo método e ambas as ETAR's possuem tratamento com lodo anaeróbio de fluxo ascendente do reator de manta (UASB) e sistema de lodo ativado. Entretanto, é difícil uma comparação da qualidade da remoção na quantidade de oocistos em cada estação, uma vez que houve variação na quantidade de coletas e análises entre as ETAR³¹.

As amostras analisadas no estudo de Toledo *et al.* (2017)³² não foram coletadas a partir de ETAR 's, mas de fazendas e nascentes. Foram coletadas 31 amostras de água, sendo 4 delas positivas das quais 3 vieram de nascentes e uma de rio. A presença de *Cryptosporidium* spp. foi calculada em uma porcentagem de 12% a partir dos dados obtidos pelo artigo. Os dados obtidos não foram suficientes para levantar dados significativos da incidência de *Cryptosporidium* spp. nas zonas rurais, devido às limitações geradas pelo número insuficiente de amostras e resultados³². No Brasil, a falta de dados de qualidade microbiana para água de reuso e de utilização direta por áreas rurais ainda é um problema que dificulta a promoção de saúde adequada à população³⁰.

As áreas de captação de água usadas para análise no estudo de Sato *et al.* (2013)³³, são usadas para consumo humano direto assim como agricultura e pecuária. A detecção de *Cryptosporidium* spp. nas 28 amostras foi relativamente baixa (0,1 a 1,0 oocistos/L), porém deve ser considerado relevante já que se concentrou em apenas 9,2% de amostras. Pode ser considerado pouco, mas a elevada virulência, infectividade e resistência ambiental deste protozoário precisam ser observadas³³. As mesmas observações que correspondem a poucas

amostras e quantidades significativas de infectividade de *Cryptosporidium* spp. também foram observadas no estudo de Branco *et al.* (2012)²².

Os estudos revisados demonstram que a Criptosporidiose junto à Giardíase são as patologias provocadas por protozoários mais importantes relacionadas às infecções intestinais em humanos^{30,32,33,35}. Percebe-se, que os dados de pesquisa nas estações de tratamento de água ainda são escassos no Brasil. O levantamento de tais dados é útil para revelar de forma concisa a quantidade de oocistos finais no tratamento de água. É de aspecto curioso considerar que, conforme relatado por Razzolini *et al.* (2020)³⁰ e Taran-Benshoshan *et al.* (2015)³⁵, um dos principais agentes para o processo de desinfecção e inativação de patógenos - o cloro - não é eficaz para reduzir oocistos de *Cryptosporidium* spp.^{30, 36}.

CONCLUSÃO

Os estudos aqui revisados indicam uma prevalência significativa de *Cryptosporidium* spp. em crianças de baixa renda e pacientes imunodeprimidos, nos últimos 11 anos. Já com relação à presença de *Cryptosporidium* spp. em humanos ou em fontes de água em zonas rurais, os dados foram inconclusivos, indicando serem necessários mais estudos nessas populações. Em adição, durante a análise dos artigos incluídos, foi possível observar a carência de estudos, particularmente no tocante ao “n” amostral significativo, de modo a permitir uma real prevalência de criptosporidiose, bem como as sequelas associadas.

A constatação de elevada prevalência de *Cryptosporidium* spp. em populações de baixa renda demonstra a problemática da criptosporidiose enquanto doença tropical negligenciada. Esses dados reiteram a urgência em garantir segurança sanitária, de modo a evitar novos casos e diminuir as taxas de letalidade entre crianças e imunodeprimidos.

A falta de dados de qualidade microbiana para água de reuso e de utilização direta por áreas rurais ainda inviabiliza inquéritos epidemiológicos neste contexto. Contudo, salienta-se que a implementação de água potável, o monitoramento de dados de reuso da água, a regulamentação de padrões de qualidade sanitária e o planejamento para implementação de técnicas e equipamentos eficientes para a remoção de patógenos, não deve ocorrer apenas no tratamento de esgoto urbano, mas também em fontes de abastecimento de cidades menores e/ou vilarejos, expandindo para poços artesianos. Em conjunto, essas medidas poderão reduzir tanto os riscos

relacionados à criptosporidiose, quanto os riscos de infecção e mortalidade associados a diversas outras doenças parasitárias e/ou infectocontagiosas.

Por fim, vale pontuar que a maioria dos trabalhos levantados sobre este tema focam no entendimento da doença, escassos são os estudos com enfoque em inquéritos epidemiológicos em humanos. É provável que para as investigações futuras seja necessária uma ampliação das bases de dados. Todavia, é possível que mesmo após uma ampliação, os dados passíveis de coleta continuem sendo limitados, visto que doenças negligenciadas muitas vezes carecem de incentivo à pesquisa e controle.

