

CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO CAMILO

Curso de Biomedicina

Keven de Pina Landim

***WATERBORNE* VÍRUS: A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE
MICROBIOLÓGICO NA ÁGUA POTÁVEL**

São Paulo

2018

Keven de Pina Landim – RA: SPG001182

***WATERBORNE* VÍRUS: A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE
MICROBIOLÓGICO NA ÁGUA POTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de Biomedicina do Centro Universitário São Camilo, orientado pela Profa. Dra. Dyana Alves Henriques, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

São Paulo

2018

Keven De Pina Landim

***WATERBORNE* VÍRUS: A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE
MICROBIOLÓGICO NA ÁGUA POTÁVEL**

São Paulo 09 de Junho de 2018

Professor Orientador: Dyana Alves Henriques

Professor Avaliador: Fábio Mitsuo Lima

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos, a minha família, a minha orientadora e o Centro Universitário São Camilo, que tiveram um papel importante durante a minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela oportunidade de estar aqui, agradeço aos meu pais, Ângela e Alcídio pelo apoio incessante e incansável mesmo de longe, sempre me motivando a seguir em frente, agradeço aos meus irmãos Helder, Erica, Euriza, Aline e Helder por todas as mensagens de apoio e de coragem, as minhas tias Conceição e Eduarda pelos conselhos, a minha querida tia Maria, tio José e Sandro, que me ajudaram e me orientaram nesta jornada de estudos no Brasil.

Agradeço ao meu Tio Sidonio e a esposa Cláudia ao Antônio e a Esposa Debora, pela ajuda ao chegar no Brasil.

Agradeço a minha querida professora e orientadora Dyana Henriques, pelas magníficas aulas, pela paciência e pelas correções ao decorrer da escrita do trabalho.

Agradeço ao meu grande amigo Nelson pelo incentivo nas nossas lutas diárias, e apoio moral incansável, e pelo companheirismo incrível, amizade como a nossa nem o google encontra.

Agradeço a Adrielle por ser uma amiga incrível estando sempre presente nos momentos mais felizes e tristes, agradeço a minha querida mãe brasileira Verônica, por cuidar de mim, pela motivação e pelos conselhos, e a minha amiga Larissa Gardiano pela amizade e por sempre me ajudar.

Agradeço a minha amiga Tairine pela amizade ao longo dos anos, e pela assistência durante a formatação do trabalho de conclusão de curso.

Agradeço a CETESB pela oportunidade de estagiar, principalmente o pessoal do meio de cultura, parasitologia, indicadores de contaminação fecal e virologia, com quem eu aprendi bastante.

Agradeço ao Hospital Leforte Morumbi, pela oportunidade de estagiar no laboratório de análises clínicas.

LANDIM, Keven de Pina. **Waterbone Vírus: A Importância do controle microbiológico na água potável.** 2018. 64 f. TCC (Graduação) – Curso de Biomedicina, Centro Universitário São Camilo, São Paulo, 2018.

No planeta Terra cerca de 75% de sua superfície é coberta por água, o recurso natural mais importante e abundante. A água doce disponível corresponde a apenas três por cento e destes, um por cento corresponde a água potável. Associe a isto um *déficit* no abastecimento (83,30%) e a ausência de saneamento (58,0%), capaz de torná-la imprópria para o consumo, o acesso a este recurso é escasso. Além disso, os métodos de tratamento nem sempre são eficazes em impedir a transmissão de vários micro-organismos como os *waterborne vírus* – Adenovírus (AdV), Rotavírus (RoV), Norovírus (NoV), Enterovírus (EVs) e vírus da Hepatite A (HAV). Todos são transmitidos pela veiculação hídrica e podem causar de uma simples gastroenterite a casos mais graves como encefalites. São os principais envolvidos nos surtos de gastroenterites infecciosas, tendo como principais vítimas crianças e idosos. Nos países nórdicos, foram responsáveis por 53% dos 175 casos de surtos no período de 1998 a 2012, afetando cerca de 86 mil pessoas. Nos EUA, no período de 2011 a 2012, foram responsáveis por 16% dos 32 casos de surtos relacionados a água potável. No Brasil, cerca de 163 mil pessoas foram afetadas entre os anos de 2000 a 2013, foram notificados cerca de nove mil casos e é estimado 46,31% dos casos tenham sido provocados pelos *waterborne vírus*. O tratamento convencional usado nas estações de tratamento de água (ETA), contemplam etapas como a coagulação, floculação, sedimentação e desinfecção por cloro, vem mostrando ineficaz para a remoção destes vírus, com uma taxa de sucesso de 20 a 80%, possibilitando a disseminação de uma quantidade considerável. Por isso, tem sido avaliadas novas metodologias mais eficientes como ozonização e desinfecção por luz ultravioleta (UV) por apresentarem taxas de inativação entre 3 log e 4,5 log, garantindo a inativação e a qualidade desta fornecida à população, no entanto, não foram implementados nas ETAs devido ao seu alto custo, optando pelos métodos convencionais que são mais acessíveis a nível econômico e por atenderem as normas impostas pela a portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

Palavra-chave: Água potável. Análise microbiológica - prevenção e controle. Doenças transmitidas pela água. Gastroenterites. Purificação da água.

LANDIM, Keven de Pina. **Waterborne Virus: The Importance of Microbiological Control on Drinking Water**. 2018. 64 f. TCC (Graduation) - Biomedicine Course, University Center São Camilo, São Paulo, 2018.

About 75% of planet Earth surface is covered by water, it is the most important and abundant natural resource. Available fresh water corresponds to only three percent of it and out of these, drinking water is one percent. Adding to this, there are deficit in supply (83,30%) and the lack of sanitation (58,0%), which makes it inappropriate for consumption, the access to this resource is rare. Moreover, the treatment methods are not always effective in preventing the transmission of various microorganisms such as waterborne viruses - Adenovirus (AdV), Rotavirus (RoV), Norovirus (NoV), Enterovirus (EVs) and Hepatitis A virus (HAV). They are transmitted by water and can cause from simple gastroenteritis to more serious cases such as encephalitis. They are the main pathogens involved in the outbreaks of infectious gastroenteritis, the children and elderly being the main victims. In the Nordic countries, they are responsible for 53% of the 175 cases of outbreaks in the period of 1998 to 2012, affecting about 86 thousand people. In the USA, starting from 2011 to 2012, they were responsible for 16% of the 32 cases of outbreaks related to drinking water. In Brazil, about 163 thousand people were affected between the years 2000 and 2013, about 9 thousand cases were reported and it is estimated that 46,31% of those cases were caused by waterborne viruses. The conventional treatment used in water treatment stations (ETS), includes steps such as coagulation, flocculation, sedimentation and disinfection by chlorine. Those have been proven to be ineffective for the removal of these viruses, with a removal success rate as low as 20% to 80%, causing the dissemination of a considerable amount. Therefore, other methods have been proven to be more efficient, such as ozonation and disinfection by ultraviolet (UV) light. They have shown inactivation rates between 3 log and 4,5 log, ensuring the inactivation of the viruses and quality drinking water provided to the population. However, they were not implemented in the ETAs due to their high cost, it was opted for conventional methods instead, those were more economically accessible but also so as to fill standards imposed by ordinance No. 2.914 of December 12, 2011 of the Ministry of Health.

Kywords: Drinking water. Microbiological analysis - prevention and control.

Waterborne diseases. Gastroenteritis. Water purification.

Lista de ilustrações

FIGURA 1. Relação dos serviços de abastecimento de água (%) e esgotamento sanitário (%) na população brasileira.....	22
FIGURA 2. Representação esquemática do HAdVs.	26
FIGURA 3. Representação esquemática dos EVs, demonstrando o capsídeo, e a distribuição das proteínas virais (VPs).....	30
FIGURA 4. Representação esquemática do HAV, Capsídeo, o RNA simples fita associado a proteína VPg na extremidade. Capsídeo apresentando como a sua unidade estrutural o VP4, VP3, VP2, e VP1	32
FIGURA 5. Incidência de casos de hepatite A por região no Brasil, entre o período de 2003 – 2016.....	34
FIGURA 6. Representação esquemática dos NoV, demonstrando o capsídeo, RNA fita simples com a proteína VPg ligada a região 5´ e cauda poli A ligada a região 3´.	35
FIGURA 7. Representação esquemática dos RoV demonstrando as proteínas virais e o RNA dupla fita.....	37
FIGURA 8. Esquematização do funcionamento do RT-qPCR.....	42
FIGURA 9. Adição de coagulantes, seguida de uma forte agitação	45
FIGURA 10. Floculação, flocos formando aglomerados na superfície do efluente	46
FIGURA 11. Sedimentação dos flocos no tanque de decantação.....	47

FIGURA 12. Filtro de areia	48
FIGURA 13. Efluente livre de partículas sólidas após submetido a filtração	48
FIGURA 14. Tanque onde é realizado o processo de cloração.....	49
FIGURA 15. Efeitos da radiação UV na infecção pelo FCV	51

Lista de quadros

- QUADRO 1. Índice de atendimento de água (%) no Brasil e coeficiente de variação (%) do atendimento entre os anos 2014 e 2015 19
- QUADRO 2. Relação do índice de coleta de esgoto (%) total e urbano, Índice de tratamento de esgotos(%) gerados e coletados 23
- QUADRO 3. Patógenos mais comuns associados a doenças transmitidas pela água relacionando categoria espécies e grupos 24
- QUADRO 4. Vírus detectados em ecossistemas aquáticos, relacionando os gêneros e doenças associadas. 25
- QUADRO 5. Principais doenças causadas pelos Adenovírus de acordo com a espécie 28

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

AGE	Gastroenterite aguda
BNES	Banco Nacional de Desenvolvimento Economico e Social
Ca ²⁺	Cálcio
CAR	Constitutive androstane receptor
CD55	Proteína reguladora de complemento
CDC	Centro de Controle de Doenças
CRFK	Células renal de gato
cDNA	DNA complementar
DNA	Ácido desoxirribonucleico
dNTPs	Desoxirribonucleotídeos fosfato
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ETAs	Estações de tratamento de água
EUA	Estados Unidos da América
EVs	<i>Enterovírus</i>
FCV	<i>Calicivírus felino</i>
G	Gramas
HAdVs	<i>Adenovírus Humanos</i>
HAV	Vírus Hepatite A
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
Kb	Kilobase
MS	Ministério da Saúde
MgCl ₂	Cloreto de magnésio
Mg ²⁺	Magnésio
ml	Mililitros
NaOH	Hidróxido de sodio
L	Litro
Log	Logaritmo
Nm	Nanômetro
NoV	<i>Norovirus</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde

