

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA**

PERFIL EPIDEMIOLÓGICO E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA  
PARA CONSUMO HUMANO ENVOLVIDA EM SURTOS DE DOENÇAS DE  
VEICULAÇÃO HÍDRICA OCORRIDOS EM MINAS GERAIS NO PERÍODO DE  
2014 A 2016 ATRAVÉS DA PESQUISA DE INDICADORES DE  
CONTAMINAÇÃO FECAL

**PATRÍCIA ANK DE MORAIS**

**Belo Horizonte**

**2016**

PATRÍCIA ANK DE MORAIS

PERFIL EPIDEMIOLÓGICO E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA  
PARA CONSUMO HUMANO ENVOLVIDA EM SURTOS DE DOENÇAS DE  
VEICULAÇÃO HÍDRICA OCORRIDOS EM MINAS GERAIS NO PERÍODO DE  
2014 A 2016 ATRAVÉS DA PESQUISA DE INDICADORES DE  
CONTAMINAÇÃO FECAL

Trabalho de Conclusão apresentado ao  
Curso de Pós-graduação em  
Microbiologia da Universidade Federal de  
Minas Gerais como requisito à obtenção  
do título Especialista

Orientador: Ricardo Souza Dias

Belo Horizonte

2016

Dedico este trabalho aos meus pais, Imaculada e Elias, os meus maiores incentivadores.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida.

Agradeço aos meus pais por nunca medirem esforços para me darem o melhor e para que eu sempre estudasse.

Aos meus irmãos e sobrinhos, muito obrigada pelo exemplo e carinho.

Agradeço o Rodrigo, por todo amor e paciência nos (diversos!) momentos de estresse, além de me encorajar a seguir adiante.

Obrigada aos meus colegas da especialização, em especial os grandes amigos que eu fiz Ana Gabriella (Aninha), Bárbara (Barbrinha), Éder (e o ar-condicionado), Izabela (Izy), Júnia (doutora!), Ludmilla (Lud), Marcos (esfomeado), Pâmela (Pâm), Patrícia e Renata (fêssora Renatchenha)... sem vocês meus finais de semana jamais teriam sido tão divertidos!

Agradeço os meus colegas da Fundação Ezequiel Dias pela força e incentivo, principalmente a minha chefe Junara, André e os amigos do Laboratório de Águas Ana Carolina, Bárbara, Eunice, João e Regina, por compreenderem a minha ausência algumas vezes.

Obrigada ao Ricardo por ter aceitado ser meu orientador. Agradeço por todo auxílio e referência sempre que eu necessitei.

Por fim, agradeço a todos os professores do curso de Especialização em Microbiologia Aplicada pela dedicação e ensinamento. E também aos funcionários do ICB, principalmente o Thiago, pelo suporte oferecido durante todo o curso.

“Se tiver que amar, ame hoje. Se tiver que sorrir, sorria hoje. Se tiver que chorar, chore hoje. Pois o importante é viver hoje. O ontem já foi e o amanhã talvez não venha.”

ANDRÉ LUIZ

## RESUMO

A água é um potencial veículo de transmissão de doenças causadas por enteropatógenos, cujos sintomas incluem náuseas, vômitos, diarreia e febre. As autoridades sanitárias atuam na investigação de surtos, identificando doentes e não-doentes, sintomas, prováveis patógenos e sua fonte. Minas Gerais conta com 28 GRS, 346 VISA e o LACEN, responsáveis pela investigação dos surtos. A Portaria MS nº 2.914/2011 define os padrões de potabilidade para a água de consumo por meio da pesquisa de bioindicadores de contaminação ambiental e fecal. Os dados avaliados neste trabalho foram referentes a 2014 a 2016, cedidos pela FUNED. Após a notificação, foi realizado o preenchimento da ficha de inquérito, a coleta das amostras de água e o envio para o LACEN. As amostras foram analisadas utilizando o método cromogênico - substrato enzimático - Colilert®. Neste período, 103 surtos foram notificados, envolvendo 1.620 pessoas, 1.447 doentes, 41 hospitalizações e um óbito registrado. Diarreia, vômitos, cólica, náuseas e febre foram os sintomas mais frequentes. A maioria das ocorrências foram na região metropolitana de Belo Horizonte. Do total de 282 amostras, 210 de água tratada e 72 *in natura* foram analisadas. Em 30 surtos a água apresentava-se imprópria para o consumo (50 amostras), sendo a maioria *in natura* (38 amostras). As doenças de veiculação hídrica têm um forte impacto sobre a população em geral onde a diarreia e vômito predominam como um dos principais sintomas entéricos. O número de notificações é proporcional ao tamanho da população exposta. A análise dos dados epidemiológicos e de potabilidade é uma ferramenta que permite avaliar a água como potencial fonte/reservatório de enteropatógenos.

**Palavras-chave:** Enteropatógenos, doenças de veiculação hídrica, água de consumo, bioindicador de contaminação fecal.

## ABSTRACT

Water is a potential way for transmission of diseases caused by enteropathogens, that symptoms include nausea, vomiting, diarrhea and fever. The health authorities act in the investigation of outbreaks, identifying sick and non-sick people, symptoms, probable pathogens and their source. Minas Gerais have 28 GRS, 346 VISA and LACEN, responsible for the investigation of outbreaks. The Portaria MS nº 2.914/2011 defines drinking water standards through bioindicators of environmental and fecal contamination. The data evaluated in this work were related from 2014 to 2016, provided by FUNED. After the notification, the survey form was completed, the water samples collected and sent to LACEN. The samples were analyzed using the chromogenic method - enzymatic substrate - Colilert ®. During this period, 103 outbreaks were reported, involving 1.620 people, 1.447 patients, 41 hospitalizations and one r death. Diarrhea, vomiting, colic, nausea and fever were the most frequent symptoms. Most of the occurrences were in the metropolitan area of Belo Horizonte. Of the total of 282 samples, 210 of treated water and 72 *in natura* were analyzed. In 30 outbreaks the water was improper for consumption (50 samples), the majority being *in natura* (38 samples). Waterborne diseases have a strong impact on the general population where diarrhea and vomiting predominate as one of the main enteric symptoms. The number of notifications is proportional to the size of the population exposed. The analysis of epidemiological and potability data are tools that allow us to evaluate water as a potential source/reservoir of enteropathogens.

**Keyword:** Enteropathogens, waterborne diseases, drinking water, fecal contamination bioindicator.

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b> – Gerências Regionais de Saúde pertencentes a Minas Gerais .....	43
<b>Figura 2</b> – Distribuição de surtos de doenças de veiculação hídrica notificados em Minas Gerais no período de 2012 a 2014 .....	47
<b>Figura 3</b> – Distribuição de faixas etárias dos envolvidos em surtos de doenças de veiculação hídrica notificados em Minas Gerais no período de 2014 a 2016.....	48
<b>Figura 4</b> - Distribuição de sinais e sintomas relatados nos surtos de doença de veiculação hídrica ocorridos em Minas Gerais no período de 2014 a 2016 .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C: graus Celsius

µm: micrômetros

%: Porcentagem

AdV: adenovírus

β: beta

*C. hominis*: *Cryptosporidium hominis*

*C. parvum*: *Cryptosporidium parvum*

DAEC: *Escherichia coli* Difusamente Aderente

DNA: ácido desoxiribonucleico

DTHA: doenças de transmissão hídrica e alimentar

DVA: doenças veiculadas pela água

EAEC: *Escherichia coli* Enteroagregativa

*E. coli*: *Escherichia coli*

EHEC: *Escherichia coli* Entero-hemorrágica

*E. histolytica*: *Entamoeba histolytica*

EIEC: *Escherichia coli* Enteroinvasiva

EPEC: *Escherichia coli* Enteropatogênica

ETE: estação de tratamento de esgoto

ETEC: *Escherichia coli* Enterotoxigênica

FUNED: Fundação Ezequiel Dias

GAL: Gerenciador de Ambiente Laboratorial

GRS: Gerências Regionais de Saúde

HIV: vírus da imunodeficiência humana

LACEN: Laboratório Central de Saúde Pública

LPS: lipopolissacarídeo

mL: mililitros

MS: Ministério da Saúde

MUG: 4-metil-umbeliferil-β-glucuronídeo

NaCl: cloreto de sódio

nm: nanômetros

NoV: norovírus

OMS: Organização Mundial de Saúde

ONPG: orto-nitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosídeo

RNA: ácido ribonucleico

STEC: *Escherichia coli* produtora de toxina de Shiga

*S. boydii*: *Salmonella boydii*

*S. dysenteriae*: *Salmonella dysenteriae*

*S. flexneri*: *Salmonella flexneri*

SGA: Sistema de Gerenciamento de Amostra

*S. sonnei*: *Salmonella sonnei*

SUS: Sistema Único de Saúde

UFC: unidades formadoras de colônias

USEPA: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

*V. cholerae*: *Vibrio cholerae*

VE-DTHA: Vigilância Epidemiológica das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar

VIGIAGUA: Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo geral .....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
3.1 Importância da água para a vida e para a saúde .....	16
3.2 Importância do tratamento da água .....	17
3.3 Legislação atualmente em vigor no Brasil.....	18
3.4 Patógenos de veiculação hídrica .....	20
3.5 Agente etiológicos de gastroenterite veiculados pela água .....	22
3.5.1 Agentes bacterianos .....	22
3.5.1.1 Família Enterobacteriaceae .....	22
3.5.1.1.1 <i>Escherichia coli</i> diarreiogênicas.....	23
3.5.1.1.2 <i>Salmonella</i> .....	25
3.5.1.1.3 <i>Shigella</i> .....	27
3.5.1.2 <i>Campylobacter</i> .....	28
3.5.1.3 <i>Vibrio cholerae</i> .....	29
3.5.2 Agentes virais .....	30
3.5.2.1 Rotavírus .....	31
3.5.2.2 Norovírus .....	32
3.5.2.3 Adenovírus.....	33
3.5.3 Protozoários.....	34
3.5.3.1 <i>Cryptosporidium</i> .....	34
3.5.3.2 <i>Giardia</i> .....	35

3.5.3.3 <i>Entamoeba histolytica</i> .....	36
3.5.4 Helmintos .....	37
3.5.4.1 <i>Ascaris lumbricoides</i> .....	37
3.6 Indicadores de contaminação fecal .....	38
3.7 Epidemiologia e Vigilância Sanitária Sanitária, Epidemiológica e Ambiental. ....	40
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
4.1 Levantamento de dados.....	44
4.2 Etapas de investigação de surtos de veiculação hídrica.....	44
4.2.1 Ações da Vigilância Sanitária - Coleta de dados e amostras.....	44
4.2.2 Papel do LACEN na investigação de surtos - Análises microbiológicas ....	44
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é essencial aos seres vivos. Contudo, embora abundante no mundo, a quantidade disponível para consumo é pequena - cerca de 0,007% de toda a água no planeta. Apesar de ser essencial à vida, a intensa poluição das fontes hídricas ocorrida nos últimos anos, devido à ação antropogênica, torna a água um potencial veículo de transmissão de patógenos responsáveis por várias enfermidades que acometem o homem.

São várias as legislações que estabelecem padrões de qualidade da água para suas diversas aplicações. No que se refere à água para consumo (potabilidade), no Brasil a Portaria MS nº 2.914 de 2011, define a tolerância máxima permitida para os padrões microbiológicos, organolépticos e físico-químicos.

Dentre os patógenos de veiculação hídrica, as bactérias são representadas principalmente pela família Enterobacteriaceae, que inclui as *Escherichia coli* diarreiogênicas, *Salmonella* e *Shigella*, além de membros de outras famílias de bactérias como *Campylobacter jejuni* e *Vibrio cholerae*. Os principais vírus entéricos associados à transmissão hídrica são os rotavírus, norovírus e adenovírus. Já os protozoários mais comuns são *Cryptosporidium* spp, *Giardia duodenalis* e *Entamoeba histolytica*. Por último, o principal representante dos helmintos é o *Ascaris lumbricoides*.

Os principais sintomas das enfermidades causadas pela ingestão de água contaminada incluem anorexia, náuseas, vômitos ou diarreia, acompanhados ou não de febre. Além destes, podem ocorrer contaminações extraintestinais como nos rins, fígado, sistema nervoso central e outros. Os grupos de maior risco são as crianças, os idosos, lactentes, grávidas, pessoas desnutridas e imunocomprometidas, assim como indivíduos portadores do vírus da imunodeficiência humana.

Durante a análise de águas, utilizam-se, geralmente, indicadores microbiológicos, que são micro-organismos ou um grupo de micro-organismos que evidenciam a contaminação com material de origem fecal. Por isso, bactérias do grupo coliforme,

do qual os principais componentes são os gêneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*, são utilizados na avaliação da qualidade microbiológica da água. Entretanto, como apenas a *E. coli* tem origem entérica é utilizada como indicador de contaminação fecal. Também, por se encontrar em elevadas concentrações nas fezes e ser desprovida de vida livre no ambiente, sua presença indica poluição hídrica recente. Assim, medidas de controle e monitoramento da qualidade das águas para consumo são atribuições das autoridades sanitárias nas esferas federal, estadual e municipal, minimizando assim a possível ocorrência de surtos.