REFERÊNCIAS

1. SILVA, I. C. DE M. E. DA. Detecção e caracterização genética de *Cryptosporidium* spp. em águas superficiais e em animais do jardim Zoológico de Lisboa. 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/30872>. Acesso em: 19 Jan. 2022.
2. GARRIDO, L. E. M. *Cryptosporidium parvum* - patógeno emergente de veiculação hídrica: desafios metodológicos de detecção ambiental. ARCA: Repositório Institucional da Fiocruz, fev. 2003. Acesso em: 19 Jan. 2022.
3. CHALMERS, R. M. *et al.* Epidemiology of anthroponotic and zoonotic human cryptosporidiosis in England and Wales, 2004–2006. *Epidemiology & Infection*, v. 139, n. 5, p. 700–712, maio 2011. Acesso em: 19 Jan. 2022.
4. RYAN, U *et al.* *Cryptosporidium* species in humans and animals: current understanding and research needs. *Parasitology*, v. 141, n. 13, p. 1667–1685, nov. 2014. Acesso em: 19 Jan 2022.
5. ZINTL, A. *et al.* The prevalence of *Cryptosporidium* species and subtypes in human faecal samples in Ireland. *Epidemiology & Infection*, v. 137, n. 2, p. 270–277, fev. 2009. Acesso em: 19 Jan. 2022.
6. BONSERE, W. C. P. *et al.* Surtos de criptosporidiose em humanos: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 8, n. 2, 2 maio 2020. Acesso em: 19 Jan. 2022.
7. PEREIRA, J. T. *et al.* *Cryptosporidium* spp.: para controlar é necessário conhecer. *Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal*, v. 10, n. 2, p. 13–25, 19 ago. 2009. Acesso em: 19 Jan. 2022.

8. FAYER, R. *Cryptosporidium*: a water-borne zoonotic parasite. *Veterinary Parasitology, Waterborne Zoonotic Parasites*. v. 126, n. 1, p. 37–56, 9 dez. 2004. Acesso em: 19 Jan. 2022.
9. THOMPSON, R. C. A. The zoonotic significance and molecular epidemiology of *Giardia* and giardiasis. *Veterinary Parasitology, Waterborne Zoonotic Parasites*. v. 126, n. 1, p. 15–35, 9 dez. 2004. Acesso em: 19 Jan. 2022.
10. THOMPSON, R. C. A. *et al.* Variation in *Giardia*: Implications for Taxonomy and Epidemiology. In: *Advances in Parasitology*. [s.l.] Academic Press, 2004. v. 58p. 69–137. Acesso em: 19 Jan. 2022.
11. KARANIS, P. *et al.* Possible Contamination of Surface Waters with *Giardia* spp. through Muskrats. *Zentralblatt für Bakteriologie*, v. 284, n. 2, p. 302–306, 1 jul. 1996. Acesso em: 19 Jan. 2022.
12. PLUTZER, J. *et al.* Neglected waterborne parasitic protozoa and their detection in water. *Water Research*, v. 101, p. 318–332, 15 set. 2016. Acesso em: 19 Jan. 2022. Acesso em: 19 Jan. 2022.
13. ROSSLE, N. F. *et al.* Cryptosporidiosis as threatening health problem: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 3, n. 11, p. 916–924, 1 nov. 2013. Acesso em: 19 Jan. 2022.
14. HELLER, L. *et al.* Oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia*: circulação no ambiente e riscos à saúde humana. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 13, n. 2, p. 79–92, jun. 2004. Acesso em: 19 Jan. 2022.
15. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. PNAD 2012 : Pesquisa nacional por amostra de domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
16. SABOYÁ, M. *et al.* Prevalence and intensity of infection of Soil-transmitted Helminths in Latin America and the Caribbean Countries: Mapping at second administrative level 2000-2010. p. 107, 2011. Acesso em: 19 Jan. 2022.
17. AKINBO, F. O. *et al.* Prevalence of intestinal parasitic infections among HIV patients in Benin City, Nigeria. *Libyan Journal of Medicine*, v. 5, n. 1, p. 5506, 1 jan. 2010. Acesso em: 19 Jan. 2022.