O ₃	Ozônio
PCR	Reação em cadeia da polimerase
pH	Potencial do hidrogênio
Plansab	Plano nacional de Saneamento básico
PV	<i>Poliovírus</i>
RNA	Ácido ribonucleico
RNAm	Ácido ribonucleico mensageiro
RT- PCR	Transcriptase Reversa seguida da Reação em Cadeia da Polimerase
RT – qPCR	Transcriptase Reversa seguida da Reação em Cadeia da Polimerase em Tempo Real
RoV	<i>Rotavírus</i>
SDCDC	Shandong Center for Disease Control and Prevention
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SUS	Sistema Único de Saúde
<i>Taq</i>	<i>Thermus aquaticus</i>
UFC	Unidade formadora de colônias
UK	Reino Unido
UV	Ultravioleta
VP	Proteína viral
%	Porcentagem
<	Menor que

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVO	15
3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
4 DESENVOLVIMENTO	17
4.1 Água	17
4.2 Abastecimento de água	17
4.3 Parâmetros de potabilidade	19
4.4 Fontes de contaminação.....	20
4.5 Saneamento básico	21
4.6 Patógenos relacionados	23
4.7 Vírus entéricos	24
4.8 Adenovírus.....	26
4.8.1 Patogênese.....	27
4.8.2 Epidemiologia	28
4.9 Enterovírus.....	29
4.9.1 Patogênese.....	30
4.9.2 Epidemiologia	31
5.Hepatite A	31
5.1. Patogênese.....	32
5.1.2 Epidemiologia	33
5.2 Norovírus	35
5.2.1 Patogênese.....	36
5.2.2 Epidemiologia	36
5.3 Rotavírus.....	37
5.3.1 Patogênese.....	37
5.3.2 Epidemiologia	38
6 Diagnóstico Ambiental	38
6.1 Métodos de concentração viral	38
6.2 Métodos de detecção viral em amostras ambientais	40
7 Epidemias	42

8 Tratamento	44
8.1 Coagulação.....	45
8.1.2 Floculação	46
8.1.3 Sedimentação.....	46
8.1.4 Filtração	47
8.1.5 Desinfecção	49
9 Considerações finais	52
Referencias.....	53

1 INTRODUÇÃO

A transmissão de doenças vinculadas à água geralmente ocorre devido ao saneamento básico inadequado e falta de higiene individual. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) mais de 1 bilhão de pessoas não possuem acesso à água potável (OLOWE et al., 2017). Cerca de 25% da população mundial está consumindo água contaminada com resíduos fecais (GALL et al., 2015). Países em desenvolvimento, como a Nigéria, além da baixa qualidade possuem outros agravantes como a baixa quantidade de água que é distribuída, podendo gerar problemas para a população, como o aumento do número de casos de doenças de veiculação hídrica (OLOWE et al., 2017).

As doenças relacionadas a ingestão de água contaminada podem ser causadas por diferentes micro-organismos como vírus, protozoários e bactérias. Representam um grande risco a saúde humana, sendo responsáveis por vários surtos locais e globais, causando um grande impacto na saúde pública (FARKAS et al., 2016). O banco mundial estima que devido à falta de água potável e saneamento básico há uma perda na economia global em torno de \$ 260 bilhões por ano, causada principalmente devido a doenças que são transmitidas por esse recurso, sendo a gastroenterite a mais prevalente. Estima-se que 1,2 milhão de crianças com menos de 5 anos de idade vão a óbito por ano devido a diarreia causada por consumo de água contaminada, sendo então, a segunda principal causa de morte mundial nesse grupo (GALL et al., 2015).

No Brasil ainda há regiões que sofrem com problemas de distribuição e saneamento básico, as mais afetadas são as regiões Norte e Nordeste. Como consequência, estas são as regiões com maiores índices de mortes relacionadas a doenças causadas pela veiculação hídrica. No território brasileiro, apenas cerca de 37,9% dos esgotos são tratados antes do descarte de efluentes no ambiente, apontando um grave problema de saneamento básico para população (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

Entre os agentes relacionados a causa de doenças devido ao consumo de água contaminada, temos os vírus. As pesquisas de vírus contaminantes de águas destinadas ao consumo humano iniciaram-se após um surto de hepatite na década

de 50 em Nova Délhi, que ocorreu devido à contaminação de vírus provenientes do esgoto no sistema de tratamento de água do local. Desde então, a dissipação de doenças virais transmitidas por esse recurso vem sendo amplamente estudadas pelos sistemas de saúde pública (TAVARES; CARDOSO; BRITO, 2005).

Os principais vírus mencionados na literatura como contaminantes de água são o grupo *waterborne vírus*, que é composto por vírus entéricos: *Enterovirus*, o vírus da Hepatite A, *Adenovirus*, *Norovirus*, e o gênero de maior destaque, *Rotavírus* (OLOWE et al., 2016; PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014). Esses microrganismos utilizam-na como veículo para disseminação, sendo a maioria proveniente de contaminações dos sistemas de distribuição. Vírus entéricos são constantemente eliminados nas fezes de pessoas infectadas e podem contaminar a água destinada ao consumo humano, podendo permanecer viáveis por meses (TAVARES; CARDOSO; BRITO, 2005). As infecções por esses vírus podem levar a quadros de gastroenterite simples, severa e casos mais graves, como encefalites (GALL et al., 2015).

O tratamento convencional da água ou de qualquer outro efluente para controle de microrganismos e partículas apresenta as seguintes etapas: coagulação, floculação, sedimentação, filtração, desinfecção por cloração e a fluoretação para prevenir a cárie dentária (SANTOS et al., 2013). Porém essas técnicas permitem a eliminação de apenas 20 a 80% da carga viral, muitos vírus resistem a esses tratamentos. No processo de filtração, partículas e microrganismos são retidos em um filtro permeável ou membrana, garantindo a eliminação de bactérias, porém vírus são partículas de menores que o diâmetro dessas membranas e não são removidos no processo. Os *Norovirus* são os agentes mais resistentes ao cloro, não sendo inativados durante a etapa de cloração, processo mais utilizado no Brasil (TAVARES; CARDOSO; BRITO, 2005).

Devido à dificuldade na remoção viral da água são necessários implementações de processos mais eficientes para o tratamento. Estudos demonstram que técnicas como a ozonização ou luz ultravioleta (UV) promovem resultados satisfatórios e taxas mais elevadas de garantia da qualidade da água potável, assegurando uma redução da cargas virais (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

Técnicas moleculares tem sido empregadas para detecção viral em amostras de água desde a década de 80, sendo considerado um marco importante na virologia ambiental. Durante o processo molecular é necessário uma etapa prévia de concentração de amostras para reduzir o volume e em seguida a realização de métodos moleculares para a detecção viral. Atualmente a técnica mais utilizada é a reação em cadeia de polimerase (PCR), pois apresenta uma boa sensibilidade e permite a detecção de partículas virais intactas. Uma variante do PCR que também é empregada é a reação da transcriptase reversa seguida da reação da polimerase em cadeia (RT-qPCR) que possibilita a quantificação viral, podendo ser utilizada para avaliação da eficiência de medidas de tratamento de controle viral da água (FUMIAN, 2011).

Apesar dessas técnicas demonstrarem bons resultados, ainda não há uma padronização que atenda critérios, como: rapidez na execução, baixo custo, recuperação de diversos tipos virais e reprodutibilidade, sendo uma busca constante a avaliação de procedimentos que se adéquem a esses critérios para utilização na monitoração viral da água de consumo humano (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

No Brasil, a portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (MS) regulamenta o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Atualmente é recomendada por meio dessa legislação, a pesquisa de vírus na água, quando há dados epidemiológicos de surtos que relacionam a transmissão de origem viral (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

2 OBJETIVO

Discorrer sobre a qualidade da água consumida do Brasil quanto à possibilidade de transmissão dos vírus *waterborne*, além de identificar e avaliar a prevalência dos seus principais representantes.

3 MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no formato de trabalho de conclusão de curso em uma revisão de literatura, sobre os vírus *waterborne*. Foram realizadas pesquisas bibliográficas na biblioteca Padre Inocente Radrizzani, nas bases de dados Pubmed, Google Acadêmico, e em revistas eletrônicas como a Scielo e LiLacs. Artigos foram selecionados contemplando o período de 2005 - 2018, nos idiomas português e inglês.

Palavras-chaves: *Waterborne viruses*, *Waterborne Outbreaks*, *Waterborne diseases*, vírus entéricos, qualidade de água potável no Brasil, qualidade da água, Rotavirus, Adenovirus, HAV, Enterovírus, ozonização no tratamento de água, radiação UV no tratamento de águas.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Água

A água é uma substância líquida incolor, formada por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio. Pode ser encontrada no estado líquido, presente nos rios, lagos, mares e oceanos; sólido, formando as geleiras, e gasoso, principalmente como vapor. É um recurso essencial, visto que o corpo humano é constituído por cerca de 75% de água. Além disso, graças ao ciclo hidrológico da água, essa se mantém em movimento permanente e a nível quantidade, alterando apenas sua distribuição geográfica e seu estado físico. Dessa forma, a água reciclada contribui positivamente para manutenção da vida na Terra (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

A ela pode ser classificada como água doce e salgada. A água salgada que está presente nos oceanos, cobre cerca de 75% da superfície da Terra, representando 97,4% de toda água. Enquanto que a doce, corresponde a 2,6%, sendo que dessa fração, 90% corresponde às geleiras, e o restante está distribuído entre rios, lagos e lençóis subterrâneos (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

Um estudo realizado por Ribeiro e Rolim (2017) demonstra que a demanda pela água dobra a cada 21 anos, devido ao aumento demográfico, e a má política de uso. Durante os últimos 50 anos foi verificado que a disponibilidade da água caiu para 62%. Estima-se que em 2050, 4,8 bilhões de pessoas poderão vivenciar uma crise de falta de água potável.

4.2 Abastecimento de água

O abastecimento de água em termos de quantidade e qualidade é uma preocupação crescente, em função da escassez deste recurso e da deterioração da qualidade dos mananciais (HENNING et al., 2014).

Investimentos nas estações de tratamento e alterações na dosagem de produtos relacionados ao tratamento são necessários para assegurar a garantia da água fornecida à população (HENNING et al., 2014). Em um levantamento estatístico feito no ano de 2011, a nível nacional, sobre dados epidemiológicos relacionados à transmissão de doenças por meio da água, foram relatados 396.048 pessoas internadas por diarreia causada pelo consumo da água (LIMA; SANTOS, 2016). Esses dados são alarmantes e demonstram a necessidade de uma cobertura mais ampla dos serviços de abastecimento, e esgotamento sanitário, bem como, o controle de qualidade desses processos. (MORAIS et al., 2016).