Surto é um acontecimento no qual duas ou mais pessoas apresentam os mesmos sinais e sintomas após ingerir alimentos ou água da mesma origem, exceto em enfermidades ocasionadas por *Clostridium botulinum* e *Vibrio cholerae*, pois o acometimento de uma única pessoa é categorizado como surto devido à severidade dos sinais e sintomas. E, cabe à Vigilância Epidemiológica das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (VE-DTHA) atuar na notificação e investigação de surtos. A investigação se inicia com a identificação das pessoas envolvidas, definindo manifestações clínicas e período de incubação, para que se elaborem hipóteses do agente etiológico e possível fonte. Além disso, o período de incubação é uma informação importante pois varia conforme a categoria de patógeno. Por fim, as medidas de prevenção e controle do surto devem ser tomadas em conjunto à investigação e conforme situação encontrada.

Em Minas Gerais, o monitoramento microbiológico da qualidade da água de consumo é realizado por uma rede de laboratórios estrategicamente distribuídos em regionais de modo a cobrir todo o território mineiro. Esta rede de laboratórios é coordenada pelo Laboratório Central de Saúde Pública – Fundação Ezequiel Dias - dando suporte às 28 Gerências Regionais de Saúde em Minas Gerais, 346 Vigilâncias Sanitárias Municipais, que são os responsáveis, dentre outras atividades, pela investigação de surtos de doenças de transmissão hídrica e alimentar.

Devido ao grande número de enteropatógenos de veiculação hídrica e os métodos de identificação desses micro-organismos serem, em geral, complexos e onerosos, a

avaliação da qualidade microbiológica da água por meio da pesquisa de indicadores de contaminação fecal torna-se uma importante ferramenta capaz de contribuir no processo de elucidação de surtos de doenças de veiculação hídrica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Levantar dados epidemiológicos e analisar a qualidade microbiológica da água para consumo humano envolvida em surtos de doenças de veiculação hídrica ocorridos em Minas Gerais no período de 2014 a 2016, através da pesquisa de indicadores de contaminação fecal.

### **2.2 Específicos**

- Caracterizar o impacto das doenças de veiculação hídrica sobre a qualidade de vida da população;
- Apresentar as características dos principais agentes relacionados a doenças de veiculação hídrica;
- Descrever as estratégias de ação das vigilâncias sanitárias e epidemiológicas do Estado de Minas Gerais no monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo;
- Apresentar a distribuição de ocorrência e as características das doenças de veiculação hídrica notificadas no Estado de Minas Gerais no período de 2014 a 2016;
- E, a contribuição dos dados epidemiológicos e da análise microbiológica (padrão de potabilidade) como ferramentas na investigação dos surtos notificados no período.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Importância da água para a vida e para a saúde

A água é uma substância essencial que compõe a maior parte das células e participa da bioquímica dos seres vivos. A vida na Terra depende da existência de água com qualidade e quantidade suficientes para o uso (ROCHA *et al.*, 2013).

Apesar de ser abundante no planeta e classificada pela maioria das pessoas como um recurso inesgotável, a quantidade disponível para consumo é diminuta. Aproximadamente 97,5% do volume total de água na Terra correspondem à água contida nos oceanos, sendo imprópria para o consumo humano. Apenas 2,493% correspondem à água continental, mas que é pouco acessível por ser armazenada em aquíferos subterrâneos e geleiras. Por fim, somente 0,007% corresponde às águas continentais superficiais, presentes em lagos, rios e atmosfera (ROCHA *et al.*, 2013; YAMAGUCHI *et al.*, 2013), que são captadas, tratadas e destinadas para o consumo humano.

Para o homem, além de ser importante para a sobrevivência, a água está relacionada à melhoria das condições econômicas e sociais (SANTOS *et al.*, 2015). Sendo assim, água de boa qualidade deve estar disponível para todos em quantidade suficientes, pois, dessa forma, além de garantir as necessidades básicas também se preserva a saúde, o bem-estar e o desenvolvimento econômico da população (GIRARD, 2012). A água potável atende aos requisitos mínimos de qualidade microbiológica e físico-química, necessários para ser utilizada na ingestão, preparação e produção de alimentos e higiene pessoal, independentemente da sua origem (BRASIL, 2011; MOREIRA; CONDÉ, 2015), mas tal recurso está tornando-se cada vez mais indisponível.

A poluição das águas tanto superficiais quanto subterrâneas tem se intensificado nos últimos anos devido ao aumento populacional, o que leva à maior produção de resíduos (MELO; MORENO, 2013). Com isso, as ações antropogênicas, como utilização descontrolada das bacias hidrográficas, assim como falta de tratamento de

esgoto doméstico e industrial, interferem na qualidade da água utilizada para o consumo humano (BARBOSA *et al.*, 2015). Sendo assim, a higiene pessoal e dos alimentos fica comprometida (BRAGA, 2014).

Atualmente, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que há, aproximadamente, 1,9 bilhão de pessoas no mundo que usam água contaminada por resíduos fecais. Além disso, cerca de 502.000 mortes ocasionadas por diarreia ocorrem em países de média e baixa renda, devido à água insuficiente e insegura para o consumo humano (WHO, 2016). Impedir que ocorra a contaminação da água é de extrema importância para a saúde pública, pois assim se reduzem os gastos com o tratamento das doenças veiculadas pela água (DVA) (MELO; MORENO, 2013).

Pelo fato de a água ser consumida em grandes quantidades pelo homem, contaminantes como micro-organismos podem ser facilmente veiculados (NUNES; SOARES; REIS, 2015). Outro ponto importante é que a maioria da população acredita consumir água de qualidade por associar características como cor e odor à sua qualidade microbiológica (SCAPIN; ROSSI; ORO, 2012). Com isso, a água pode atuar contrariamente à saúde humana, em vez de trazer benefícios, sendo um fator de risco aos consumidores (BURGOS *et al.*, 2014).

### **3.2 Importância do tratamento da água**

O tratamento das águas *in natura* inclui diversos métodos como coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção primária e secundária, podendo ser utilizados em conjunto de forma a remover patógenos (UEIJO *et al.*, 2014). O método de desinfecção mais usado no mundo é a cloração (WHO, 2011; YAMAGUCHI *et al.*, 2013), pois é uma metodologia simples e barata (GIRARD, 2012).

A desinfecção da água contaminada reduz o risco de transmissão de doenças, mas não o elimina, sendo relativamente segura para o consumo. Considerando a cloração, por exemplo, que elimina diversas bactérias como *Escherichia coli* durante

o tratamento, há limitações contra alguns agentes como protozoários e vírus, encontrados em água para consumo humano mesmo após o tratamento (JAGAI *et al.*, 2012). Também, como os vírus são os agentes patogênicos de menor tamanho são também mais difíceis de serem removidos por processos físicos como a filtração (WHO, 2011).

Entretanto, embora ocorra o tratamento da água não se pode garantir a manutenção da sua qualidade, uma vez que podem ocorrer contaminações durante o percurso desde o tratamento, distribuição até o uso final pelo consumidor (FARIA; PAULA; VEIGA, 2013; SANTOS *et al.*, 2013).

Sendo assim, a água destinada ao consumo humano deve ter sua qualidade garantida através de medidas de controle e vigilância, de modo a se prevenir a ocorrência de agravos à saúde quando esta não atende ao padrão estabelecido, comprometendo assim o bem-estar da população em geral (BRASIL, 2011).

### **3.3 Legislação atualmente em vigor no Brasil**

A OMS preconiza que tanto a água superficial quanto subterrânea, destinadas ao consumo humano, devem atender a padrões de qualidade físicos, químicos e biológicos (MOREIRA; CONDÉ, 2015). No Brasil, a Portaria MS nº 2.914, publicada em 12 de dezembro de 2011, define esses padrões e dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água destinada para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011). Esta Portaria define os valores máximos permitidos para as características microbiológicas, organolépticas e físico-químicas da água para consumo humano (BURGOS *et al.*, 2014).

A água potável é aquela que atende ao padrão de potabilidade estabelecido nessa Portaria e que não oferece riscos à saúde (NÓBREGA *et al.*, 2015).

Especificamente na área microbiológica, essa legislação estabelece que sejam determinados os seguintes parâmetros: coliformes totais e termotolerantes ou

*Escherichia coli*, contagem de bactérias heterotróficas, cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. (GIRARD, 2012).

Os coliformes totais podem ser o parâmetro utilizado na avaliação da limpeza e integridade dos sistemas de distribuição de água, embora não sejam úteis como indicador de patógenos entéricos, por não serem exclusivamente de origem fecal. A existência de coliformes totais imediatamente após a saída do tratamento indica deficiência no processo de desinfecção (WHO, 2011).

Em qualquer situação a água para consumo humano, incluindo soluções alternativas, deve ser livre de *E. coli* ou coliformes termotolerantes, sendo preconizada a ausência em 100 mL. Para bactérias heterotróficas o recomendado é no máximo 500 UFC/mL (unidades formadoras de colônia por mililitro), entretanto esta contagem não é um bom indicador (REIS *et al.*, 2012), pois há a presença de bactérias em diversos locais como ar, solo e água, não necessariamente comprovando a presença de patógenos (SILVA *et al.*, 2014). Contudo, conforme a situação é útil na avaliação da integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede), indicando deficiências no processo de sanitização (REIS *et al.*, 2012). Por fim, quando identificada média anual superior ou igual a 1.000 *E. coli* em 100 mL de água deve-se realizar monitoramento de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. nos pontos de captação de água (BRASIL, 2011).

Um fator importante a se considerar é que o número mínimo de amostras a ser coletada deve ser calculado com base na população total do município (BRAGA, 2014). Entretanto, na ocorrência de surtos em que há coleta apenas de uma amostra indicativa, a presença de coliformes totais não condena a água (exceto no caso descrito acima), mas a presença de *Escherichia coli* condena o seu consumo, tornando a água imprópria para consumo humano.

Sendo assim, quando a água utilizada para o consumo não obedece aos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente, torna-se um potencial veículo de transmissão de agentes que causam agravos à saúde.

### 3.4 Patógenos de veiculação hídrica

O tratamento ao qual a água é submetida para obtenção do padrão de potabilidade não visa à eliminação total da microbiota indígena e sim a de patógenos. Além disso, é importante salientar que a presença de micro-organismos na água para consumo humano nem sempre é um problema, desde que os patogênicos não estejam presentes (PREST *et al.*, 2016).

Apenas um número limitado de espécies microbianas patogênicas pode provocar doenças num grupo de indivíduos em condições normais. Por isso, a ingestão de pequenas quantidades de água imprópria ao consumo humano pode ser suficiente para originar doenças (CÔRTEZ *et al.*, 2014). Entretanto, qualquer micro-organismo é um patógeno em potencial quando em contato com um hospedeiro debilitado (YAMAGUCHI *et al.*, 2013). Esses micro-organismos são chamados de oportunistas por apresentarem baixos fatores de virulência.

Nos países em desenvolvimento, aproximadamente 80% das doenças são transmitidas através do consumo de água contaminada por patógenos (BRAGA, 2014). A maioria das doenças de veiculação hídrica é causada, principalmente, por micro-organismos patogênicos de origem entérica, tanto animal quanto humana, transmitidos primariamente por via fecal-oral, através de fezes na água (SILVA *et al.*, 2014; NÓBREGA *et al.*, 2015; NUNES; SOARES; REIS, 2015).

Mas a água, devido à sua composição, não proporciona condições ideais para a reprodução de micro-organismos. Após os enteropatógenos serem eliminados pelo hospedeiro, estes agentes patogênicos vão perdendo gradualmente a viabilidade e a infectividade. Este decaimento é geralmente exponencial e o patógeno torna-se indetectável após certo período (WHO, 2011). Por isso, o desenvolvimento de uma infecção depende de diversos fatores como dose infecciosa mínima, patogenicidade, susceptibilidade do hospedeiro e características ambientais (CASTILLO *et al.*, 2015).

Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), há mais de 500 agentes patogênicos já identificados que são veiculados em água para

consumo humano (ASHBOLT, 2015). Dentre as DVAs causadas por bactérias, as mais comuns são a gastroenterite causada por *Escherichia coli* diarreiogênica (BURGOS *et al.*, 2014), shigellose (ASHBOLT, 2015; SANTOS *et al.*, 2015), salmonelose, cólera (NUNES; SOARES; REIS, 2015) e campilobacteriose (WHO, 2011; GIRARD, 2012). Já as causadas por agentes virais são a rotavirose (WHO, 2011) e adenovirose (ASHBOLT, 2015). Além dessas doenças, protozoários ocasionam criptosporidíase, giardíase e amebíase; e helmintos causam ascaridíase (YAMAGUCHI *et al.*, 2013; NUNES; SOARES; REIS, 2015).

As crianças são consideradas o grupo de maior risco por ainda não apresentarem o sistema imune maduro (GIRARD, 2012). As DVAs interferem no desenvolvimento físico e mental de crianças e jovens. As doenças parasitárias diminuem o rendimento na escola e são responsáveis por grande parte dos recursos utilizados em assistência médica (ARAÚJO *et al.*, 2011). Outros agravos consequentes da diarreia infantil incluem retardo no crescimento e perturbação no desenvolvimento cognitivo (ARAÚJO, 2014).

Num estudo realizado com mais de 20.000 crianças em sete países em desenvolvimento, os principais patógenos relacionados a diarreia moderada a grave foram rotavírus, *Cryptosporidium* e algumas cepas de *Escherichia coli* produtoras de toxinas (WHO, 2016).

Os idosos também são bastante vulneráveis a infecções gastrointestinais, pois muitas vezes possuem problemas crônicos, como cardíacos e renais (JAGAI *et al.*, 2012), assim como redução da resposta imunológica (GIRARD, 2012), que se agravam quando expostos a esses patógenos.