18. MOURA, H. *et al.* Enteric parasites and HIV infection: occurrence in AIDS patients in Rio de Janeiro, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 84, p. 527–533, dez. 1989. Acesso em: 19 Jan. 2022.
19. ZALI, M. R. *et al.* Prevalence of intestinal parasitic pathogens among HIV-positive individuals in Iran. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, v. 57, n. 6, p. 268–270, dez. 2004. Acesso em: 20 Jan. 2022.
20. HARVEY, T. V. *et al.* Enteric parasitic infections in children and dogs in resource-poor communities in northeastern Brazil: Identifying priority prevention and control areas. *PLoS Negl Trop Dis*, v. 14, n. 6, p. e0008378–e0008378, jun. 2020. Acesso em: 20 Jan. 2022.
21. KORPE, P. S. *et al.* Epidemiology and Risk Factors for Cryptosporidiosis in Children From 8 Low-income Sites: Results From the MAL-ED Study. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, v. 67, n. 11, p. 1660–1669, 13 nov. 2018. Acesso em: 20 Jan. 2022.
22. BRANCO, N. *et al.* A parasitological survey of natural water springs and inhabitants of a tourist city in southeastern Brazil. *Vector Borne Zoonotic Dis*, v. 12, n. 5, p. 410–7, jan. 2012. Acesso em: 20 Jan. 2022.
23. SAVIOLI, L. *et al.* *Giardia* and *Cryptosporidium* join the ‘Neglected Diseases Initiative’. *Trends in Parasitology*, v. 22, n. 5, p. 203–208, 1 maio 2006. Acesso em: 20 Jan. 2022.
24. PERALTA, R. H. S. *et al.* Genetic diversity of *Cryptosporidium* identified in clinical samples from cities in Brazil and Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, v. 111, n. 1, p. 30–6, jan. 2016. Acesso em: 20 Jan. 2022.
25. ASSIS, D. C. *et al.* Prevalence and genetic characterization of *Cryptosporidium* spp. and *Cystoisospora belli* in HIV-infected patients. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo*, v. 55, n. 3, jun. 2013.
26. AZEVEDO, O. G. R. DE. *Papel Protetor do Gene Humano APOE4 em Camundongos Transgênicos Submetidos Pela Desnutrição e Infecção Pelo *Cryptosporidium parvum**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2012. Acesso em: 20 Jan. 2022.

27. CABADA, M. M. *et al.* Treatment of cryptosporidiosis: do we know what we think we know? *Current Opinion in Infectious Diseases*, v. 23, n. 5, p. 494–499, out. 2010. Acesso em: 20 Jan. 2022.
28. HUNTER, P. R. *et al.* Health Sequelae of Human Cryptosporidiosis in Immunocompetent Patients. *Clinical Infectious Diseases*, v. 39, n. 4, p. 504–510, 15 ago. 2004. Acesso em: 20 Jan. 2022.
29. MOTTA, M. E. F. A. *et al.* Diarreia por parasitas. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, v. 2, p. 117–127, ago. 2002. Acesso em: 20 Jan. 2022.
30. RAZZOLINI, M. T. P. *et al.* *Cryptosporidium* and *Giardia* in urban wastewater: A challenge to overcome. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, v. 257, p. 113545, fev. 2020. Acesso em: 20 Jan. 2022.
31. MEDEIROS, R. C. *et al.* A. Wastewater treatment performance in microbiological removal and (oo)cyst viability assessed comparatively to fluorescence decay. *Environ Technol*, p. 1–9, ago. 2020. Acesso em: 20 Jan. 2022.
32. TOLEDO, R. D. S. *et al.* *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* spp. in feces and water and the associated exposure factors on dairy farms. *PLoS One*, v. 12, n. 4, p. e0175311–e0175311, abr. 2017. Acesso em: 20 Jan. 2022.
33. SATO, M. I. Z. *et al.* Assessing the infection risk of *Giardia* and *Cryptosporidium* in public drinking water delivered by surface water systems in Sao Paulo State, Brazil. *Sci Total Environ*, v. 442, p. 389–96, 2013. Acesso em: 20 Jan. 2022.
34. SANTOS, P. R. D. *et al.* Occurrence and removal of *Giardia* spp. cysts and *Cryptosporidium* spp. oocysts from a municipal wastewater treatment plant in Brazil. *Environ Technol*, v. 38, n. 10, p. 1245–1254, 2017. Acesso em: 20 Jan. 2022.
35. TARAN-BENSHOSHAN, M. *et al.* *Cryptosporidium* and *Giardia* removal by secondary and tertiary wastewater treatment. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, v. 50, n. 12, p. 1265–1273, 2015. Acesso em: 20 Jan. 2022.