De acordo com o Ministério da Saúde muitas regiões no Brasil carecem de laboratórios de análise ambiental e de profissionais especializados, levando a um *déficit* no monitoramento da qualidade da água, dos mananciais e do sistema de distribuição (HENNING et al., 2014). Há dificuldades por parte dos laboratórios de análises ambientais em cumprir as exigências pela Portaria n.º 2.914/2011 do MS, essa legislação estabelece diretrizes para o processamento, tratamento e o controle da água, promovendo a qualidade desse recurso natural para abastecimento público (MORAIS et al., 2016; HENNING et al., 2014).

O quadro 1 representa o índice de atendimento de água no Brasil. Esses dados foram levantados pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) e divulgados pelo Ministério das cidades, onde podemos observar que entre 2014 e 2015, o índice de atendimento de água teve avanços mínimos para as 5 regiões do Brasil. A região Norte foi a mais beneficiada, com taxas de variação em torno de 2,39%, porém ainda é a região com menor índice de atendimento de água. Em contraposição, a região Sudeste apresentou a menor variação, mas ainda mantém os maiores índices de atendimento de água no país. A região Nordeste está em segundo lugar com menores taxas de abastecimento de água e, durante os anos de estudo, a variação foi mínima quando comparado com outras regiões que possuem melhores taxas de atendimento, dados bastante preocupantes. O atendimento total de água no Brasil aumentou em torno de 0,27% durante ano de 2015 (SNIS, 2015).

QUADRO 1- índice de atendimento de água (%) no Brasil e coeficiente de variação (%) do atendimento entre os anos 2014 e 2015.

Regiões	Índice de atendimento de água no Brasil (%)		
	Ano 2014	Ano 2015	Variações
Norte	54,51	56,90	2,39
Nordeste	72,90	73,35	0,45
Sudeste	91,73	91,16	(-0,57)
Sul	88,18	89,38	1,20
Centro Oeste	88,88	89,55	0,67
Total Brasil	83,03	83,30	0,27

Fonte: MODIFICADO DE (SNIS, 2015).

4.3 Parâmetros de potabilidade

No Brasil, a relação do controle da qualidade da água distribuída para consumo humano, tornou-se um tema de debate a partir da década de 70, por meio do decreto federal nº 79.367, estabelecido pelo Ministério Público em 09/03/1997, o qual determinou os parâmetros sobre o controle de potabilidade que deveriam ser adotados para o controle da qualidade da água (DOMINGUES et al., 2007).

A água destinada ao consumo humano precisa atender requisitos de qualidade na potabilidade impostos pela Portaria nº 2.914/2011 do MS, atualmente a legislação vigente. Existem alguns parâmetros que são pré-estabelecidos a partir das características físicas, químicas e biológicas e devem ser avaliados para a garantia da qualidade desse recurso (MORAIS et al., 2016).

Os parâmetros físicos compreendem: temperatura, sabor, odor, cor, turbidez, sólidos e condutividade elétrica. Os parâmetros químicos compreendem: pH, alcalinidade, acidez, dureza, cloretos, ferro e magnésio. Dentre os parâmetros

que representam características microbiológicas desse recurso, temos em principal as bactérias do grupo coliforme e heterotróficas (HENNING et al., 2014). A portaria nº518/2004, estabelece a determinação da presença de coliformes totais e termotolerantes (*E.coli*) e a contagem de bactérias heterotróficas na água (DOMINGUES et al.,2017).

Segundo a portaria nº 2.914, atualmente em vigor, o padrão de controle microbiológico da água para consumo humano é a ausência de *E. coli* em 100 ml de água. A presença dessa bactéria é um indicativo para contaminação fecal na rede de distribuição ou consequência de tratamento ineficaz, tornando-a imprópria para o consumo. Também são analisadas quantidades de bactérias heterotróficas presentes na amostra e caso seja encontrado um valor maior que 500 UFC/ml (Unidades formadoras de colônia por mililitro), pode indicar a presença de coliformes (LUZ et al., 2017).

No entanto, os critérios estabelecidos pela portaria supracitada vem se provando insuficientes para classificação da água como própria para o consumo humano. A presença dos coliformes por si só, não determina a contaminação por outros agentes biológicos, como protozoários, demais bactérias e, especialmente, vírus (SPILKI, 2015).

Na legislação brasileira vigente, os critérios na análise de rotina microbiológica de amostras de água os vírus não são utilizados como indicadores de contaminação. Há dificuldades em estabelecer esses microrganismos como indicadores de potabilidade. A legislação brasileira tem se mostrado ineficiente em relação ao monitoramento e determinação da presença de vírus entéricos na água, sendo recomendada a pesquisa somente nos casos de surtos. Desta forma, a frequência da contaminação viral de águas subterrâneas encontrada no Brasil é superior à de outros países como a Coreia do Sul, EUA e alguns países da África (LUZ et al., 2017).

4.4 Fontes de contaminação

A água contém diversos elementos que são originários do próprio ambiente natural ou que são acrescentados a partir de atividades humanas. Ela pode apresentar várias fontes de contaminação como dejetos provenientes do homem e

de animais; esgotos sanitários que não passaram pelo processo de tratamento e são lançados nos rios; defensivos agrícolas que escoam com as chuvas e são arrastados para os rios e lagos; aterros sanitários que afetam os lençóis freáticos, e lançamento de efluente industriais em córregos e rios (SANTOS et al., 2013).

Há comprometimento da qualidade da água desde os mananciais, por conta do lançamento de resíduos e efluentes, ou seja, podem ocorrer casos de contaminação desde o ponto de origem. Entretanto, a partir dos reservatórios, ao longo da distribuição e nos encanamentos da rede de distribuição, a contaminação também pode ocorrer. As causas mais frequentes neste caso, devem-se a vedação inadequada das cisternas e a falta de um programa de limpeza e desinfecção regular (YAMAGUCHI et al., 2013).

4.5 Saneamento básico

Para garantia do bem estar populacional foi expresso pela assembleia da Organização das Nações Unidas (ONU) a resolução 64/292 de 28 de julho de 2010, sobre o “direito à água potável limpa e segura como um direito humano essencial”, que determina a importância dos serviços de distribuição de água e esgotamento sanitário (BNDES, 2018).

Saneamento básico é um termo relacionado ao controle da distribuição de recursos básicos em uma população. O abastecimento, o tratamento e distribuição de água, esgoto sanitário, coleta e destino adequado do lixo e garantia da limpeza pública são os pontos principais (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014). A falta de saneamento básico traz consequências, como gastos com tratamento de doenças infecciosas e parasitárias, custos por conta da falta de indivíduos no trabalho e perda de produtividade, impactando de forma significativa na economia de um país. Um dado relevante sobre esse assunto, de acordo com a OMS (2008), a cada um dólar investido no saneamento básico, são poupados nove dólares na economia (BNDES, 2018).

O saneamento básico é de extrema importância no controle da disseminação de vírus no ambiente, principalmente os *waterborne*, relacionados à doenças, como gastroenterites e hepatites (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

O Brasil apresenta um *déficit* na distribuição e acesso aos serviços básicos de saneamento, principalmente quando se trata de esgoto sanitário. De acordo com os dados apresentados pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), há um *déficit* na prestação de serviços no abastecimento de água e esgoto sanitário (figura 1). Cerca de 7% da população brasileira não tem acesso ao abastecimento de água e 10% não tem acesso ao esgoto sanitário. Entre os 34% com acesso ao abastecimento, o atendimento é precário, e a metade da população brasileira com acesso ao esgoto sanitário também recebe um serviço insatisfatório (BNDES, 2018). Desde a última década, o tratamento do esgoto doméstico está contabilizado na faixa dos 30%, aumentado para cerca de 40% nas zonas metropolitanas. Em nível nacional, esses dados são preocupantes e reportam a ineficiência dos serviços básicos de saneamento ineficiente no país (SPILKI, 2015).

FIGURA 1. Relação dos serviços de abastecimento de água (%) e esgotamento sanitário (%) na população brasileira.

		Abastecimento de água (%)	Esgotamento sanitário (%)
Déficit	Atendimento adequado	59	40
	Atendimento precário	34	50
	Sem atendimento	7	10

Fonte: (BNDES, 2018)

Há desigualdades quando nos referimos ao acesso aos serviços básicos de saneamento, tendo um grande impacto nas populações de baixo poder aquisitivo, as quais vivem em periferias de grandes cidades ou em regiões que carecem de saneamento básico (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

Quando nos referimos à distribuição dos serviços de saneamento básico em nível regional, temos discrepâncias. Na região Sudeste, 50% dos esgotos sanitários são tratados, enquanto que em regiões como norte e nordeste os níveis baixos, em torno de 10 – 15%, refletem a falta de saneamento básico. E, diante desse *déficit*, são regiões com maiores taxas de doenças transmitidas por veiculação hídrica (SPILKI, 2015).

No último relatório publicado pelo SNIS (2015), dados dispostos no quadro 2, demonstram por região no Brasil, uma melhoria na rede de esgoto, recolhimento e tratamento. Mesmo assim, ainda aquém do ideal, nenhuma região atingiu 100% no índice de tratamento dos esgotos.

QUADRO 2. Relação do índice de coleta de esgoto (%) total e urbano, Índice de tratamento de esgotos(%) gerados e coletados.

Região	Índice de coleta de esgoto (%)		Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Total	Urbano	Esgotos coletados	Esgotos gerados
Norte	8,7	11,2	83,9	16,4
Nordeste	24,7	32,2	78,5	32,1
Sudeste	77,2	81,9	67,8	47,4
Sul	41,0	47,5	94,3	41,4
Centro Oeste	49,6	54,7	92,6	50,2
Brasil	50,2	58,0	74,0	42,7

Fonte: MODIFICADO DE (SNIS, 2015).

4.6 Patógenos relacionados a veiculação hídrica

Os principais agentes biológicos vinculados a contaminação da água de consumo humano, são as bactérias patogênicas, vírus e parasitas, os quais juntos são responsáveis por cerca de 12 milhões de mortes por ano no mundo. Cerca de 80% das internações registradas pelo sistema único de saúde (SUS) são causados por patógenos de veiculação hídrica. Os grupos patogênicos mais comumente associados a doenças de veiculação hídrica estão relacionados no Quadro 3, de acordo com cada tipo de microrganismo (MORATO et al., 2015).

QUADRO 3. Patógenos mais comuns associados a doenças transmitidas pela água relacionando categoria espécies e grupos.