Além desses, outros grupos de risco devido a DVAs são os lactentes (WHO, 2011), grávidas (OLIVEIRA, 2012), pessoas desnutridas (WHO, 2016) e imunocomprometidas (BRASIL, 2010; OLIVEIRA, 2012; ARAÚJO, 2014), assim como indivíduos portadores do vírus da imunodeficiência humana (HIV) (STAUBER *et al.*, 2016), que assim como os idosos têm o sistema imune comprometido.

Além das doenças de veiculação hídrica ocorrerem pela ingestão, também podem ocorrer pelo contato com a água durante o lazer, higienização própria ou de alimentos, como hortaliças (YAMAGUCHI *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2015). Num estudo realizado por Tracogna *et al.* (2013), foram estudadas 68 amostras de água para recreação no nordeste da Argentina, sendo detectada a presença de *Salmonella* spp em 8,8% dessas amostras.

### **3.5 Agentes etiológicos de gastroenterite veiculados pela água**

Aqui serão tratadas as principais características de alguns dos micro-organismos comumente envolvidos em surtos de doenças de veiculação hídrica como bactérias, vírus, protozoários e helmintos. Vale salientar que o surto é caracterizado por um acontecimento no qual duas ou mais pessoas apresentam os mesmos sinais e sintomas após ingerir alimentos ou água da mesma origem (BRASIL, 2016). A exceção se dá para alguns enteropatógenos que causam doenças mais graves, onde o acometimento de uma única pessoa é categorizado como surto devido à severidade dos sinais e sintomas como nas infecções por *Clostridium botulinum* e *Vibrio cholerae* (OLIVEIRA, 2013).

#### **3.5.1 Agentes bacterianos**

Dentre os diversos agentes patogênicos veiculados pela água, as bactérias são, geralmente, o grupo mais sensível à inativação por desinfecção. Alguns patógenos de vida livre, como a *Legionella* e micobactérias não tuberculosas, podem crescer em ambientes aquáticos, mas bactérias entéricas geralmente não crescem em água e sobrevivem por períodos mais curtos do que os vírus ou protozoários (WHO, 2011).

##### **3.5.1.1 Família Enterobacteriaceae**

As bactérias que compõem esta família são bastonetes Gram negativos, não esporulados, anaeróbios facultativos, oxidase negativa e catalase positiva. A maioria

é móvel devido à presença de flagelos periquítrio e são capazes de fermentar glicose produzindo gás e ácido (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012; FAÚLA, 2016).

Uma das ferramentas utilizadas na identificação de enteropatógenos é a sorotipagem. A tipagem das cepas é realizada com base nas diferenças em três antígenos estruturais: O, H e K. Os antígenos O (antígenos somáticos ou de parede celular) são encontrados na porção polissacarídica do lipopolissacarídeo (LPS), sendo termoestáveis e presentes em diferentes gêneros de Enterobacteriaceae. Os antígenos H são associados com flagelos e, portanto, apenas Enterobacteriaceae flageladas (móveis) como a *E. coli* os possuem. Os antígenos K são frequentemente associados à cápsula e, com menos frequência, às fímbrias (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004).

Algumas das enterobactérias mais comumente encontradas em casos de surtos de DVA são descritas a seguir.

#### 3.5.1.1.1 *Escherichia coli* diarreioogênicas

A *E. coli* faz parte da microbiota indígena do trato gastrointestinal dos seres humanos, sendo eliminada através das fezes, podendo contaminar solo, água e alimentos (WHO, 2011). Geralmente essa bactéria não está associada a patologia, entretanto pode provocar doenças graves em alguns casos, pela presença de cepas patogênicas que causam infecções do trato urinário, sistema nervoso e sistema digestivo em humanos (TEBALDI, 2011; FARIA; PAULA; VEIGA, 2013).

Atualmente a *E. coli* diarreioogênica é classificada em seis patotipos diferentes (FAÚLA, 2016), segundo seus fatores de virulência, manifestações clínicas, epidemiologia e sorotipagem (BURGOS *et al.*, 2014). Estes patotipos são: *E. coli* Enteropatogênica (EPEC), *E. coli* Enterotoxigênica (ETEC), *E. coli* produtora de toxina de Shiga (STEC) *E. coli* Enteroinvasiva (EIEC), *E. coli* Enteroagregativa (EAEC) e *E. coli* Difusamente Aderente (DAEC) (WHO, 2011).

Entretanto, dentre esses diferentes patótipos existentes apenas quatro são reconhecidamente responsáveis por causar doença quando veiculados pela água.

A *Escherichia coli* Enteropatogênica (EPEC) é considerada uma importante causa de diarreia infantil (ARAÚJO, 2014), especialmente em recém-nascidos e lactentes, devido à falta de resposta imune adquirida, tendo dose infectante baixa (FAÚLA, 2016). A EPEC raramente provoca diarreia em adultos (ARAÚJO, 2014), sendo necessária uma dose geralmente similar a de outros enteropatógenos, em que  $10^6$  UFC são necessários para causar infecção (FAÚLA, 2016). Estudos revelam que somente o homem é reservatório das EPEC típicas e possui como umas das vias de transmissão clássicas a ingestão de água e alimentos contaminados (OLIVEIRA, 2012).

Estudos recentes apontam isolamento de EPEC em diferentes fontes como ambientes naturais como água, solo e areia de praia, alimentos crus e processados, animais domésticos e silvestres além de fezes e solo de fazendas e abatedouros (SOUZA *et al.*, 2016).

A *Escherichia coli* Enterotoxigênica (ETEC) é conhecida como causa frequente de diarreia em crianças e adultos nos países menos desenvolvidos e em visitantes de países com saneamento básico precário, causando a diarreia do viajante, principalmente nos meses mais quentes (OLIVEIRA, 2012; ARAÚJO, 2014). Estima-se que as ETEC sejam responsáveis por causarem em média 380.000 mortes anualmente e são transmitidas principalmente pela ingestão de água e alimentos contaminados (OLIVEIRA, 2012). Para levar a um quadro diarreico, em adultos, são necessárias cerca de  $10^6$  a  $10^8$  UFC (FAÚLA, 2016).

A *Escherichia coli* produtora de Toxina Shiga (STEC) apresenta baixa dose infectante (aproximadamente  $10^2$  células) e período de incubação de um a três dias (FAÚLA, 2016). A STEC é de distribuição mundial (OLIVEIRA, 2012). Além disso, alguns sorotipos são responsáveis por três síndromes características: colite hemorrágica, síndrome urêmica hemolítica e púrpura trombótica trombocitopênica (ARAÚJO, 2014). Dentro da classe de STEC, encontra-se o subgrupo *Escherichia*

*coli* Entero-hemorrágica (EHEC). Sendo assim, EHEC denota uma conotação clínica não extensiva a todas STEC. De acordo com essa definição todos os sorotipos de EHEC são patogênicos, sendo o seu principal sorotipo o O157:H7 (FAÚLA, 2016). O principal reservatório natural da STEC são os bovinos (ARAÚJO, 2014) e comumente são veiculadas para o homem por meio do consumo de carne mal cozida, leite e derivados e água contaminada por material fecal do gado (OLIVEIRA, 2012).

Conforme Neves *et al.* (2012), no ano de 2011 houve um surto causado pela STEC notificado na Europa, confirmando a relevância deste patotipo como causador de infecções em humanos. Além disso, em maio de 2000, 2.300 pessoas ficaram doentes e houve sete mortos num surto ocasionado por *E. coli* O157: H7 e *Campylobacter jejuni*, numa comunidade agrícola no Canadá pela contaminação da água consumida devido ao escoamento de águas pluviais contendo fezes de gado (WHO, 2011).

Um outro importante patógeno causador de diarreia em adultos é a *Escherichia coli* Enteroinvasiva (EIEC), grupo de bactérias que atua nas células do *cólon* humano, onde desencadeia uma forte reação inflamatória, seguida de ulcerações, provocando lesões semelhantes às encontradas na shigellose (FAÚLA, 2016). Clinicamente, os indivíduos afetados desenvolvem uma diarreia aquosa, seguida de disenteria, muco e sangue (ARAÚJO, 2014), dores abdominais e febre. Estudos mostram que a dose infectante é baixa (10 UFC), o período de incubação de 8 a 44 horas e curso da doença de vários dias. EIEC são bioquímica, genética e patologicamente relacionadas à *Shigella* spp., embora não produzam a toxina Shiga. As características bioquímicas que marcam o patotipo de EIEC são a perda da capacidade de descarboxilar a lisina, de fermentar a lactose e a não motilidade, o que a diferencia de outras *E. coli* diarreiogênicas (FAÚLA, 2016).

#### 3.5.1.1.2 *Salmonella*

A maioria dos membros do gênero *Salmonella* é lactose negativa e produz H<sub>2</sub>S a partir de aminoácidos que contêm enxofre (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004).

Atualmente, este gênero é dividido em duas espécies: *Salmonella bongori*, que acomete animais de sangue frio; e *Salmonella enterica*, infecciosa para animais de sangue quente, apresentando cerca de 2610 sorotipos, com base nos antígenos das paredes celular (O), flagelar (H) e capsular (Vi, análogo ao K) (BRUGNARI; CORREA, 2012; FERREIRA, 2013).

Como seu *hábitat* é o trato gastrointestinal de homens e animais, é veiculada através de água e alimentos contaminados (TRACOGNA *et al.*, 2013) com esgoto e dejetos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012), além da falta de higiene adequada de portadores assintomáticos (TEBALDI, 2011). Todas as salmonelas são consideradas patogênicas em algum grau (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012), causando uma variedade de doenças, incluindo a gastroenterite e a febre entérica (tifoide) (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004).

A gastroenterite é causada pelos sorotipos *enteriditis* e *thyphimurium* (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004), com um período de incubação de cerca de 12 a 36 horas, caracterizada por febre moderada, acompanhada de náuseas, dores abdominais, cólicas e diarreia. A dose infectante é de cerca de 1.000 bactérias (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). A *Salmonella* invade as células epiteliais do intestino delgado, podendo permanecer ali ou se tornar sistêmica por sobreviver em células fagocíticas. Em pacientes sem outros comprometimentos a doença geralmente se autolimita (48 a 72 horas), embora carreadores convalescentes possam persistir por um mês ou mais (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004).

A febre tifoide é uma doença sistêmica grave, caracterizada por febre e, frequentemente, sintomas abdominais. É causada principalmente pelo sorotipo *typhi*. O período de incubação varia de 5 a 21 dias (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004) e a sintomatologia inclui transtornos abdominais, febre alta (TEBALDI, 2011), calafrios, sudorese, cefaleia, anorexia, fraqueza, dor de garganta, tosse, mialgia (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004) e, nos casos mais graves, pode levar ao óbito (TEBALDI, 2011; WHO, 2011). Os sintomas costumam desaparecer entre 3 e 4 semanas. Uma pequena porcentagem dos pacientes torna-se carreadora crônica (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004).

Em 1954, em Itatiba (SP), houve uma epidemia de febre tifoide, na qual chegou-se à conclusão de que o responsável pela contaminação da água de abastecimento público fora o esgoto (NEVES, 2003).

A antibioticoterapia não é muito útil no tratamento das doenças causadas pela *Salmonella*, assim como em muitas doenças diarreicas, sendo o mais indicado a terapia de reidratação oral (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

### 3.5.1.1.3 *Shigella*

Estas bactérias são imóveis, não capsuladas e lactose negativas. A maioria das cepas não produz gás na fermentação mista da glicose. A shigelose tem uma dose infectante baixa, pois a contaminação inferior a 200 bactérias viáveis é o suficiente para causar a doença (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004). Existem quatro espécies patogênicas: *S. sonnei*, *S. dysenteriae*, *S. flexneri* e *S. boydii*, que são residentes apenas do trato intestinal de seres humanos, chimpanzés e macacos. (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). A *Shigella* causa a disenteria bacilar clássica, caracterizada por diarreia com sangue, muco, febre e contrações abdominais dolorosas. Em populações não comprometidas, a disenteria não tratada normalmente é superada em uma semana, mas pode persistir. A *Shigella* também produz uma exotoxina, chamada toxina de Shiga, que apresenta propriedades enterotóxicas e citotóxicas, com papel secundário no desenvolvimento das lesões intestinais (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004).

Uma série de grandes surtos de shigelose foi registrado. Como a *Shigella* não é particularmente estável em ambientes aquáticos, a sua presença na água indica contaminação recente por dejetos (WHO, 2011). Cerca de 2% dos surtos de doenças veiculadas por água e alimentos, no estado de São Paulo, são causados por *Shigella*, atingindo em média 396 pessoas ao ano (CVE, 2013).

Um surto de shigellose ocorreu em Idaho (EUA), afetando 83 pessoas, devido à contaminação de água *in natura* de um poço, por esgoto com drenagem deficiente (WHO, 2001).

Recomenda-se o tratamento com reidratação oral e, nos casos mais graves a antibioticoterapia é indicada (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

### 3.5.1.2 *Campylobacter*

São bactérias Gram negativas, microaerófilas, curvadas em espiral (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012) e possuem um único flagelo polar, que confere a essa bactéria seu movimento característico (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004). A temperatura de crescimento ótimo é de cerca de 42 °C, próxima a do hospedeiro animal, sendo a ave o principal. Os antígenos somáticos, capsular e flagelar contribuem para a existência de inúmeros sorotipos. (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004). O principal representante deste grupo é o *Campylobacter jejuni*, que causa uma enterite aguda caracterizada por febre, dor abdominal em cólica e diarreia ou disenteria, sendo que a recuperação do doente ocorre dentro de uma semana, sendo autolimitante (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

Embora este agente seja uma importante causa de diarreia em todo o mundo, tem uma mortalidade baixa, assim como a dose infectante que pode ser inferior a 1.000 células. Como a infecção se dá pela via fecal-oral, uma importante fonte de transmissão são os alimentos, mas a água é também uma significativa fonte, principalmente pelas águas superficiais após chuva ou na presença de aves aquáticas (WHO, 2011; OLIVEIRA, 2012).