Categoria	Espécies e grupos
Bactérias	<i>Vibrio cholerae</i> <i>Salmonella</i> spp <i>Shigella</i> spp <i>Legionella</i> spp <i>Campylobacter</i> spp <i>Yersinia</i> spp S. Typhi Coliformes totais e fecais
Vírus	<i>Adenovírus</i> (AdV) <i>Enterovírus</i> (EV) <i>Vírus da Hepatite A</i> (HAV) <i>Norovírus</i> (NoV) <i>Rotavírus</i> (RoV)
Protozoário	<i>Giardia lamblia</i> <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Cryptosporidium</i> spp

Fonte: MODIFICADO DE (YAMAGUCHI ET AL., 2013).

No grupo dos vírus, os mais relatados na literatura como contaminantes da água, são os AdV, EV, HAV, NoV e RoV (LUZ et al., 2017).

4.7 Vírus entéricos

Vírus entéricos são designados como grupos virais que apresentam afinidade pelo trato gastrointestinal humano. Existem mais de 100 tipos diferentes de vírus encontrados nos dejetos humanos e o vínculo de transmissão é a água (SPILKI, 2015). Os que se encontram disseminados em maiores quantidades e estão relacionados aos casos de surtos de gastroenterites, são: os *adenovírus humanos*, os *Enterovírus*, o vírus da hepatite A, os *Norovírus*, sendo o *Rotavírus* o de maior destaque, no quadro 4 estão relacionadas as principais doenças causadas por esses vírus (SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE, 2009); (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

QUADRO 4. Vírus detectados em ecossistemas aquáticos, relacionando os gêneros e doenças associadas.

Vírus	Doenças associadas
<i>Adenovírus</i>	Gastroenterite, doença respiratória, conjuntivite
<i>Enterovírus</i>	Paralisia, meningite, doenças respiratórias, febre, gastroenterites
Virus da Hepatite A	Hepatite
<i>Norovírus</i>	Gastroenterite
<i>Rotavírus</i>	Gastroenterite

Fonte: Modificado de (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014).

Pessoas doentes devido a esses vírus eliminam por meio das fezes cerca de 10^5 - 10^{11} partículas virais/g (TAVARES, CARDOSO, BRITO; 2005). A apresentam baixa dose infectante, de 1 a 10 partículas virais (MAURER, 2013). Essa carga viral pode contaminar direta e indiretamente a rede de abastecimento e alimentos que entram em contato com a água. A ingestão de água ou de alimentos contaminado pode levar ao desenvolvimento de doença mesmo em indivíduos suscetíveis (TAVARES, CARDOSO, BRITO; 2005).

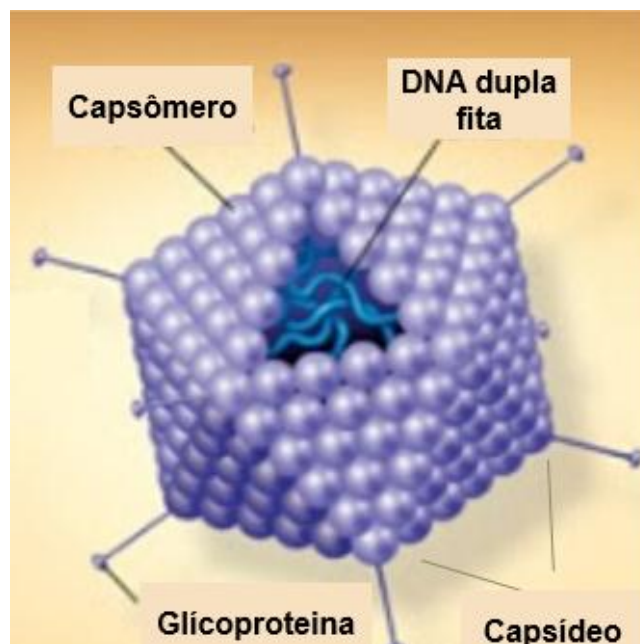
Os vírus entéricos possuem simetria icosaédrica, e a maioria não é envelopada, característica que lhes permite permanecer viáveis na água durante meses. Além disso, resistem às condições ambientais das mais diversas, como: pH extremos, temperaturas elevadas e salinidade alta (SPILKI, 2015).

Podem causar infecções assintomáticas, enfermidades em indivíduos suscetíveis, como quadros de gastroenterite, e quadros mais severos, como paralisias, anomalias cardíacas, encefalites, meningite asséptica, hepatites. Já em indivíduos imunodeprimidos e idosos podem levar ao óbito (GONELLA et al., 2016).

4.8 Adenovírus

Os HAdVs pertencem à família *Adenoviridae* e são formados por cinco gêneros: *Mastadenovirus*, *Atadenovirus*, *Ichtadenovirus*, *Siadenovirus* e *Aviadenovirus*. Apenas o gênero *Mastadenovirus* é patogênico para o ser humano e pode infectar animais como morcegos, bovinos, ovinos, suínos etc. São vírus não envelopados, com genoma de DNA dupla fita, têm 65-80 nm de diâmetro, capsídeo icosaédrico composto por 252 capsômeros (figura 2) (GHEBREMEDHIN; 2014).

FIGURA 2. Representação esquemática do HAdVs, identificando o capsômero, glicoproteína e capsídeo envolvendo o DNA dupla fita.



Fonte: (NEGREIROS, 2017).

Atualmente, por meio de sequenciamento genômico, foram descritos mais de 70 genótipos de AdVs e 51 sorotipos. Podem ser subdivididos em sete espécies ou subgrupos do A ao G, com base na análise de suas características biológicas, genéticas, imunológicas e bioquímicas. Os principais associados a gastroenterites são, Ad12, 18, 31 e 61 da espécie A, grupo F Ad 40, 41 e por último o grupo G, espécie Ad52 (PAZ, 2016).

Os sorotipos Ad40 e Ad41, pertencentes ao subgrupo F, são descritos como vírus entéricos fastidiosos por não crescerem facilmente em culturas celulares. São responsáveis pela maioria dos casos de gastroenterite na população, possuem um tropismo variado por células das mucosas, levando a diferentes quadros de gastroenterite. São mais resistentes aos processos de tratamento de água e esgoto do que outros vírus entéricos (PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014; GHEBREMEDHIN, 2014).

4.8.1 Patogênese

A transmissão dos HAdVs pode ocorrer por vias, como: respiratória, fecal-oral, por contato com secreções oculares, fômites (substância ou objeto inanimado capaz de absorver, reter e transportar microrganismos) e transplante de órgãos de doadores infectados pelo vírus. Quando transmitidos pela via oral-fecal, adentram no organismo, infectam células maduras das vilosidades do intestino delgado e são excretados nas fezes. No entanto, estes podem se disseminar dos sítios primários de infecção para diversos órgãos ou tecidos do organismo. O período estimado de incubação dos HAdV é em torno de dois a quatorze dias e a maioria das infecções são caracterizadas como autolimitadas. Quando entram em vias respiratória, se replicam, principalmente nas tonsilas e adenoides, que são formadas por células do epitélio respiratório não ciliado e podem se replicar em linfócitos, mas de forma limitada (PAZ, 2016).

O quadro 5 apresenta de forma simplificada as principais doenças de acordo com as diferentes espécies. Como pode ser observado os adenovírus podem causar quadros de gastroenterites pelo subgrupo G e F, quadros de doenças respiratórias e quadros mais graves como meningites ou cistite hemorrágica, causada pela espécie B (PAZ, 2016).

QUADRO 5. Principais doenças causadas pelos Adenovírus de acordo com a espécie.

Espécie	Tipo	Síndromes clínicas em humanos
A	12,18,31,61	Infecções entéricas
B	3,7,11,14,16,21,34,35,50,55,66	Conjuntivite, doenças respiratórias, doença respiratória aguda, cistite hemorrágica, meningites
C	1,2,5,6,37	Infecções endêmicas, sintomas respiratórios
D	8,9,10,13,15,17,19,20,22-30,32,33,36-39,42-49, 51,53, 54,56,58-60, 63-70	Queratoconjuntivite (em imunocomprometidos)
E	4	Conjuntivite, doenças respiratórias
F	40,41	Gastroenterite
G	52	Gastroenterite

Fonte: (PAZ, 2016)

4.8.2 Epidemiologia

A maioria das epidemias ocorrem em estações do ano de inverno ou no início da primavera. Em regiões que possuem clima temperado a prevalência de infecções por HAdV é maior, o Brasil possui clima tropical e por conta disso é verificado ao longo do ano uma sazonalidade (GHEBREMEDHIN, 2014). É estimado que cerca de 15% de casos relacionados a diarreia aguda são devido aos HAdV (DUARTE, 2012).

Os HAdVs podem infectar indivíduos de todas as faixas etárias, porém mais de 80% das infecções de HAdVs diagnosticadas prevalecem em crianças menores de 5 anos. É possível ocorrer quadros de gastroenterites, doenças respiratórias graves e até mesmo óbito. De acordo com a OMS foi estimado que dos anos de 2000 a 2003, ocorreram cerca de 10,6 milhões mortes relacionadas ao vírus, que

acometeu crianças menores de 5 anos de idade, sendo 19% relacionado a quadros de pneumonia e 18% a causas diarreicas (PAZ, 2016).

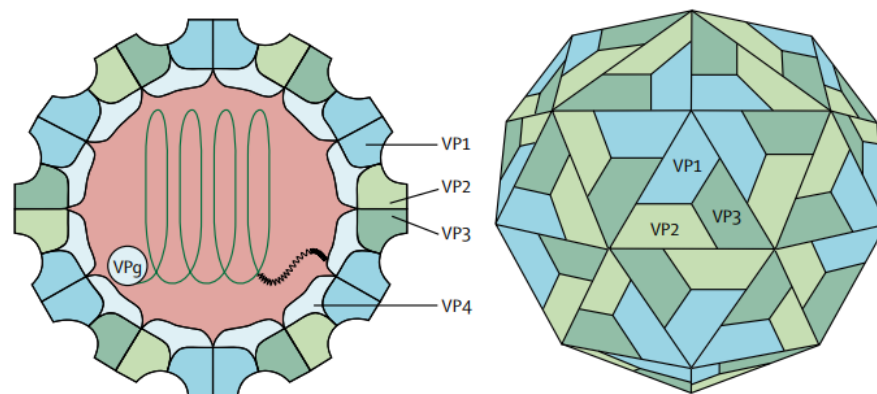
As pessoas imunodeprimidas são mais suscetíveis a infecções pelos HAdVs, podendo esse residir em tecido linfático, parênquima renal ou outros tecidos por anos e ocorrer reativação em pacientes gravemente imunodeprimidos (GHEBREMEDHIN, 2014).

4.9 Enterovírus

Os *Enterovírus* pertencem à ordem *Picornavirales*, e família *Picornaviridae*, atualmente dividida em doze gêneros: *Aphthovirus*, *Avihepatovirus*, *Cardiovirus*, *Enterovirus*, *Erbovirus*, *Hepatovirus*, *Kobuvirus*, *Parechovirus*, *Sapelovirus*, *Senecavirus*, *Teschovirus* e *Tremovirus* (COMERLATO, OLIVEIRA, SPILKI; 2011). Inicialmente o gênero *Enterovírus* dividido por análises genômicas, antigênicas e de patogenicidade em subgrupos, tais como: *poliovírus*, *coxsackievírus*, *echovírus*, os *enterovírus* numerados e *teschovírus* (COMERLATO; OLIVEIRA; SPILKI, 2011). Porém, de acordo com sequenciamento genético realizado recentemente, a divisão foi atualizada em 4 espécies: EV A, B, C e D correspondendo respectivamente a *coxsackievirus*, *echovirus*, *enterovirus* e *poliovirus* (BETANCOURT; SHULMAN, 2017).

Seu material genético é formado por RNA fita simples, o vírion apresenta forma estrutural esférica, não são envelopados, capsídeo icosaédrico e possuem de 24nm a 30 nm de diâmetro, aproximadamente. Cada capsômero é formado por quatro poliproteínas estruturais, são elas: VP1, VP2, VP3 e VP4. A VP1 é responsável pela adsorção nas células do hospedeiro e a VP4 serve como suporte estrutural para a VP2 e VP3. Os EVs são estáveis em uma faixa de pH em torno de 3 a 9, insensíveis a solventes lipídicos e a vários detergentes não iônicos à temperatura ambiente, e apresentam sensibilidade ao formaldeído, ácido forte, hipoclorito de sódio e glutaraldeído, podendo ser inativados na luz ultravioleta (BETANCOURT; SHULMAN, 2017).

FIGURA 3. Representação esquemática dos EVs, demonstrando o capsídeo, a distribuição das proteínas virais (VPs).



Fonte: (SOLOMON ET AL., 2010).

4.9.1 Patogênese

A transmissão dos EVs pode ocorrer por via oral-fecal por meio da água ou alimento contaminado, estando presentes em vários tipos de águas superficiais e subterrâneas. Os sítios de acometimento dos EVs ocorrem principalmente na mucosa respiratória e gastrointestinal, sendo capazes de se disseminarem pelo sistema linfático e serem transportados para outros locais no organismo. A média de incubação do vírus é em torno de três a dez dias. A maioria das infecções causadas pelo vírus é assintomática ou com sintomas mais brandos, como febre, dor de garganta, dor muscular, cefaleia, desconforto gastrointestinal e abdominal. Porém, já foram relatadas infecções por EVs relacionadas a doenças mais graves, como miocardite, encefalite, meningite, miosite e paralisia. O tipo de infecção que o vírus irá causar depende do seu tropismo pelas células do hospedeiro e se deve à disponibilidade de receptores de superfície celular CD55 ou CAR na membrana das células, e outros fatores que regulam a replicação do vírus (RIETH, 2016).

Os indivíduos infectados pelos EVs excretam grandes quantidades de partículas virais nas fezes, a excreção pode durar um período longo de até 11 semanas, aproximadamente (BETANCOURT; SHULMAN 2017).

4.9.2 Epidemiologia

Os EVs estão relacionados a altas taxas de mortalidade e morbidade pelo mundo, as principais vítimas são as crianças. Infecções por esses vírus são mais comuns nos países em desenvolvimento. Nos Estados Unidos ocorrem cerca de 30 a 50 milhões de infecções por EVs, sendo cerca de 5 a 15 milhões assintomáticas (COMERLATO; OLIVEIRA; SPILKI, 2011).

No Brasil foi verificado que as autoridades sanitárias não exigem os devidos tratamento das águas ou efluentes para os EVs, e como consequência dessa negligência resulta em centenas de milhares de hospitalizações por ano, devido a casos de meningite asséptica (BETANCOURT; SHULMAN 2017).

No Brasil, no ano de 2014, 1560 pacientes foram notificados e testados para EV, desses total 669, aproximadamente 46% foram positivos para EV D68, sendo a idade variando entre 3 dias a 92 anos. A maioria apresentava: dispneia (84%), tosse (81%), chiado (70%) e febre (48%). Do número total de infectados, 59% necessitaram de UTI e cerca de 28% de suporte ventilatório (SECRETARIA DA SAÚDE; 2016).

Durante o período de 1961 a 1984 foi realizado um estudo no estado do Pará, onde foram relatados o isolamento de 188 EVs não pólio, relacionados a casos de paresia de membros. Foram identificados 18 sorotipos, os mais comuns *Echovirus* 19, 11, 13 e *Cosakievirus* A4. Em um outro estudo conduzido entre o período de 1998 a 2000 envolvendo 468 amostras de paresia flácida aguda, obteve-se como resultado, 71 (15,2%) foram positivas pelo cultivo celular EVs e na reação em cadeia da polimerase de RT-PCR (reação em cadeia de polimerase reversa) , cerca de 53 (74,6%) foram identificadas e 18 (25,4%) não foi possível a identificação (ALVES et al., 2014).

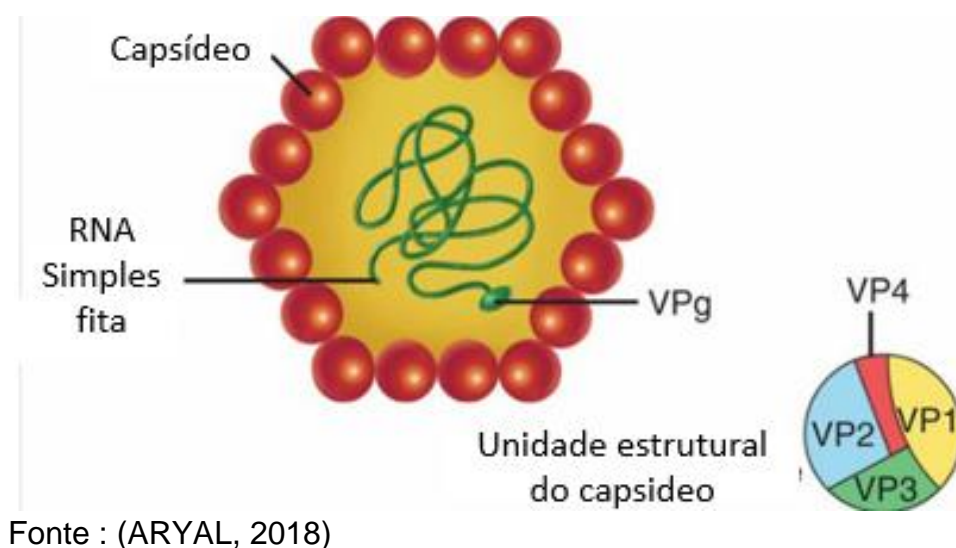
5. Hepatite A

O HAV pertence à família *Picornaviridae*, gênero *Hepatovirus*. Caracterizado por possuir capsídeo icosaédrico, medindo em torno de 27 nm de diâmetro, peso molecular em torno de 7,5 kb (kilobase) e sem envelope. O material genético é

formado por RNA fita simples de polaridade positiva, ou seja, pronta para a tradução de proteínas (figura 4) (AGGARWAL; GOEL, 2015).

Inicialmente foram classificadas em 7 genótipos com base na sequência de 168 nucleotídeos de fragmentos que contêm VP1 ou VP2A. Porém, uma nova classificação foi feita baseando-se na sequência completa da região que codifica o VP1, sendo obtido 6 genótipos do I ao VI. Os sorotipos I-III são encontrados apenas em humanos, os IV-VI estão relacionados a infecções em macacos. O mais disseminado no mundo é o genótipo III, prevalecendo em países asiáticos o IIIA, e o tipo II é limitado a algumas regiões da África (AGGARWAL; GOEL, 2015).

FIGURA 4. Representação esquemática do HAV, Capsídeo, o RNA simples fita associado a proteína VPg na extremidade. Capsídeo apresentando como a sua unidade estrutural o VP4, VP3, VP2, e VP1.



5.1 Patogênese

A principal via de transmissão do HAV é a oral, pela ingestão de água ou alimentos contaminados, são ingeridas e adsorvidas no intestino delgado, antes de atingir a circulação portal e serem transportadas para o fígado. São internalizados após a ligação ao receptor e membrana HAVCR1 e lá, ocorre replicação do HAV, no citoplasma dos hepatócitos (SANTOS, 2015). As novas partículas, são eliminadas pelos hepatócitos e direcionadas aos canalículos biliares, em seguida são encontradas na bile e no intestino onde infectam fezes com uma elevada carga

viral (AGGARWAL; GOEL, 2015). Pressupõem-se que os danos causados ao órgão, sejam resultados da resposta imune do hospedeiro (AGGARWAL; GOEL, 2015).

As manifestações clínicas podem ser hepatite icterica ou anictérica, porém 80% dos pacientes são assintomáticos (TAVARES; CARDOSO; BRITO, 2005).

5.1.2 Epidemiologia

Cerca de 1,5 milhões de casos por ano estão relacionados à infecção por HAV mundialmente e cerca de 35 mil mortes anuais são relatadas, no entanto é estimado que o nível de infecção é cerca de 10 vezes mais alto do que os valores notificados (POEL; RZEZUTKA, 2017).

Apesar da infecção por HAV ser amplamente disseminada pelo mundo, as taxas de transmissão variam entre populações de acordo com as condições sanitárias, socioeconômicas e demográficas. Por ser um vírus relacionado a transmissão fecal-oral, em áreas com melhor acesso à água potável e com melhores condições de implementação da rede de esgotos e higiene adequada, as taxas de HAV são menores (AGGARWAL; GOEL, 2015).