Entre os anos de 2009 a 2010, nos Estados Unidos, foram notificados 33 surtos em água para consumo humano, envolvendo 1040 doentes, 85 hospitalizações e nove mortes. *Campylobacter* foi responsável por 12% dos surtos, acometendo 812 doentes, 17 hospitalizados e nenhum óbito, sendo o agente etiológico único em quatro destes surtos (CDC, 2013).

### 3.5.1.3 *Vibrio cholerae*

As bactérias deste gênero são bastonetes Gram negativos, curtos, curvados e com um único flagelo polar (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). Os vibriões são anaeróbios facultativos e seu desenvolvimento é estimulado ou relacionado por sal (NaCl). Estão presentes os antígenos O e H, mas apenas os antígenos O são úteis na distinção de cepas de vibriões que causam epidemias (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004).

Existem pelo menos 11 espécies de *Vibrio*, além do *Vibrio cholerae*, que podem causar doença em humanos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). Os dois principais sorogrupos do *V. cholerae*, O1 e O139, são responsáveis pela epidemia de cólera, uma doença diarreica aguda, que causa cerca de 142.000 mortes todo ano (DESHAYES *et al.*, 2015), transmitida por via fecal-oral, sendo contraída pela ingestão de água e alimentos contaminados com fezes (WHO, 2011).

Após a ingestão e um período de incubação de algumas horas ou dias o *V. cholerae* produz uma enterotoxina no intestino delgado, denominada toxina da cólera, que provoca efluxo de íons e água para o lúmen do intestino, produzindo uma diarreia líquida com aspecto de água de arroz. A perda súbita de líquidos e eletrólitos pelas fezes pode causar choque, colapso e, frequentemente, morte. Podem ocorrer vômitos violentos e a febre não costuma estar presente (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004; TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

O tratamento mais utilizado é feito pela reposição de fluidos e eletrólitos, que reduz a taxa de morte para menos de 1% (STROHL; ROUSE; FISHER, 2004), enquanto que nos casos não tratados observa-se uma taxa de mortalidade de 50%. Pode-se utilizar a tetraciclina, embora a quimioterapia não seja tão efetiva quanto a reposição de fluidos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

O primeiro surto de doenças transmitidas pela água notificado na Suécia foi de uma epidemia de cólera entre os anos de 1834 e 1874 (WHO, 2001).

Além das bactérias descritas, um importante grupo causador de surtos de veiculação hídrica é o dos vírus.

### **3.5.2 Agentes virais**

Os vírus que causam gastroenterite associados à veiculação por água são predominantemente os entéricos, que geralmente causam doença aguda com um curto período de incubação, sendo excretados nas fezes de indivíduos infectados em grandes quantidades (de  $10^5$  a  $10^{13}$  partículas de vírus por grama de fezes) (WHO, 2011) com baixa dose infectante (1 a 100 partículas virais podem causar infecção em indivíduos susceptíveis) e capazes de contaminar direta ou indiretamente a água consumida pelo homem (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014; SPILKI, 2015).

Os vírus entéricos não são envelopados, possuem simetria icosaédrica e são altamente resistentes a diversas condições desfavoráveis (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014), como extremos de pH, alta concentração de sal e temperaturas elevadas, mantendo-se viáveis por longos períodos no ambiente (SPILKI, 2015).

Atualmente, a legislação brasileira recomenda a pesquisa de vírus quando dados epidemiológicos apontam a água como via de transmissão, entretanto a detecção de vírus em amostras ambientais é um desafio, uma vez que não há um método padronizado para qualquer tipo de água, devido à diversidade e complexidade das amostras. Além disso, é necessária uma metodologia confiável e de baixo custo, para se ter certeza de que os vírus detectados estão, realmente, viáveis na amostra. Sabe-se que hoje as investigações desses vírus em amostras ambientais ainda estão restritas a laboratórios de pesquisa (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

A maioria dos casos de gastroenterite viral é causada por rotavírus e norovírus (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). Com isso, alguns desses vírus são retratados a seguir.

### 3.5.2.1 Rotavírus

Os rotavírus são membros da família *Reoviridae* (ICTV, 2015) e apresentam morfologia esférica com simetria icosaédrica, sem envelope e o genoma é composto de RNA fita dupla com 11 segmentos localizados no nucleocapsídeo. Atualmente, são designados sete grupos diferentes designados de A a G, dos quais apenas os grupos A, B e C infectam o homem. Os outros (D-G) não têm sido associados à doença no homem (SALVADOR *et al.*, 2011; PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

Doses relativamente baixas são capazes de causar infecção no homem, embora sejam encontrados em altas concentrações nas fezes de pessoas contaminadas. A via de transmissão é a fecal-oral, mais comumente de pessoa a pessoa por aerossóis (WHO, 2011) ou contato com mãos, superfícies e objetos contaminados (PRÜSS-USTÜN *et al.*, 2016), entretanto a infecção através da água contaminada com fezes também é uma via de transmissão possível. Assim como outros vírus, os rotavírus são resistentes a alguns processos de tratamento de água, constituindo um risco para a saúde pública (WHO, 2011).

Ao ser ingerido, o vírus se adere às células do epitélio intestinal, multiplicando-se no intestino delgado, em particular o jejuno, nas células presentes no topo das vilosidades intestinais onde causa lesão, desencadeando o fenômeno da má absorção resultando na característica osmótica da diarreia provocada (SALVADOR *et al.*, 2011). Após um período de incubação de 2 a 3 dias, na maioria dos casos, o doente apresenta febre baixa, diarreia e vômitos, que persistem por aproximadamente uma semana (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). A infecção acomete os indivíduos em todas as idades, mas são mais comuns em crianças menores de cinco anos, podendo levar à morte em todo o mundo, devido ao quadro de desidratação que promove (WHO, 2011; FILHO, 2013).

Conforme Filho (2013), este vírus está presente em 60% dos episódios diarreicos nos países em desenvolvimento e em 40% dos casos em países desenvolvidos. O rotavírus é responsável pelo óbito, ao ano, de cerca de 500 mil crianças menores de cinco anos de idade.

Além disso, de acordo com Prado e Miagostovich (2014) este vírus foi encontrado em 100% das amostras de esgoto bruto e em 71% de esgoto tratado numa estação de tratamento de esgoto (ETE) na cidade do Rio de Janeiro, sendo a maior taxa de detecção dentre outros vírus entéricos, encontrados nessa mesma ETE.

### 3.5.2.2 Norovírus

Os norovírus (NoV), pertencem à família *Caliciviridae* (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012; PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014; ICTV, 2015) e são constituídos por um capsídeo e um ácido nucleico (RNA fita simples), não possuem envelope e seu nucleocapsídeo é arredondado e de simetria icosaédrica (MORILLO; TIMENETSKY, 2011).

São transmitidos por via oral-fecal, causando doença gastrointestinal em todo o mundo, por contato pessoa a pessoa ou pela ingestão de água e alimentos contaminados (ASHBOLT, 2015). O vírus se multiplica no citoplasma dos enterócitos, causando náusea, dor abdominal, vômito e diarreia branda, autolimitada e não sanguinolenta. Entretanto, alguns pacientes podem apresentar formas mais graves, com náuseas e vômitos seguidos de diarreia abundante, acarretando severa desidratação e, eventualmente, óbitos. Os casos de morte causados por NoV são mais comuns em pessoas idosas. (MORILLO; TIMENETSKY, 2011). O período de incubação varia entre 24 a 48 horas, e a duração dos sintomas de 12 a 60 horas (WHO, 2011; TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

Conforme Beer *et al.* (2015), entre os anos de 2011 a 2012, nos EUA, ocorreram 32 surtos envolvendo água para consumo, nos quais 431 pessoas foram envolvidas e 138 foram infectadas pelo norovírus. Além disso, surtos de diarreia têm sido descritos, associados à ingestão destes vírus através de água potável e em crustáceos contaminados (TAVARES; CARDOSO; BRITO, 2005).

Conforme Prado e Miagostovich (2014) as maiores taxas de detecção de NoV vêm sendo encontradas em águas residuárias urbanas e hospitalares, no Rio de Janeiro,

assim como também foi bastante detectado o norovírus em vários ecossistemas aquáticos na cidade de Florianópolis.

Não há antiviral para combater as noroviroses, por isso se realiza apenas a reidratação oral com líquidos isotônicos por via oral. Nos casos de desidratação grave pode ser necessária a hospitalização, com o uso de reidratação administrada por via intravenosa (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). Alguns sintomas como dor de cabeça, dor nos músculos e náusea podem ser tratados com analgésicos (MORILLO; TIMENETSKY, 2011).

### 3.5.2.3 Adenovírus

Os adenovírus (AdV) pertencem à família *Adenoviridae* (ICTV, 2015), possuem no genoma uma dupla fita de DNA linear e não possuem envelope. Os AdV infectam uma diversidade de espécies e possuem tropismo variado, podendo contaminar vários sítios mucosos (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014), causando doenças respiratórias agudas, gastrointestinais e infecções do trato urinário (FILHO, 2013). Existem sete espécies que infectam o ser humano (A a G) (ICTV, 2015), mas a espécie F (particularmente sorotipos 40 e 41) é a principal responsável pelos casos de gastroenterite no homem (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

A infecção por estes vírus é caracterizada por diarreia, vômitos, febre baixa e leve desidratação, que podem durar até 12,2 dias (FILHO, 2013). Além disso, são mais resistentes aos processos de desinfecção que os outros vírus entéricos, como afirmado em estudo feito por Prado e Miagostovich (2014) que detectou 50% de viabilidade destes vírus em água potável clorada, num abastecimento público no estado de Santa Catarina, demonstrando a resistência dos AdV ao processo de cloração.

Assim como estes vírus descritos, outros agentes capazes de causar patologia ao ser humano quando veiculados pela água são os protozoários, como se segue.

### 3.5.3 Protozoários

Os protozoários são o grupo de patógenos menos sensível à inativação durante o tratamento por desinfecção química ou filtração, podendo sobreviver na água por períodos prolongados (CÔRTEZ *et al.*, 2014). Exemplos são os oocistos de *Cryptosporidium* e os cistos de *Giardia* (FREGONESI *et al.*, 2012) e *Entamoeba* (WHO, 2011).

Numa revisão realizada por Fregonesi *et al.* (2012), dentre os anos de 2001 a 2011 foram encontrados 18 artigos que estudaram a presença de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. em água tratada utilizando o Método 1623 da USEPA. Do total, 11 artigos apresentaram resultados positivos para *Cryptosporidium* spp. e 10 demonstraram resultados positivos para *Giardia* spp., podendo-se concluir que os processos de tratamento convencional da água não são 100% eficientes na remoção desses patógenos.

Os protozoários são transmitidos através da via fecal-oral e também são importantes agentes causadores de doenças diarreicas de veiculação hídrica tanto em humanos quanto em animais, sendo os principais responsáveis por causar diarreia em crianças (OSMAN *et al.*, 2016). Embora constitua um grave problema para a saúde das pessoas, a avaliação da qualidade parasitológica da água é pouco estudada (CÔRTEZ *et al.*, 2014).

O período de incubação da doença varia conforme o patógeno, mas pode variar entre alguns dias a meses após contato. Os sintomas mais comuns são náuseas, vômitos, dores abdominais e febre (CÔRTEZ *et al.*, 2014).

#### 3.5.3.1 *Cryptosporidium*

Existem cerca de 30 espécies do gênero descritas, entretanto *C. hominis* e *C. parvum* são os principais representantes, uma vez que são responsáveis por mais de 90% das infecções em seres humanos (FRANCO *et al.*, 2016). Estes protozoários são relativamente pequenos, com cerca de 3 a 7 µm de diâmetro, bastante

persistentes no meio ambiente e resistentes a desinfecção química (WHO, 2011), sendo necessário removê-los da água pelo processo de filtração, que muitas vezes também falha (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). Ocorrem em todo o mundo, causando doenças gastrointestinais em indivíduos saudáveis e uma patologia mais grave, levando a risco de morte, em pessoas imunocomprometidas (WHO, 2011; FREGONESI *et al.*, 2012). São comumente relacionados a casos de surto pela veiculação de água potável (WHO, 2011).

A infecção ocorre pela ingestão dos oocistos, que liberam esporozoítos no intestino delgado. Como são móveis, invadem células epiteliais do intestino e, após o ciclo, novos oocistos são liberados pelas fezes, contaminando a água. A dose infectante é baixa, em torno de 10 oocistos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012), e estima-se que durante a manifestação sintomática sejam eliminados com as fezes cerca de  $10^{10}$  oocistos de *Cryptosporidium* (FREGONESI *et al.*, 2012).

A sintomatologia inclui náuseas, vômitos, febre e uma diarreia auto limitada, que geralmente se resolve em uma semana em pessoas saudáveis, entretanto podendo durar mais de um mês em imunocomprometidos (WHO, 2011), tornando-se progressivamente mais severa, causando a morte. Não há outro tratamento satisfatório além da reidratação oral. (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

Em 1993, foi registrado o mais conhecido caso de surto ocasionado pelo *C. parvum* na cidade de Milwaukee, nos Estados Unidos. Mais de 400 mil pessoas foram infectadas devido à falha durante o tratamento num sistema público de águas (FILHO, 2013; FRANCO *et al.*, 2016).