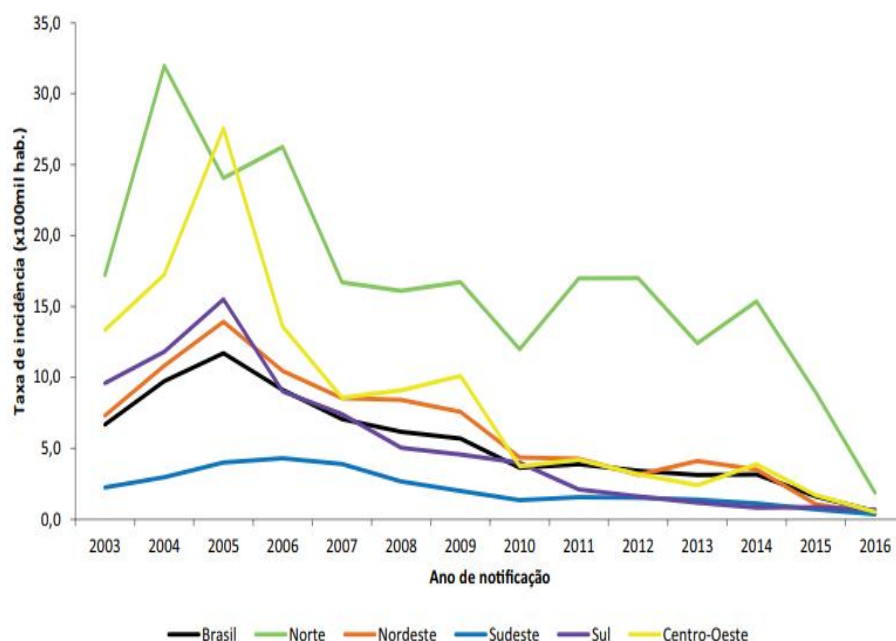
A maioria das infecções por HAV ocorre na África, Ásia, Europa Central, América Central e do Sul. As taxas anuais na Europa equivalem cerca de 0,55 a 1,5/100 mil habitantes. É comum em países em desenvolvimento crianças nos primeiros anos de vida serem atingidas pela infecção. Em países situados na América do norte e na Europa Ocidental e do Norte, as taxas de casos por HAV são menores, devido as condições melhores de saneamento básico (POEL; RZEUTKA, 2017).

Entre o período de 1999 a 2010 foram notificados 130.354 casos de HAV no Brasil. De acordo com o boletim epidemiológico de 2017, as regiões de maior acometimento no país foram o Norte e Nordeste, representando 56,6% dos casos confirmados entre os períodos de 1999 a 2016, e isso se correlaciona com o saneamento básico precário dessas regiões. As regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste representam cerca de 16,4%, 15,% e 11,4%, sendo menos acometidas durante esse intervalo de tempo. A seguir a figura 5 representa, por meio de um

gráfico a incidência de casos de HAV no Brasil no decorrer dos anos de 2003 a 2016. Como pode ser observado, casos de hepatite A no país apresentaram taxas altas até 2005, quando acometeram cerca de 11,7 pessoas por 100 mil habitantes (SECRETARIA DO MINISTERIO DA SAÚDE, 2017).

As taxas de HAV começaram a cair por volta de 2006, onde foram constados 0,6% a cada 100mil/habitantes, porém as regiões Norte e Nordeste ainda são as de maior acometimento pela doença, mesmo com diminuição de casos durante esses anos. A região Sudeste desde o início é a de menor índice de acometimento viral, a região Sul apesar de apresentar taxas elevadas até 2005, teve diminuição dos casos ao decorrer do tempo e atualmente se enquadra nos mesmos valores da região Sudeste. A relação da diminuição de casos de HAV no Brasil se deve à ampliação do sistema de saneamento básico (SECRETARIA DO MINISTERIO DA SAÚDE, 2017).

FIGURA 5. Incidência de casos de hepatite A por região no Brasil, entre o período de 2003 – 2016

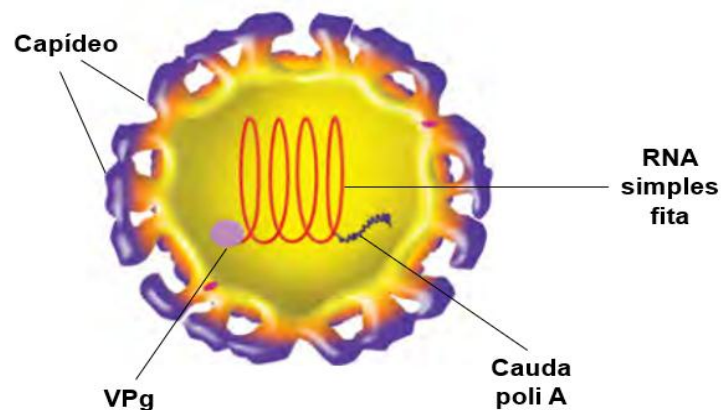


Fonte: (SECRETARIA DO MINISTERIO DA SAÚDE, 2017).

5.2 Norovírus

O gênero *Norovirus* pertence à família *Caliciviridae* que atualmente é dividida em gêneros, incluído *Norovirus*, *Sapovirus*, *Lagovirus*, *Nebovirus*, e *Vesivirus* (GRAAF; BEEK; KOOPMANS, 2016). Esses gêneros possuem características em comum, como presença de material genético RNA fita simples de polaridade positiva, genoma completo com cerca de 7,5 kb, cerca de 27 nm de diâmetro, além de apresentarem simetria icosaédrica com nucleocapsídeos arredondado (ROBILOTTI; DERESINSKI; PINSKYA, 2015). Foram classificados em seis genogrupos do GI ao GVI, e divididos em 30 genótipos, em que GI, GII, GIV são responsáveis por infectar humanos. O genótipo GII.4 encontra-se mais associado na transmissão pessoa a pessoa de que os outros tipos. Os genótipos GI.3, GI.6, GI.7, GII.3, GII.6 e GII.12 encontram-se mais ligados a infecções por água e comida contaminada. O genogrupo GI está mais associado a veiculação hídrica do que o GII, por isso apresentam maior estabilidade na água (GRAAF, BEEK, KOOPMANS, 2016).

FIGURA 6. Representação esquemática dos NoV, demonstrando o capsídeo, RNA fita simples com a proteína VPg ligada à região 5' e cauda poli A ligada à região 3'.



Fonte: (ROCHA-PEREIRA; NASCIMENTO, 2012)

5.2.1 Patogênese

A base patológica da diarreia induzida por NoV não é bem compreendida. Embora o epitélio intestinal pareça permanecer intacto durante a infecção por NoV, há alterações histopatológicas no intestino delgado, incluindo o alargamento e a mistura das vilosidades (KARST; ZHU; GOODFELLOW, 2014).

A má absorção está relacionada à diminuição das microvilosidades, ocorre por um processo inflamatório intestinal discreto, com exceção de um aumento significativo nas células T citotóxicas. Frente a esses fatos, pressupõe-se que a diarreia causada pelo patógeno é resultante de mudanças estruturais das células do intestino, causando alterações no processo de secreção e excreção. Também foram verificados casos de enterocolite necrosante, síndrome do intestino irritável pós infecção, ainda foram associados a doenças neurológicas, convulsões infantis e encefalopatias (KARST; ZHU; GOODFELLOW, 2014).

5.2.2 Epidemiologia

São considerados os patógenos virais mais comuns envolvidos em surtos epidêmicos de gastroenterites virais. A principal via de transmissão é a via fecal-oral, entretanto podem ser transmitidos por água e alimentos contaminados.

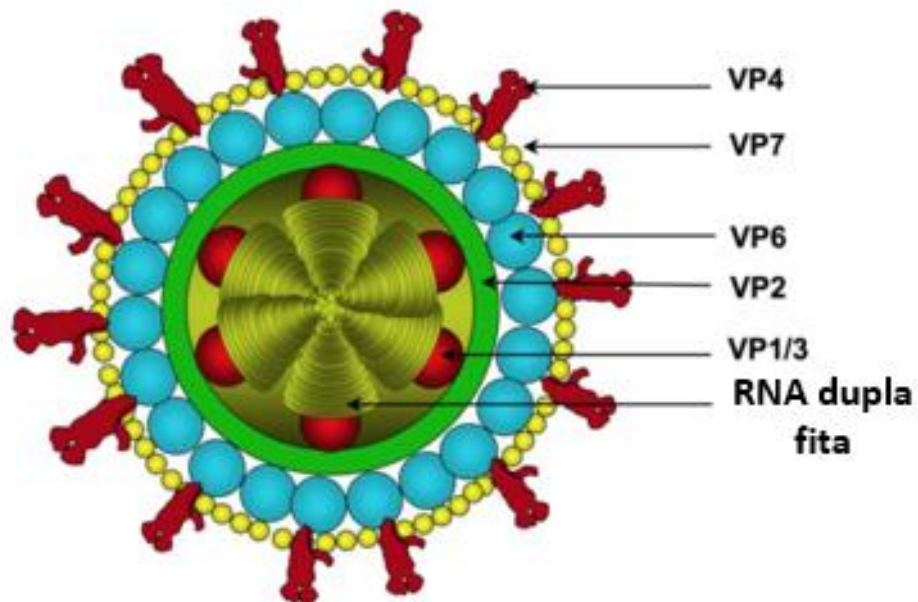
Os dados epidemiológicos no Brasil demonstram que a maior incidência da doença ocorre em crianças menores de 5 anos. Embora os surtos de diarreia ocorram o ano todo, alguns padrões de sazonalidades têm sido observados. Esses padrões diferem nos hemisférios: no Norte é mais comum no inverno e no início da primavera, já no Sul são mais frequentes durante a primavera e verão (MORILLO; TIMENETSKY; 2011).

Nos EUA este vírus é responsável por causar 19 a 21 milhões de casos de gastroenterite aguda (AGE) por ano. São ainda responsáveis por 56 a 71 mil casos de hospitalização e 570 a 800 mortes por ano nos EUA, sendo a maioria dos casos relacionados a crianças e idosos (GRANT et al., 2017).

5.3 Rotavírus

O gênero *Rotavírus* pertence à família *Reoviridae*, não envelopado, possui cerca 75 nm de diâmetro, simetria icosaédrica e o capsídeo é constituído por três camadas de proteínas distintas. O genoma é RNA de dupla fita com 11 segmentos. São considerados os principais agentes etiológicos da diarreia infantil. Atualmente são reconhecidos 35 genótipos G e 50 fenótipos P. São classificados em oito grupos distintos, de A a H, mas apenas os grupos A, B e C são encontrados em homens e animais, os grupos D, E, F, G e H foram encontrados apenas em animais (OCHOA et al., 2017).

FIGURA 7. Representação esquemática dos RoV demonstrando as proteínas virais e o RNA dupla fita.



Fonte: (RUIZ ET AL., 2009)

5.3.1 Patogênese

O RoV após ter infectado o hospedeiro, dirige-se para o trato intestinal, mais precisamente ao intestino delgado. Chegando lá, VP8 e VP5 presentes no capsídeo externo são clivados por proteases, que facilitam a endocitose mediada pelo receptor das células. As células epiteliais maduras das vilosidades do duodeno são as primeiras a serem infectadas e liberam um número significativo de partículas

virais, de forma a tornar a infecção mais grave nos enterócitos da porção medial e distal do intestino delgado, causando assim redução na área de superfície epitelial, resultando em síndrome de má absorção (KASHYAP et al., 2018).

5.3.2 Epidemiologia

O RoV é o principal agente etiológico causador de doenças gastrointestinais em crianças ao redor do mundo, com aproximadamente 10 milhões de casos e cerca de 190 mil mortes estimadas por ano (LEWNARD et al., 2018).