### 3.5.3.2 *Giardia*

A *Giardia duodenalis* é a principal espécie do gênero que parasita o ser humano (FRANCO *et al.*, 2016), sendo um protozoário flagelado e em formato de pêra. O trofozoito tem entre 10 e 20  $\mu\text{m}$ , possuindo estruturas em forma de ventosa (SANTANA *et al.*, 2014), que se fixam à parede intestinal humana firmemente, causando uma diarreia prolongada, podendo persistir por semanas. Além disso,

pode causar mal estar, náuseas, flatulência, fraqueza e cólicas abdominais (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). Alguns indivíduos, principalmente as crianças, que possam apresenta a forma crônica da parasitose, têm um quadro de perda de peso e má absorção de nutrientes (FREGONESI *et al.*, 2012).

Durante o período sintomático, podem ser eliminados até  $1,44 \times 10^9$  cistos de *Giardia* com as fezes, que é a forma infectante, podendo permanecer viáveis por mais de 150 dias na água e por até 130 dias nas fezes. A dose infectante varia entre 25 a 100 cistos (FREGONESI *et al.*, 2012), que são relativamente insensíveis ao cloro, sendo preciso filtrar ou ferver a água antes de ingeri-la para eliminá-los. O tratamento mais utilizado é com metronidazol, secnidazol ou tinidazol (SANTANA *et al.*, 2014), normalmente efetivo em uma semana (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

Após a compilação de diversos estudos realizado por Oliveira (2011), chegou-se à conclusão de que 32% dos surtos notificados em todo o mundo estavam associados à contaminação da água potável por cistos de *Giardia*.

### 3.5.3.3 *Entamoeba histolytica*

A *Entamoeba histolytica* causa a amebíase ou disenteria amebiana, disseminada principalmente por água e alimentos contaminados por cistos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012), que são esféricos ou ovais e medem de 8 a 20  $\mu\text{m}$  de diâmetro (NEVES *et al.*, 2012). Estes cistos, assim como nos protozoários acima, são resistentes à desinfecção e não são inativados pela cloração da água (WHO, 2011).

Ao ingerir o parasito, a acidez estomacal destrói os trofozoítos, mas não os cistos, digerindo sua parede no trato intestinal, liberando os trofozoítos. Depois, estes se aderem e multiplicam nas células epiteliais do intestino grosso, levando a uma disenteria grave, com fezes sanguinolentas e muco. O tratamento é realizado com metronidazol e iodoquinol (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

Segundo Filho (2013), ocorrem em todo o mundo, por ano, aproximadamente 50 mil casos de infecções por *E. histolytica* e 100 mil mortes.

Além dos protozoários descritos acima, há um último grupo de grande importância como transmissores de doenças também transmitidos pela água que são os helmintos, descritos abaixo.

### 3.5.4 Helmintos

Os helmintos fazem parte de um grupo numeroso de animais, que incluem espécies de vida livre e também de vida parasitária. São divididos entre os filos Platyhelminthes, Nematoda e Acanthocephala. São responsáveis por parasitar um grande número de pessoas e animais em todo o mundo. A água é uma via de transmissão, embora não seja a principal (WHO, 2011; NEVES *et al.*, 2012).

#### 3.5.4.1 *Ascaris lumbricoides*

A transmissão da ascaridíase se dá pela ingestão dos ovos de *Ascaris lumbricoides*, que têm cor acastanhada e são ovais, grandes (cerca de 50 µm de diâmetro) com casca espessa que garante resistência ao ovo às condições ambientais, podendo permanecer infectantes no solo por vários meses até serem ingeridas pelo hospedeiro (NEVES *et al.*, 2012). Além disso, a transmissão também ocorre por meio de água e alimentos contaminados e contato com material subungueal, aliado a maus hábitos sanitários (SOUZA *et al.*, 2014).

Após a ingestão, os ovos atravessam o trato digestivo e as larvas eclodem no intestino delgado. Depois, elas têm um ciclo de maturação no organismo passando pela parede intestinal, vasos linfáticos e veias, fígado, coração, pulmões, capilares e alvéolos pulmonares, traqueia, faringe, estômago e, finalmente, fixam-se no intestino delgado. Ao alcançar maturidade sexual copulam e liberam os ovos nas fezes do hospedeiro (NEVES *et al.*, 2012).

Normalmente a ascaridíase é assintomática, mas quando ocorre pode ser devido à migração pulmonar, causando uma pneumonite auto limitada que se cura em 2 semanas. Pode ocorrer também obstrução intestinal por causa de um elevado

número de vermes adultos no intestino ou localização ectópica dos vermes adultos. Nos casos crônicos o verme presente no intestino delgado, pode levar a distensão, dor abdominal, anorexia e diarreia (NEVES *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2014).

O tratamento convencional se baseia na ingestão de antiparasitários como o albendazol e mebendazol. Em casos de obstrução intestinal recomenda-se usar piperazina e também o óleo mineral (NEVES *et al.*, 2012).

Considerando um episódio de surto de veiculação hídrica o relato dos sinais e sintomas, embora contribuam com o direcionamento das pesquisas dos possíveis agentes causais são inespecíficos, pois em sua maioria prevalecem os sinais e sintomas entéricos. Com isso, a pesquisa de bioindicadores de contaminação fecal passa a ser uma ferramenta de avaliação da qualidade da água, capaz de nortear as ações de vigilância sanitária e epidemiológica.

### **3.6 Indicadores de contaminação ambiental e fecal**

A identificação de micro-organismos patogênicos em água, em geral, é complexa e onerosa (BURGOS *et al.*, 2014). Sendo assim, utilizam-se indicadores microbiológicos específicos na análise de qualidade da água. Este termo “indicador” se refere a um determinado micro-organismo ou grupo de micro-organismos que evidencia poluição da água analisada com material de origem fecal, humana ou animal (NUNES; SOARES; REIS, 2015), demonstrando a possibilidade da presença de algum patógeno entérico na amostra (BURGOS *et al.*, 2014).

Para ser considerado um indicador o micro-organismo deve ter determinadas propriedades, como ser aplicável a diferentes tipos de água, possuir população ambiental mais numerosa que outros patógenos, ter maiores chances de sobrevivência que os patógenos e, principalmente, ser detectado por técnicas rápidas, simples e baratas. O melhor indicador de contaminação fecal deve ter o trato gastrointestinal de homens ou outros animais como *hábitat* exclusivo, estar presente em grande quantidade nas fezes, ser bastante resistente ao ambiente

extraintestinal e conseguir ser detectado por metodologias simples e rápidas (TEBALDI, 2011).

Com isso, na avaliação da qualidade microbiológica da água, utilizam-se bactérias do grupo coliforme, que são os indicadores de contaminação ambiental ou fecal (GIRARD, 2012). Os principais componentes do grupo coliforme são os gêneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*. Essas bactérias são Gram negativas, presentes nas fezes ou associadas ao solo (WHO, 2011; YAMAGUCHI *et al.*, 2013). O grupo coliforme é dividido em coliformes totais e os coliformes termotolerantes (TEBALDI, 2011).

Os coliformes totais pertencem à família Enterobacteriaceae, fermentam a lactose com formação de gás em 48 horas a 35 °C e apresentam a atividade da enzima  $\beta$ -D-galactosidase. Nesse grupo, estão incluídas aproximadamente 23 espécies, que se diferenciam entre si por suas características bioquímicas, sorológicas e *habitat*, podendo existir bactérias originárias tanto do trato gastrointestinal quanto outros gêneros não entéricos, como a *Serratia*, por exemplo (TEBALDI, 2011).

Os coliformes totais são bactérias que indicam principalmente contaminação pelo solo, uma vez que são escassas nas fezes (GIRARD, 2012). Os coliformes totais podem sobreviver e multiplicar em água. Estes coliformes, quando presentes nos sistemas de distribuição e armazenamento de água indicam deficiência no processo de desinfecção da água, possível biofilme ou contaminação pela entrada de materiais estranhos, como solo ou plantas (WHO, 2011).

Os coliformes termotolerantes são um subgrupo dos coliformes totais, capazes de fermentar a lactose em 24 horas a 44,5 °C. Nesse grupo estão incluídos pelo menos 4 gêneros: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, dos quais os 3 últimos não são de origem exclusivamente do trato gastrointestinal. Sendo assim, usa-se apenas o gênero *Escherichia* como indicador de contaminação fecal (TEBALDI, 2011) e o que diferencia esse gênero de outros coliformes termotolerantes é a capacidade de produzir indol a partir do triptofano e a presença da enzima  $\beta$ -glucuronidase (WHO, 2011).

Com isso, na avaliação da qualidade microbiológica da água o organismo de escolha como indicador de contaminação fecal é a *E. coli* (NUNES; SOARES; REIS, 2015) ou, alternativamente, pode-se fazer a pesquisa de coliformes termotolerantes (WHO, 2011). Uma vez que a *E. coli* está presente exclusivamente no trato gastrointestinal dos seres humanos e animais (FAÚLA, 2016), encontra-se em elevadas concentrações nas fezes (BURGOS *et al.*, 2014) e é desprovida de vida livre no ambiente, a presença de *E. coli* indica que há contaminação fecal recente da água (YAMAGUCHI *et al.*, 2013).

É importante mencionar que a determinação dos coliformes totais é um importante parâmetro da possibilidade de existência de outros micro-organismos patogênicos presentes no ambiente, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica. Entretanto, somente a presença de coliformes termotolerantes (ou *E. coli*) indica a possibilidade de ocorrência de micro-organismos patogênicos de origem fecal na água (MOREIRA; CONDÉ, 2015; FAÚLA, 2016).

Além de ser o mais específico indicador de contaminação fecal recente e eventual presença de organismos patogênicos na água (NUNES; SOARES; REIS, 2015), é importante lembrar que a *E. coli*, embora faça parte da microbiota intestinal, pode apresentar cepas patogênicas como descrito anteriormente e que podem causar infecções graves no ser humano (BURGOS *et al.*, 2014), estando envolvidas em surtos de doenças de veiculação hídrica (FAÚLA, 2016). Também, a *E. coli* muitas vezes é responsável por infecções extraintestinais, como nos casos de infecções urinárias (SANTOS *et al.*, 2015).

### **3.7 Vigilância Sanitária, Epidemiológica e Ambiental**

As doenças de veiculação hídrica caracterizam-se como uma síndrome causada pela ingestão de água contaminada, tendo como principais sintomas anorexia, náuseas, vômitos ou diarreia, acompanhados ou não de febre. Além desses, podem ocorrer contaminações extra intestinais em diversos sistemas e órgãos, como rins, fígado, sistema nervoso central e outros, conforme agente etiológico (BRASIL,

2010). Essas enfermidades são ocasionadas por contaminantes químicos, físicos, microbiológicos ou suas toxinas (TEBALDI, 2011). As doenças de veiculação hídrica podem atingir diversos níveis sociais, demográficos e faixa etárias, tendo como consequência prejuízos à saúde da população e econômicos devido aos custos com o tratamento dessas doenças (OLIVEIRA, 2012).

O Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica, existente desde 1999 (BRASIL, 2016), preconiza a notificação de casos de doenças de notificação compulsória e de surtos de qualquer etiologia. A Vigilância Epidemiológica das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (VE-DTHA) está dirigida para a notificação e investigação de surtos (BRASIL, 2010), desenvolvendo medidas de controle e prevenção para tais doenças. Além disso, a VE-DTHA é responsável pela capacitação das equipes de vigilância em saúde (OLIVEIRA, 2012).

O sistema de notificação das DTHA se inicia com a notificação. Sempre que se suspeitar da ocorrência de um surto de DTHA as pessoas envolvidas devem comunicar às autoridades sanitárias do município (BRASIL, 2010). Depois, faz-se o registro do surto por meio de um formulário epidemiológico onde são lançadas todas as informações referente ao episódio, inclusive os dados clínicos, que auxiliarão o direcionamento das análises laboratoriais. Ao final da investigação, caberá à equipe de vigilância epidemiológica alimentar o banco de dados (Sinan-net), que será posteriormente consultado pelo Estado e governo federal (OLIVEIRA, 2012).

A investigação de um caso suspeito de surto de DTHA se inicia pela identificação dos comensais, que são as pessoas doentes e não doentes, definindo manifestações clínicas e período de incubação, para que se elaborem hipóteses do agente etiológico e possível fonte. O período de incubação é uma informação importante e variável conforme o patógeno, podendo ocorrer desde minutos até vários meses após a ingestão do alimento ou água contaminados (OLIVEIRA, 2012; BRASIL, 2010). As medidas de prevenção e controle do surto devem ser tomadas em conjunto à investigação e conforme situação encontrada (BRASIL, 2010).

Com isso, uma das ações da vigilância ambiental se relaciona ao monitoramento da qualidade da água utilizada para consumo por determinada população, devendo ser uma atividade rotineira e preventiva (PAIVA, 2013). Desde 2002 o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) está em vigência e se baseia nos mesmos princípios doutrinários do Sistema Único de Saúde (SUS), considerando-se a descentralização político-administrativa, principalmente em ações voltadas para os municípios; integralidade, abrangendo todo sistema de abastecimento de água desde o manancial até a casa do consumidor; igualdade, em relação ao acesso a água e também equidade, devendo as ações da vigilância respeitarem as diferenças culturais e sócio-econômicas da população considerada. Sendo assim, obtém-se indicadores pelas vigilâncias sanitária, epidemiológica e ambiental que auxiliam na avaliação dos riscos que determinada população está sujeita, possibilitando o planejamento e ações de correção, controle e prevenção das DVA (SOARES, 2010).

Considerando isso, Minas Gerais conta, atualmente, com 28 Gerências Regionais de Saúde (GRS), a saber: Alfenas, Barbacena, Belo Horizonte, Coronel Fabriciano, Diamantina, Divinópolis, Governador Valadares, Itabira, Ituiutaba, Januária, Juiz de Fora, Leopoldina, Manhumirim, Montes Claros, Passos, Patos de Minas, Pedra Azul, Pirapora, Ponte Nova, Pouso Alegre, São João Del Rei, Sete Lagoas, Teófilo Otoni, Ubá, Uberaba, Uberlândia, Unaí e Varginha, representadas na **Figura 1** (SES-MG, 2005). Esta rede conta também com 346 Vigilâncias Sanitárias Municipais e o Laboratório Central de Saúde Pública de Minas Gerais (LACEN-MG), que são os responsáveis, dentre outras atividades, pela investigação de surtos de doenças de transmissão hídrica e alimentar (FAÚLA, 2016).

Divisão assistencial da saúde de Minas Gerais: por região e região ampliada (PDR) e administrativa (URS: GRS e SRS)

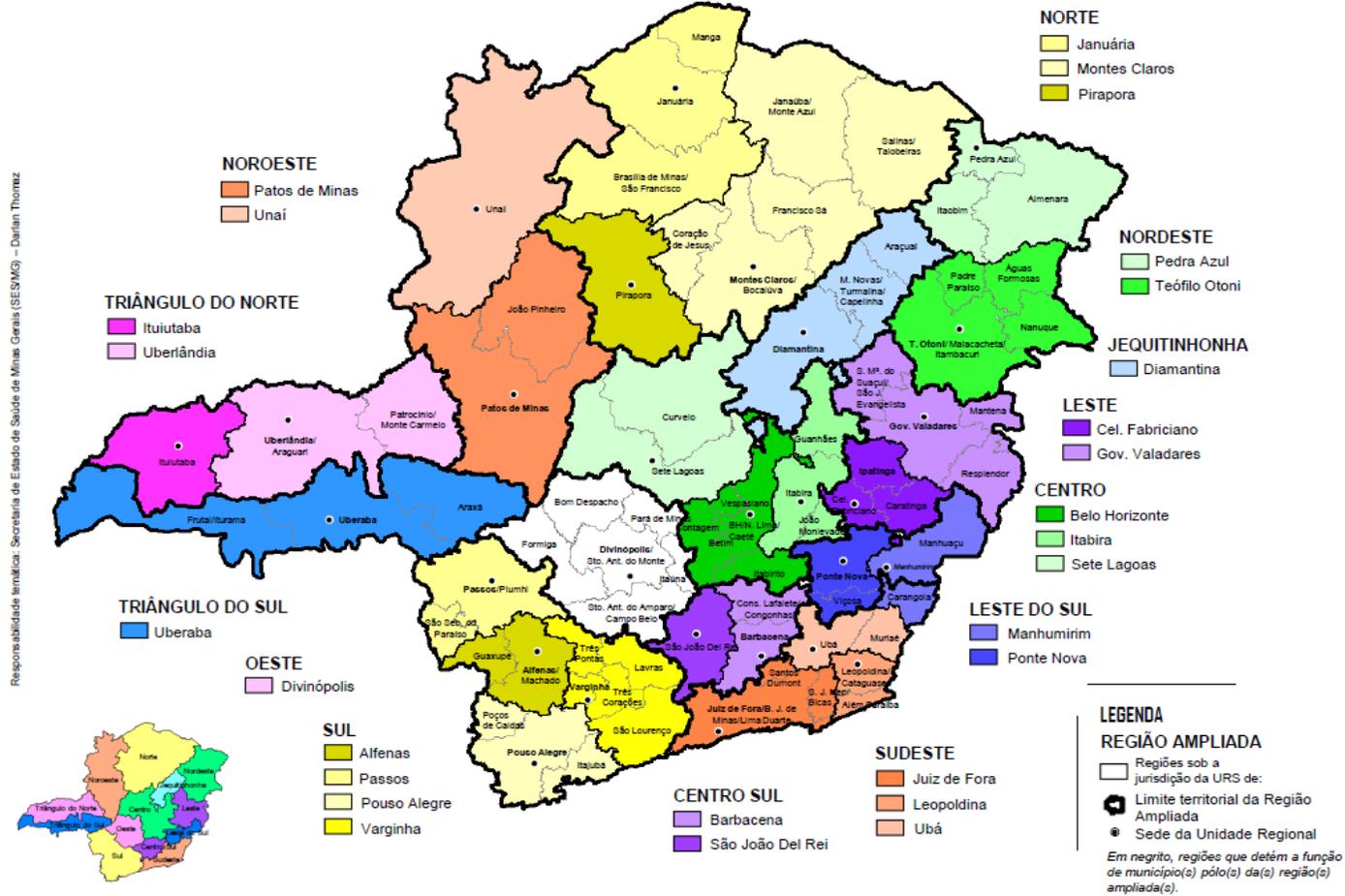


Figura 1 – Gerências Regionais de Saúde pertencentes a Minas Gerais.

FONTE: Faúla, 2016.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Levantamento de dados**

Os dados referentes à qualidade microbiológica da água para consumo humano foram obtidos por meio de um levantamento dos surtos notificados, ocorridos em diferentes municípios mineiros, no período de janeiro de 2014 a abril de 2016.

A pesquisa foi realizada na Fundação Ezequiel Dias (FUNED), Laboratório Central de Saúde Pública (LACEN) do Estado de Minas Gerais, localizado em Belo Horizonte, por meio da análise dos formulários de inquérito epidemiológico e de dados obtidos no Sistema de Gerenciamento de Amostra, software SGA - 2000, versão 4.46; Gerenciador de Ambiente Laboratorial - GAL, servidor <https://gal.funed.mg.gov.br/>, versão 2.7.6.3.

### **4.2 Etapas de investigação de surtos de veiculação hídrica**

#### **4.2.1 Ações da Vigilância Sanitária - Coleta de dados e amostras**

Os fiscais de Vigilância Sanitária do município onde o surto foi notificado realizaram a investigação com as pessoas envolvidas por meio de uma entrevista e registraram as informações obtidas na ficha de inquérito epidemiológico. Em seguida, as amostras de água consumida foram coletadas do local de ocorrência, em bolsas estéreis de polietileno (com tiosulfato), identificadas e encaminhadas em caixas isotérmicas para o LACEN, onde foram analisadas.

#### **4.2.2 Papel do LACEN na investigação dos surtos - Análises microbiológicas**

Devido ao nível de complexidade das análises microbiológicas para o isolamento e identificação dos potenciais enteropatógenos responsáveis pelos possíveis surtos ocorridos, as amostras foram submetidas às análises de padrão de potabilidade por meio da pesquisa de indicadores de contaminação ambiental e fecal.

A técnica utilizada para detecção dos coliformes totais e *Escherichia coli* foi a do substrato enzimático cromogênico e fluorogênico Colilert®, aprovado pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, parâmetros estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011.

O Colilert® é utilizado para detecção de coliformes totais e *E. coli* em água e possui os substratos orto-nitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosídeo (ONPG) e 4-metil-umbeliferil- $\beta$ -glucuronídeo (MUG). Os coliformes totais possuem a enzima  $\beta$ -D-galactosidase e, então, hidrolisam o substrato ONPG, liberam o ortonitrofenol, produzindo coloração amarela do meio. A *E. coli*, além de possuir a  $\beta$ -D-galactosidase, metabolizando o ONPG, também utiliza a enzima  $\beta$ -glucuronidase para metabolizar o substrato MUG, liberando a umbeliferona que produz fluorescência quando exposta a luz ultra violeta (365 nm).

Para análise, foram utilizados 100 mL da água coletada nas bolsas estéreis onde se adicionou assepticamente o substrato enzimático Colilert®. Após homogeneização, as amostras foram incubadas a 35 +/- 2 °C por 18 a 24 horas. Transcorrido o tempo de incubação, as amostras que desenvolveram a coloração amarela indicaram a presença de coliformes totais. A presença de fluorescência azul na bolsa amarela, quando exposta à radiação ultravioleta (365 nm) confirmou a presença de *Escherichia coli* na amostra analisada.

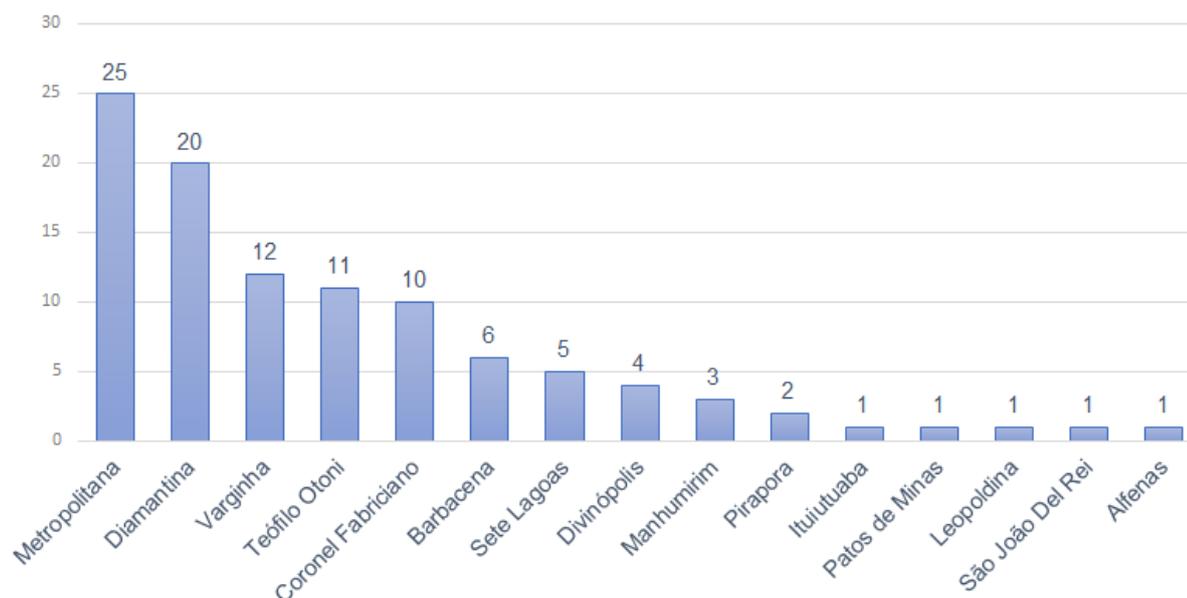
O Colilert® é utilizado para pesquisa de indicadores de contaminação ambiental e fecal devido diversas vantagens. Uma delas é ser um método oficial, reconhecido por compêndios internacionais e também pela Portaria MS nº 2914/2011. Além disso, é uma metodologia rápida, sendo executada em menos de 1 minuto, apresentando resultado em 24 horas (sendo confirmativo, não presuntivo). É também simples, uma vez que não é necessária grande área física e utiliza apenas bico de bunsen, geladeira e lâmpada que emite radiação ultravioleta. Um dos principais pontos positivos do uso do substrato enzimático é o baixo custo em relação aos métodos clássicos, não sendo necessário outros meios de cultura e autoclave. Por fim, é um método específico e sensível, favorecendo o crescimento de bactérias do grupo coliformes, que utilizam enzimas para metabolizar o Colilert®, produzindo coloração e fluorescência específicas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Brasil (2016), entre os anos de 2014 e 2016 foram registrados no país 1.697 surtos de doenças de transmissão hídrica e alimentar – DTHA. Nesse mesmo período, 103 surtos envolvendo água tratada (210 amostras) e água *in natura* (72 amostras) foram notificados nos diferentes municípios mineiros, totalizando 282 amostras. A região sudeste registrou a maioria dos episódios de DTHA ocorridos entre os anos de 2007 e 2016 (43,8%) no Brasil, sendo notificados 6.632 surtos, envolvendo 469.482 pessoas, das quais 118.104 ficaram doentes (BRASIL, 2016).

Embora esse número seja alarmante, acredita-se que seja ainda maior, uma vez que, no Brasil, as DTHA são subnotificadas por não serem de notificação compulsória, exceto em episódios envolvendo *Vibrio cholerae*. Também, devido ao longo período de incubação muitas vezes o indivíduo exposto não relaciona os sinais e sintomas com a ingestão da água contaminada. Além disso, muitas vezes, os expostos não são localizados para os estudos epidemiológicos, tendo-se apenas um número aproximado de casos. Por isso, para que a investigação das DTHA seja realizada com sucesso, é necessário um serviço de vigilância sanitária e epidemiológica estruturado e uma rede de laboratórios apta a atender a tal demanda (FAÚLA, 2016).

Com relação a distribuição e ao número de ocorrência de surtos de doenças de veiculação hídrica a região metropolitana de Belo Horizonte apresentou o maior quantitativo (25 surtos), seguida por Diamantina (20 surtos), Varginha (12 surtos), Teófilo Otoni (11 surtos) e Coronel Fabriciano (10 surtos). A informação completa encontra-se representada na **Figura 2**, abaixo.