Foi estabelecida uma classificação baseada nos genes que codificam as proteínas do capsídeo: VP4 (Tipo-P) e a VP7 (Tipo-G). De acordo com essa classificação, já foram identificados pelo menos 35 sorotipos do tipo G e 50 do tipo P, tanto em mamíferos como nas espécies aviárias. Porém, seis sorotipos (G1P, G2P, G3P, G4P, G9P e G12P) apresentam maior relevância para os humanos, estando associados a 80 a 90% dos casos de enfermidades causadas pelo vírus ao redor do mundo (MOURE et al., 2018).

Entretanto com a introdução da vacina no programa de saúde, verificou-se uma redução drástica nos números de casos de infecções por RoV, como exemplo temos o Reino Unido, onde houve uma diminuição de cerca de 80% de ocorrência de casos, desta forma demonstrando o quão eficaz é a vacina (HOOG et al., 2018).

6 Diagnóstico Ambiental

6.1 Métodos de concentração viral

Apesar dos vírus entéricos serem excretados em altas concentrações por indivíduos infectados, esses microrganismos ainda se encontram em baixas quantidades na água. Dependendo da técnica a ser aplicada, um maior volume em torno de 10 a 1000 L ou menor < 100 mL é necessário para que a detecção de vírus na água seja possível (HARAMOTO et al., 2018). A concentração é a primeira etapa para análise de vírus nesse recurso natural. O objetivo dessa primeira etapa é recuperar e concentrar o maior número possível de partículas virais, ou mesmo

preservar o material genético que encontra-se em suspensão para que seja possível aplicar os métodos de detecção (SILVA et al., 2011).

O método de ultrafiltração se baseia na exclusão por tamanho, onde as partículas maiores que os poros do filtro, que apresentam 5 a 20 nm de porosidade, ficam retidas na tela do filtro. É um método utilizado para a concentração viral em grandes volumes de água (BETANCOURT; SHULMAN 2017). Em um estudo realizado por Haramoto e colaboradores (2018), foi verificada uma recuperação em torno de 66 a 99% de EVs por meio dessa técnica.

Uma outra técnica que também pode ser empregada para concentração é a floculação. É uma técnica que apresenta baixo custo benefício, quando comparada a outras, envolve processos como a pré-acidificação da amostra de água com as proteínas do leite. Nesse caso, é necessário utilizar o leite desnatado, seguido de um processo de agitação por um período de 8 horas e por mais 8 horas para que ocorra a sedimentação dos flocos. Após a remoção dos flocos a amostra é submetida a filtração e o *pellet* é ressuspensionado, por meio de um tampão fosfato. Esse método demonstrou uma taxa de recuperação em torno de 50% para AdVs, NoVs e RoVs em águas de mares e de rios (HARAMOTO et al., 2018).

Há também a técnica de microfiltração, que faz uso de membranas polarizadas, que possibilita o uso de uma variedade de amostras de águas. Requer a modificação de pH, nesse caso adicionando o cloreto de magnésio ($MgCl_2$), pois possibilita a mudança da carga superficial dos vírus, facilitando ligação com a membrana de carga negativa, essa etapa se torna desnecessária quando a amostra for água do mar, devido a presença de cátions presentes, fazendo com que os vírus se liguem diretamente a membrana (SILVA et al., 2011). Em seguida, é feita a lavagem do filtro com ácido sulfúrico (H_2SO_4) para remover os sais catiônicos e no processo de eluição final adição de hidróxido de sódio (NaOH) que melhora a recuperação dos vírus, assim diminuindo o potencial de inibição de extrações de DNA / RNA ou durante RT-PCR, associado a uso de efluentes orgânicos (HARAMOTO et al., 2018).

O método de microfiltração por membrana precisa de uma filtração prévia, possibilitando a diminuição do número de contaminantes ambientais. De acordo

com um estudo , essa técnica apresentou uma recuperação de 43% de amostras positivas para HAdVs detectadas por PCR (SILVA et al., 2011).

6.2 Métodos de detecção viral em amostras ambientais

Por muito tempo a cultura de células foi considerada o padrão ouro para a detecção viral, porém devido a limitações como demora na obtenção de resultados e a incapacidade de cultura de alguns vírus, as técnicas moleculares passaram a ganhar mais espaço, tornando-se a principal ferramenta de escolha para detecção de vírus entéricos em amostras de água. Esses métodos apresentam uma alta sensibilidade e especificidade. Outras vantagens das técnicas moleculares é o tempo para obtenção dos resultados, visto que, podem ser obtidos em horas, assim como, a possibilidade de detectar os vírus, que não seriam possíveis detectar por meio da cultura (HARAMOTO et al., 2018).

Técnicas moleculares como a PCR fornecem alta especificidade, sensibilidade e rápida detecção de patógenos virais em amostras ambientais. Este método utiliza a molécula de DNA para a replicação, são necessários dNTPs, a *Taq* DNA polimerase e cofatores, para que a reação aconteça. No entanto, quando utilizada para amostras aquáticas, pode apresentar limitação, devido à presença de inibidores da polimerase. Por exemplo, substâncias orgânicas oriundas de ácido húmico podem adsorver proteínas ou enzimas e interferir quimicamente em seus sítios de atividade ou quelar cátions bivalentes, tais como cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), impedindo que estes íons sirvam como cofatores das enzimas utilizadas na PCR. Esta técnica só pode ser empregada para a detecção de *Adenovírus*, visto que os outros vírus referidos no trabalho apresentam RNA como material genético (SILVA, 2011).

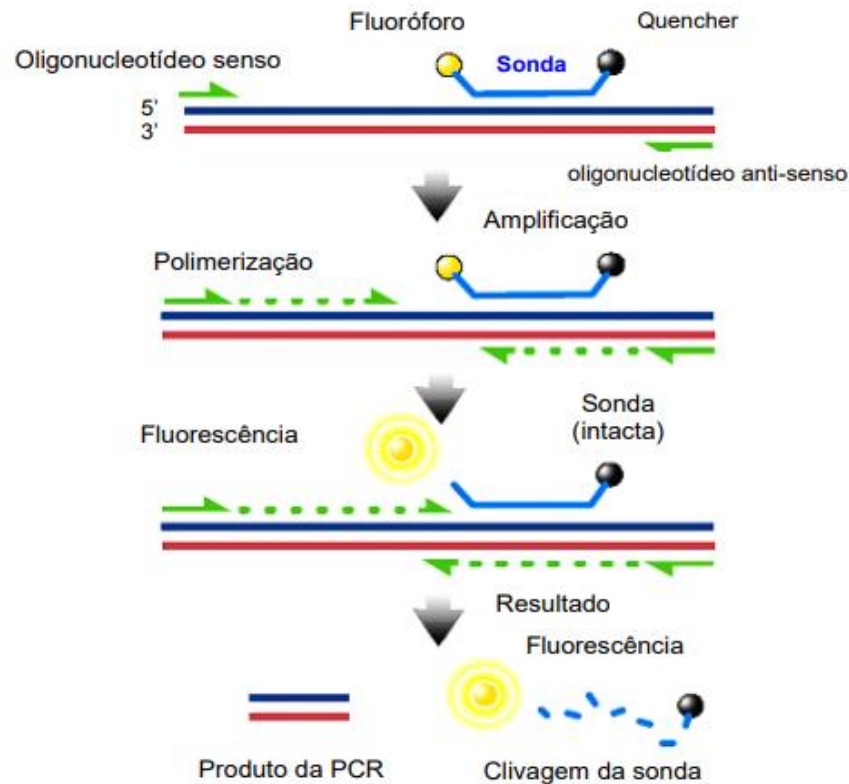
O RT-PCR tem sido amplamente utilizado para a detecção direta de vírus em concentrados de amostras de água (BETANCOURT; SHULMAN 2017). Este método utiliza a molécula de RNA como fita molde inicial para a síntese do cDNA. Para reação são necessários os dNTPs, a enzima transcriptase reversa e os primers específicos de regiões altamente conservadas. Após a obtenção do cDNA é possível realizar o PCR para amplificação do material viral e obtenção do

resultado no gel, essa técnica é utilizada para a detecção de vírus RNA com o *Enterovírus, Vírus da Hepatite A, Norovírus e Rotavírus* (NASCIMENTO; SUAREZ; PINHAL, 2010). Apesar de apresentar boa sensibilidade, o RT-PCR é inadequado para análise de muitas amostras, devido a avaliação dos produtos da reação em gel (LEMES, 2015). Além disso, a reação pode ser inibida devido a presença de ácido húmico na amostra (HARAMOTO et al., 2018).

Uma outra opção de técnica que pode ser utilizada, devido a esses pontos negativos do RT-PCR é o RT-PCR em tempo real (RT-qPCR). Para realização do método são necessárias sondas, que são fragmentos de DNA específicas marcadas com fluoróforos que se ligam apenas a amplicons (sítios de ligação) específicos. A sonda possui numa extremidade o fluoróforos e na outra o bloqueador que hibridiza com a fita molde. Durante a amplificação a sonda é degradada pela atividade da *Taq* DNA polimerase, permitindo a separação do quencher do fluoróforo, e com isso há aumento da fluorescência. Essa técnica é utilizada para detectar vírus que te RNA como material genético (*Enterovírus, Vírus da Hepatite A, Norovírus e Rotavírus*) (figura 8) (LEMES, 2015).

Com a utilização deste método, é possível a quantificação do ácido nucléico viral, o que torna a técnica mais rápida e precisa. No decorrer da amplificação, um software específico é utilizado para construção de gráficos em tempo real de acordo com ciclos de termociclagem, por meio da intensidade de fluorescência que é emitida (LEMES, 2015).

FIGURA 8 – Esquemática do funcionamento do RT-qPCR.



FONTE: (LEMES, 2015).

7 Epidemias

Doenças transmitidas pela água e por alimentos contaminados tem sido um dos maiores problemas a níveis mundial, causando doenças. No período de 1998 a 2012 nos países nórdicos da Europa, foram notificados cerca de 175 casos de surtos causados pela água, afetando 86 mil indivíduos, tendo como principal agente etiológico os vírus, responsáveis por cerca de 53% dos casos registrados (HERRADOR et al., 2015).

Entre 2011 a 2012 nos EUA, foram registrados 32 casos de surto foram associados ao consumo de água, ocasionando 431 casos, acarretando em 112 internações e 14 mortes, cerca de 16% dos casos teve como agente etiológico vírus (BEER et al., 2015).

Dados levantados por Portes e colaboradores (2016) sugerem que entre o ano de 2000 a 2013, no Brasil, ocorreram cerca de nove mil casos de surtos

envolvendo consumo de água e comida, resultando em 163.425 pessoas infectadas e 112 mortes. Estima-se que 46,31% desses casos sejam causados por vírus.