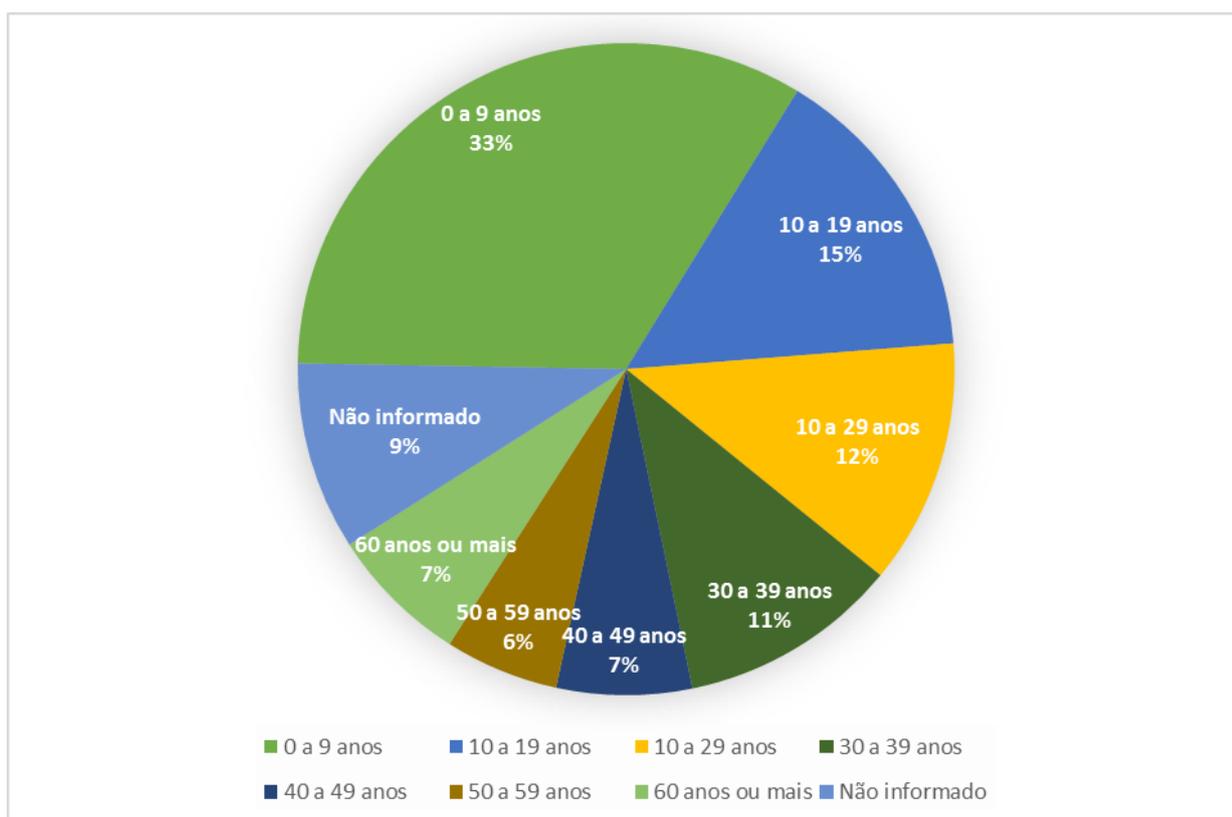
**Figura 2 – Distribuição de surtos de doenças de veiculação hídrica notificadas em Minas Gerais no período de 2014 a 2016.**

**FONTE:** próprio autor.

A região metropolitana de Belo Horizonte possui uma maior população, quando comparada ao resto do estado e, com isso, maiores bolsões de pobreza nos quais há acúmulo de pessoas. Então, o saneamento básico torna-se precário e também dificuldade no acesso à água potável, resultando assim num maior número de casos de surtos de doenças veiculação hídrica. Além disso, regiões metropolitanas tendem a ser melhores estruturadas tanto em recursos humanos quanto veículos de transporte e, por isso, muitas vezes enviam maior quantidade de amostras para análise pelo LACEN devido a essa maior facilidade.

Outro ponto importante é a análise da ficha de inquérito, que é uma ferramenta para se avaliar a magnitude dos surtos ocorridos por meio da avaliação das informações fornecidas como número de pessoas expostas/doentes, sinais e sintomas predominantes e período de incubação. Dos surtos ocorridos nos municípios mineiros um total de 1.620 pessoas foram expostas. Dessas, 1.447 (89,3%) ficaram doentes, 41 (2,5%) necessitaram de hospitalização devido à gravidade dos sinais e sintomas apresentados e uma pessoa (0,06%) veio ao óbito. Cabe salientar que nem todas as fichas analisadas continham todas as informações sobre o episódio ocorrido.

Os dados encontrados estão de acordo com a OMS, onde 1,8 milhão de pessoas morre anualmente devido doenças gastrointestinais veiculadas pela falta de água tratada, principalmente as crianças (FREGONESI *et al.*, 2012). Neste estudo, foi verificado que a faixa etária mais atingida foi a de crianças entre 0 e 9 anos (n = 542, representando 33% dos envolvidos) seguida pelos jovens entre 10 e 19 anos (n = 243, representando 15% dos indivíduos envolvidos). A informação completa referente às faixas etárias atingidas encontra-se na **Figura 3**.



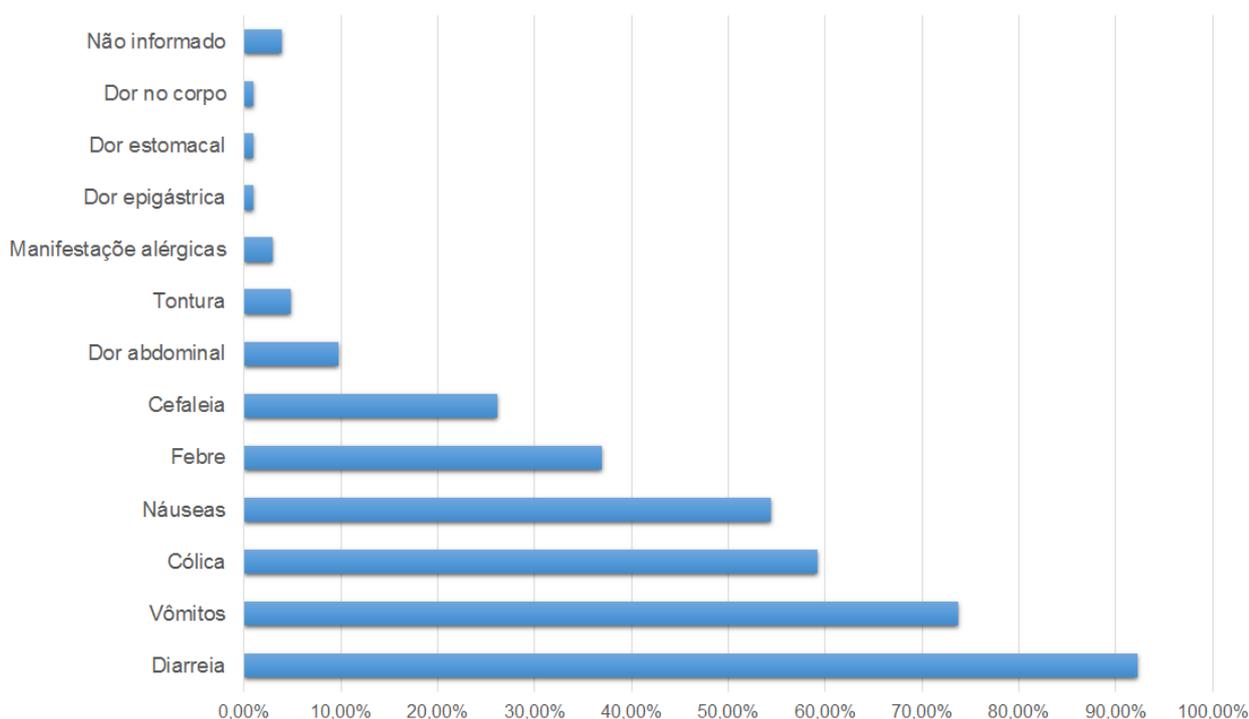
**Figura 3 – Distribuição de faixas etárias dos envolvidos em surtos de doenças de veiculação hídrica notificados em Minas Gerais no período de 2014 a 2016.**

**FONTE: próprio autor.**

As doenças de transmissão hídrica se manifestam, normalmente, por sinais e sintomas gastrointestinais como náuseas, vômitos, dores abdominais e diarreia. A intensidade de cada sintoma varia conforme o patógeno adquirido, a carga microbiana absorvida e, também, à vulnerabilidade do indivíduo (GARCIA; DUARTE, 2014). Por isso, essas doenças podem ocasionar complicações como a desidratação e interferência do estado nutricional do hospedeiro, levando-o ao óbito (FARIA; PAULA; VEIGA, 2013; BRAGA, 2014). A maioria destas mortes ocorrem em crianças

(SANTOS *et al.*, 2013; UEIJO *et al.*, 2014), sendo esta a segunda causa de mortalidade em menores de 5 anos de idade (ROCHA *et al.*, 2013; ARAÚJO, 2014).

Sendo assim, a análise dos surtos ocorridos no período estudado indica que os sinais e sintomas mais frequentes também estão de acordo com a literatura. A diarreia foi relatada em 95 surtos correspondendo a 92,23%, seguido de vômitos (n = 76 surtos), cólica (n = 61 surtos), náuseas (n = 56 surtos) e febre (n = 38). Os sinais e sintomas relatados nos episódios de surto estão descritos, em detalhes, na **Figura 4** abaixo.



**Figura 4 – Distribuição de sinais e sintomas relatados nos surtos de doença de veiculação hídrica ocorrido em Minas Gerais no período de 2014 e 2016.**

**FONTE: próprio autor.**

Com isso, pode-se perceber que a diarreia e o vômito são os quadros gastrintestinais mais frequentes nas fichas de inquérito. Além disso, a febre é um indicador de infecção, com um período de incubação de cerca de 12 horas.

Conforme estudos de Barbosa *et al.* (2015), entre os anos de 1995 e 2000, no Brasil, ocorreram 700.000 hospitalizações devido doenças de veiculação hídrica. A diarreia foi considerada o sintoma mais incidente. Além disso, entre 2007 e 2016, a diarreia foi

o sintoma mais comum em DTHA no Brasil, representando 29,6% dos sintomas (BRASIL, 2016).

Dentre os 103 surtos notificados, em 30 (29,13%), a análise dos testes microbiológicos realizados nas amostras de água, revelou que as mesmas encontravam-se impróprias para o consumo pela presença de *Escherichia coli*.

Com isso, pode-se considerar que 70% das amostras foram aprovadas para o consumo humano de acordo com a Portaria MS nº 2914/2011. Entretanto, sabe-se que estas águas próprias para consumo poderiam conter patógenos que sobrevivem por um tempo maior que a *E. coli* na água, sendo este micro-organismo um indicador de contaminação fecal recente, não tardia. Além disso, a ausência de *E. coli* pode significar, também, que a origem do surto pode ser de causa não infecciosa, como pela ingestão de toxinas, agrotóxicos, produtos químicos ou metais pesados.

Das 50 amostras reprovadas (17,73%), a maioria foi de água *in natura* (38 amostras ou 76%) e 12 (24%) de água tratada, indicando um elevado número de amostras que não atenderam ao padrão de potabilidade, evidenciando o risco do consumo de água não tratada e também as vantagens do seu tratamento. Entretanto, o tratamento da água não garante que esta mantenha a qualidade até o momento de consumo.

A contaminação da água pode ocorrer na fonte, na estação de tratamento, no sistema de distribuição ou até mesmo nos pontos finais (ERCUMEN; GRUBER; COLFORD JR, 2014), como na casa do consumidor devido má higienização das caixas d'água (GIRARD, 2012). Nas áreas rurais, geralmente, é comum que a água seja captada por poços. Estes poços normalmente são vedados de maneira inadequada ou se localizam próximos a fossas sépticas/negras ou área de pastagem de animais, favorecendo a contaminação (BARBOSA *et al.*, 2015). Além disso, o principal fator de contaminação microbiológica de fontes subterrâneas é o escoamento superficial advindo das chuvas, pois a água, ao entrar em contato com o solo, carrega matéria orgânica e dejetos de animais (SANTOS *et al.*, 2015).

Com isso, percebe-se que os resultados das análises de potabilidade em episódios de surtos de doenças transmitidas pela água são de extrema importância para as ações

de vigilância sanitária, epidemiológica e ambiental sobre a população, pois a partir de resultados insatisfatórios tomam-se medidas que garantam que novos episódios não ocorram. Cabe ressaltar ainda que, *E. coli* faz parte da microbiota indígena humana e, quando presente na água destinada ao consumo humano funciona como um bioindicador de contaminação fecal recente, o que significa a possível presença de patógenos de transmissão fecal-oral.

## **6 CONCLUSÃO**

As doenças de veiculação hídrica têm um forte impacto sobre a população em geral, onde a diarreia e vômito predominam como um dos principais sintomas entéricos dos surtos notificados no período;

O número de notificações de surtos de doenças de veiculação hídrica é proporcional ao tamanho da população exposta, devido às precárias condições de saneamento básico e ao acesso a água potável;

Devido à inviabilidade de se pesquisar o grande número de espécies de enteropatógenos de veiculação hídrica, a pesquisa de seus bioindicadores fornecem informações importantes no processo de elucidação dos surtos ocorridos;

Diante de um surto, a análise dos dados epidemiológicos e do teste de potabilidade são ferramentas que permite avaliar se água consumida por uma determinada população foi a potencial fonte/reservatório de enteropatógenos de transmissão hídrica.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Carlos Manuel Arantes. **Tratamento da diarreia aguda**. 2014. 80 f. Dissertação (mestrado em Ciências Farmacêuticas da Faculdade de Ciências da Saúde) Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2014.
- ARAÚJO, Glauco Fernando Ribeiro *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 98-104. 2011.
- ASHBOLT, Nicholas J. Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. **Environmental Health Public Health**, v. 2, n. 1, p. 95–106. 2015.
- BARBOSA, Renan do Nascimento *et al.* Qualidade bacteriológica da água consumida por comunidades rurais de Serra Talhada – Pernambuco. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**, Campo Mourão, v.10, n.1, p.138-144, jan./abr. 2015.
- BEER, Karlyn *et al.* Surveillance for waterborne disease outbreaks associated with drinking water - United States, 2011–2012. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, Atlanta, v. 64, n. 31, p. 842-848. 2015.
- BRAGA, Bruna Campos. **Atuação da vigilância da qualidade da água para consumo humano em períodos de incidência da doença diarreica aguda, ocorridos no estado de Alagoas, no ano de 2013**. 2014. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (curso de Gestão em Saúde Coletiva) Universidade de Brasília. Brasília, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual integrado de vigilância, prevenção e controle de doenças transmitidas por alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. 158 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Portaria MS nº 2.914/2011**. 4 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 52 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das doenças transmissíveis. Unidade de vigilância das doenças de transmissão hídrica e alimentar. **Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil**. jun. 2016. Disponível em: <<http://u.saude.gov.br/images/pdf/2016/junho/08/Apresenta----o-Surtos-DTA-2016.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2016.
- BRUGNARI, Tatiane; CORREA, Fabiane F. de Barros. **Salmonella**: principais características epidemiológicas e sorológicas. *In*: XII Congresso de Educação do Norte Pioneiro. Jacarezinho, 2012. Anais. Universidade Estadual do Norte do Paraná – Centro de Ciências Humanas e da Educação e Centro de Letras Comunicação e Artes. Jacarezinho, 2012.

BURGOS, Tatiane das Neves *et al.* Água de consumo humano proveniente de poços rasos como fator de risco de doenças de veiculação hídrica. **Revista de Ciências da Saúde**, São Luís, v. 16, n. 1, p. 34-38, jan-jun. 2014.

CASTILLO, Flor Yazmín Ramírez *et al.* Waterborne Pathogens: Detection Methods and Challenges. **Pathogens**, Basel, v. 4, n. 3, p. 307-334, maio. 2015.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Surveillance for waterborne disease outbreaks associated with drinking water and other nonrecreational water — United States, 2009–2010. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, Atlanta, n. 35, v. 62, p. 714-720, set. 2013.

CÔRTEZ, Myriam Bandeira Vianna *et al.* Ocorrência de parasitas patológicos nos rios Macacu, Caceribu e Guapi-Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **ENGEVISTA**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 356-366, dez 2014.

CENTRO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA (CVE). Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. Divisão de doenças de transmissão hídrica e alimentar. **Doenças transmitidas por água e alimentos – Shigella spp./Shigeloses**. 2013. Disponível em: <[http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-transmitidas-por-agua-e-alimentos/doc/bacterias/201315shigella\\_revisado.pdf](http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-transmitidas-por-agua-e-alimentos/doc/bacterias/201315shigella_revisado.pdf)>. Acesso em: 21 nov. 2016.

DESHAYES, S. *et al.* Non-O1, non-O139 Vibrio cholerae bacteraemia: case report and literature review. **Springer Plus**, Londres, v. 4, n. 575, out. 2015.

ERCUMEN, Ayse; GRUBER, Joshua S.; COLFORD JR, John M. Water distribution system deficiencies and gastrointestinal illness: a systematic review and meta-analysis. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, n. 7, p. 651-660, jul. 2014.

FARIA, Tatiane; PAULA, Ramon Alves de Oliveira; VEIGA, Sandra Maria Oliveira Moraes. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em unidades de alimentação escolar. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 11, n. 1, p. 135-144, jan./jul. 2013.

FAÚLA, Leandro Leão. **Fatores de virulência, sorotipos e susceptibilidade antimicrobiana de amostras de *Escherichia coli* isoladas de alimentos no estado de Minas Gerais, Brasil**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal da Escola de Veterinária) Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

FERREIRA, Polyanna da Silva. **Características genéticas e de patogenicidade das salmonelas com ênfase na *Salmonella enterica* serovar Schwarzengrund**. 2013. 29 f. Seminário (Doutorado em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia) Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2012.

FILHO, Helio Magarinos Torres. Gastroenterites infecciosas. **Jornal Brasileiro de Medicina**, Rio de Janeiro, v. 101, n. 2, p. 25-29. 2013.

FRANCO, R. M. B. *et al.* *Cryptosporidium* species and *Giardia* genotypes detected in surface water supply of Campinas, Southeast Brazil, by molecular methods. **Journal of Veterinary Medicine and Research**, Nevada, n. 3, v. 3, p. 1053-59. ago. 2016.

FREGONESI, Brisa Maria *et al.* *Cryptosporidium* e *Giardia*: desafios em águas de abastecimento público. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 602-609. 2012.

GARCIA, Daiana Pereira; DUARTE, Diego Andreazzi. Perfil epidemiológico de surtos de doenças transmitidas por alimentos ocorridos no Brasil. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 6, n 1, p; 545-554. 2014.

GIRARDI, Ana Paula. **Avaliação da qualidade bacteriológica da água das instituições de ensino do município de São Miguel do Oeste/SC**. 2012. 42 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental, Ênfase em Licenciamento, Perícia e Auditoria Ambiental) Universidade do Oeste de Santa Catarina. São Miguel do Oeste, 2012.

INTERNATIONAL COMMITTEE ON TAXONOMY OF VIRUSES (ICTV). **Virus Taxonomy**. 2015. Disponível em: <<http://www.ictvonline.org/virusTaxonomy.asp>>. Acesso em: 24 out. 2016.

JAGAI, Jyotsna S. *et al.* Seasonal Patterns of Gastrointestinal Illness and Streamflow along the Ohio River. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 9, n. 5, p. 1771-1790, abr. 2012.

MELO, Warlen Gonçalves; MORENO, Pablo. Avaliação da qualidade das águas do Rio Verde Grande antes e depois de receber as águas do rio Vieira. **Revista Intercâmbio**. Montes Claros, v. 4, p. 30-40. 2013.

MOREIRA, Débora Astoni; CONDÉ, Naiara Moreira. Qualidade das águas de minas no perímetro urbano do município de Ubá-MG. **Multi-Science Journal**, Urutaí, v. 1, n. 1, p. 84-89. 2015.

MORILLO, Simone Guadagnucci; TIMENETSKY, Maria do Carmo Sampaio Tavares. Norovírus: uma visão geral. **Revista da Associação Médica Brasileira**, Barueri, v. 57, n. 4, p. 462-467. 2011.

NEVES, David Pereira *et al.* **Parasitologia humana**. 12. ed. São Paulo: Atheneu, 2012. 546 p.

NEVES, Keyla de Oliveira. **Qualidade Microbiológica da água de abastecimento público e alternativo no município de Ouro Preto, Minas Gerais**. 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente: Uso e Conservação de Recursos Hídricos) Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2003.

NÓBREGA, Maria Dolores de Andrade Carneiro *et al.* Análise físico-química e bacteriológica da água de abastecimento da cidade de São Domingos - PB. **Informativo Técnico do Semiárido**, Pombal, v. 9, n. 1, p. 10-14, jan.-jun. 2015.

NUNES, Suzana dos Santos; SOARES, Fernando Mauro Pereira; REIS, Jeremias Silva. Análise bacteriológica da água de reservatórios domiciliares do município de

Coari - Amazonas. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**, Campo Mourão, v. 10, n. 3, p. 9-14, set./dez. 2015.

OLIVEIRA, Ana Beatriz Almeida. **Condição higiênico-sanitária da água, alimentos e ambiente de preparo da alimentação em escolas públicas atendidas pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar no município de Porto Alegre - RS.** Tese (Doutorado em Microbiologia agrícola e do ambiente) Universidade Federal do rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

OLIVEIRA, Julierme José. **Surtos alimentares de origem bacteriana: uma revisão.** 2012. 40 f. Seminário (Mestrado em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia) Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2012.

OLIVEIRA, Maria Emília Braite. Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no estado de São Paulo, 2008-2010. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São. Paulo São Paulo, 2013.

OSMAN, Marwan *et al.* Prevalence and risk factors for intestinal protozoan infections with *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Blastocystis* and *Dientamoeba* among schoolchildren in Tripoli, Lebanon. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, São Francisco, v. 10, n. 3, abr. 2016.

PAIVA, Regina Márcia Bahia. **Verificação do método do substrato enzimático utilizado para análise microbiológica de água no LACEN-MG**, Brasil. 2013. 34 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Controle de Qualidade de Produtos, Ambientes e Serviços Vinculados a Vigilância Sanitária) Fundação Oswaldo Cruz. Belo Horizonte, 2013.

PRADO, Tatiana; MIAGOSTOVICH, Marize Pereira. Virologia ambiental e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, n. 30, v. 7, p. 1367-1378, jul. 2014.

PREST, Emmanuelle I *et al.* Biological stability of drinking water: controlling factors, methods and challenges. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 7, fev. 2016.

PRÜSS-USTÜN, A. *et al.* **Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks.** Geneva, 2016, 176 p.

REIS, Francini *et al.* Avaliação da qualidade microbiológica de águas e superfícies de bebedouros de parques de Curitiba – PR. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 55-70, jan.-mar. 2012.

ROCHA, Francisco Ângelo Gurgel *et al.* **Padrão microbiológico de potabilidade da água destinada ao uso humano no IFRN, Campus Curras Novos.** *in* IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN: Tecnologia e Inovação para o Semiárido. 2013. p. 731-738.

- SALVADOR, Pétala Tuani Candido de Oliveira *et al.* A rotavirose e a vacina oral de rotavírus humano no cenário brasileiro: revisão integrativa da literatura. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, n. 16, v. 2, p. 567-574, 2011.
- SANTANA, Luiz Alberto *et al.* Atualidades sobre giardiase. **Jornal Brasileiro de Medicina**, Rio de Janeiro, v. 102, n. 1, p. 07-10. 2014.
- SANTOS, Shirleyde Alves *et al.* Análise microbiológica da água destinada ao consumo humano em Instituições de Educação Infantil na zona rural de Lagoa Seca/PB. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. , nov. 2013.
- SANTOS, Evellinne Pessanha de Pádua *et al.* Coliformes totais e termotolerantes em água de nascentes utilizadas para o consumo humano na zona rural do município de Varre-Sai, RJ. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 11, n. 5, p. 1-6, maio. 2015.
- SCAPIN, Diane; ROSSI, Eliandra Mirlei; ORO, Débora. Qualidade microbiológica da água utilizada para consumo humano na região do extremo oeste de Santa Catarina, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 3, p. 593-6. 2012.
- Secretaria Estadual de Saúde de Minas Gerais (SES-MG). **Resolução SES nº 811 de 30 de dezembro de 2005**. 2005. Disponível em: <  
[http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com\\_gmg&controller=document&id=940](http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=940)>. Acesso em: 12 jan. 2017.
- SILVA, Cláudio Carvalho *et al.* Análise do perfil bacteriológico das águas do Ribeirão das Antas, no município de Cambuí (MG) como indicador de saúde e impacto ambiental. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, edição especial, n. 2, p. 61-66. 2014.
- SOARES, Ana Carolina Cordeiro. **Abastecimento e consumo de água por soluções individuais em Viçosa-MG: identificação de perigos e percepção da população consumidora**, Brasil. 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010.
- SOUZA, Cintya de Oliveira *et al.* *Escherichia coli* enteropatogênica: uma categoria diarreiogênica versátil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, Ananindeua, n. 7, v. 2, p. 79-91. 2016.
- SOUZA, Gustavo Barbosa Fernandes *et al.* Infestação maciça por *Ascaris lumbricoides*: relato de caso. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 4, n. 4, p. 101-106. 2014.
- SPIILKI, Fernando Rosado. Crise hídrica, saúde e parâmetros de qualidade microbiológica da água no Brasil. **Revista USP**, São Paulo, n. 106, p. 71-78. 2015.
- STAUBER, Christine E. *et al.* Associations between self-reported gastrointestinal illness and water system characteristics in community water supplies in rural Alabama: a cross-sectional study. **PLoS ONE**, California, v. 11, n. 1, jan. 2016.
- STROHL, William A; ROUSE, Harriet; FISHER, Bruce D. **Microbiologia ilustrada**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 531p.

TAVARES, Talissa de Moraes; CARDOSO, Divina das Dores de Paula; BRITO, Wília Marta Elsner Diederichsen. Vírus entéricos veiculados por água: aspectos microbiológicos e de controle de qualidade da água. **Revista de Patologia Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 85-104. 2005.

TEBALDI, Roberta. **Avaliação bacteriológica de águas minerais sem gás e gaseificadas artificialmente comercializadas em garrafas individuais**. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas) Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho". Araraquara, 2011.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. xxviii, 934 p.

TRACOGNA, María Fernanda *et al.* Detection and characterization of *Salmonella* spp. in recreational aquatic environments in the Northeast of Argentina. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 8, n.2, p. 18-26. 2013.

UEIJO, Christopher K. *et al.* Drinking Water Systems, Hydrology, and Childhood Gastrointestinal Illness in Central and Northern Wisconsin. **American Journal of Public Health**, Washington, v. 104, n. 4, p. 639-646, abr. 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Water quality: guidelines, standards and health**. IWA Publishing: Londre, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking-water quality**. 4 ed. Malta, 2011. 541 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Results of Round I of the WHO International Scheme to Evaluate Household Water Treatment Technologies**. França, 2016. 64 p.

YAMAGUCHI, Mirian Ueda *et al.* Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 312-320. 2013.