Em 2011 a vigilância mundial revelou que RoV foi responsável 197 mil dos 700 mil casos de mortes por AGE, a maioria foi registrada em países subdesenvolvidos da Ásia e da África. Mundialmente os NoVs são responsáveis por 50% dos casos de surtos de AGE e 90% de AGE não bacteriana (PORTES et al., 2016).

Em agosto de 2014, o Mercy Hospital em Kansas reportou aumento considerável de doenças respiratórias relacionadas aos *Rinovirus* e EVs. A detecção foi feita por PCR e permitiu que o CDC identificasse os EVs como principais agentes causais. Foram identificados 1.153 casos em 49 estados dos EUA, porém o CDC estimou que o número real de casos seja por volta de milhões (MESSACAR, ABZUG; DOMINGUEZ, 2017).

Em março de 2013, um surto de AGE afetou 19 indivíduos na região de Bangu, RJ. Foram recolhidas 10 amostras de fezes de nove pacientes que foram enviadas para FIOCRUZ e alguns outros laboratórios de referência. Foram obtidos resultados negativos para protozoários e bactérias, mas seis delas, oriundas de cinco pacientes, tiveram resultados positivos para HAdVs (PORTES et al., 2016).

Em 2015 foram relatados casos de surtos de gastroenterite aguda no oeste da Índia. Foram notificados no total 1.789 casos, sendo 321 relacionados a pacientes internados no hospital e 1.468 no atendimento ambulatorial, sendo cerca de 90% dos paciente da faixa etária entre 15 a 59 anos. Foram realizadas análises microbiológicas, no poço e no reservatório que servia como fonte de água potável, o resultado obtido demonstrou que a mesma se encontrava imprópria para o consumo. Foram coletadas 32 amostras de fezes de 24h de pacientes hospitalizados para a realização dos seguintes exames, RNA-PAGE e RT-PCR, e estes obtiveram respectivamente 72% e 95% da presença de RoV (JOSHI et al., 2017).

Em Novembro de 2014 foi informado pelo SDCDC a ocorrência de um surto numa escola em Binzhou na China, no qual centenas de estudantes apresentaram

sintomas de diarreia e vômito. Implementaram-se medidas profiláticas como troca de estoque de comida e corte da água potável, fazendo com que o número de pacientes diminuísse de 334 para 43 em 2 dias. Em 14 de dezembro houve a religação da rede de água potável e dias depois um novo surto ocorreu que perdurou até meados de janeiro de 2015 somando-se assim um total de 1.614 pacientes. Foram obtidas amostras dos pacientes, da comida e da água, para realização de testes confirmatórios para NoV, sendo então encontrados resultados positivos para os mesmos, mais especificamente os sorotipos GI.4, GI.2 e GI.6 (ZHOU et al., 2015).

Em 23 de Outubro de 2016, aconteceu um surto em Koppam, após 20 dias de uma cerimônia de casamento, originando 49 casos oriundos da ingestão de bebidas e alimentos processados sem os devidos cuidados higiênicos oferecidos no evento. Os pacientes apresentavam sintomas como febre, cansaço e icterícia. Foram colhidas no total 18 amostras, sendo 15 de sangue das pessoas acometidas pela infecção, 2 amostras de pessoas que estavam manipulando os alimentos e 1 amostra da fonte de abastecimento de água. Foi realizado nas amostras o teste de ELISA, sendo observado um resultado positivo para IgM de HAV em todas as amostras, além de que as amostras isoladas do solo perto dos poços de água continham material genético do HAV. Em cerca de 90% dos casos, os pacientes não tinham hábito de consumir água fervida, e cerca de 20% não lavava as mãos após defecar, sendo que as crianças menores de 5 anos tinham hábito de defecar nas ruas. Essas más práticas certamente contribuíram bastante para a disseminação e ocorrência do surto (ZACHARIAH et al., 2017).

8 Tratamento da água

O tratamento de água para consumo humano é uma tarefa complexa, varia de acordo com os objetivos de qualidade definidos, da característica da água a tratar, condições físicas e econômicas, levando também em conta as características do sistema de distribuição. O sistema de tratamento consiste num conjunto de etapas que se interligam (SANTOS, 2017).

Segundo Tavares, Cardoso e Brito (2015), o tratamento convencional da água para consumo humano deve apresentar as seguintes etapas: coagulação, floculação, Sedimentação, filtração, cloração e fluoretação.

8.1 Coagulação

A primeira etapa de tratamento da água é a coagulação (figura 9). Consiste em aumentar a tendência das partículas menores numa suspensão aquosa se agregarem umas às outras, formando agregados maiores. O princípio da técnica é transformar uma suspensão estável, ou seja, uma suspensão que seja resistente a agregação, em instável (NOGUEIRA, 2015). Para isso adiciona-se coagulantes que podem ter natureza inorgânica, caso dos sais metálicos, ou orgânica, como os polieletrólitos (SANTOS 2017). Podem apresentar carga e um alto peso molecular e pelas partículas apresentarem carga negativa, pode favorecer a formação de aglomerados (NOGUEIRA, 2015); (AMARAL; SANTOS, 2017).

Os coagulantes que geralmente são utilizados no tratamento da água são: sais de cloro ou enxofre associados a íons metálicos positivos, sulfato de alumínio, sulfato de ferro, e cloreto de ferro. O objetivo dessa técnica é a remoção da turvação e de matéria orgânica natural (NOGUEIRA, 2015).

FIGURA 9 - Adição de coagulantes, seguida de uma forte agitação.



FONTE: (GENTILE; AGUILA, 2014).

8.1.2 Floculação

A etapa da floculação é subsequente à da coagulação. O processo de floculação consiste em formar flocos, onde as partículas coloidais são colocadas em contato umas com as outras, havendo alteração na densidade (AMARAL, SANTOS 2017). Tem como objetivo principal, remoção de turvação de água e ao contrário da coagulação exige gradientes de velocidades reduzidos. Normalmente são utilizados agitadores operando com gradientes de velocidade decrescentes (SANTOS, 2017).

FIGURA 10 - Floculação, flocos formando aglomerados na superfície do efluente.



FONTE: (GENTILE; AGUILA, 2014).

8.1.3 Sedimentação

A terceira etapa do tratamento da água é a sedimentação. Devido a ação da gravidade não é necessário ser feita a agitação, a precipitação dos flocos formados é resultado da clarificação do sobrenadante (figura 11) (VALVERDE et al.,2015).

Na sedimentação é possível utilizar alguns produtos químicos como sulfato de alumínio e polímeros, os quais ajudam a acelerar esse processo (BERTONCINI, 2008). As operações de sedimentação ocorrem na sua grande maioria em tanques retangulares ou circulares e podem ser de fluxo horizontal ou vertical. Esse processo pode ser afetado por alguns fatores como a forma e a massa volumétrica das partículas, bem como as propriedades físicas da água (SANTOS, 2017).

FIGURA 11 - Sedimentação dos flocos no tanque de Sedimentação.



FONTE: (GENTILE; AGUILA, 2014).

8.1.4 Filtração

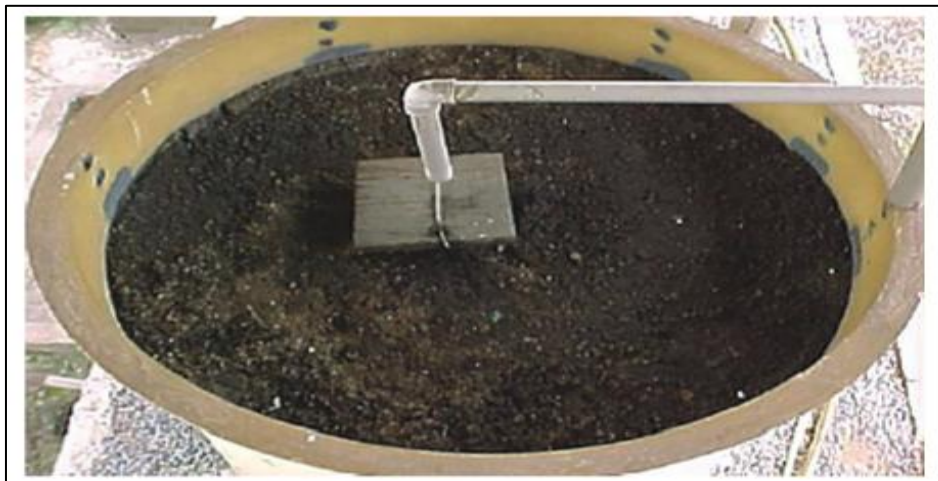
A filtração é um processo fundamental para o tratamento da água. Tem principal objetivo remover a matéria em suspensão que não tenha sido eliminada nas fases posteriores. Por meio desta é também possível usar matéria orgânica natural, alguns microrganismos e ainda os precipitados de ferro ou manganês decorrentes do processo anteriores (SANTOS 2017).

Para realização dessa etapa é necessário a utilização de filtros de areia, que são construídos em tanques de fibra, utilizando camada de areia, antracite ou carvão, pois favorecem um maior contato físico e químico, facilitando tanto a

retenção de partículas sólidas que ficam retidas nas partículas de areia, como retenção química, por parte das partículas do leito frente às do efluente (BERTONCINI, 2008).

Os filtros proporcionam efluentes praticamente isentos de sólidos (Figura 12), contudo os teores de nitrogênio, fósforo e patógenos devem ser avaliados conforme a legislação (BERTONCINI, 2008).

FIGURA 12 - Filtro de areia.



FONTE: (BERTONCINI, 2008).

FIGURA 13 - Efluente livre de partículas sólidas após a filtração.



FONTE: (BERTONCINI, 2008).

8.1.5 Desinfecção

O processo de desinfecção (figura 14) da água inicia-se com a cloração, que consiste da adição de cloro que é um agente desinfetante economicamente acessível, eficiente na inativação de muitos organismos patogênicos, sendo capaz de assegurar a manutenção de uma concentração residual ao longo dos circuitos hidráulicos, sendo este facilmente mensurável e controlável (SANTOS, 2017).

FIGURA 14 – Tanque onde é realizado o processo de cloração.



FONTE: (GENTILE; AGUILA, 2014).

Este tratamento apresenta alta eficiência contra alguns microrganismos. Contudo este processo tem-se mostrado pouco eficaz para o controle dos vírus. Foram observadas presença de NoVs viáveis em águas tratadas com cloro em concentrações de 3,75 mg/L a 6,26 mg/L, no entanto mostrou-se eficiente na remoção de RoV e PV. No caso do vírus HAV, ele perde o seu potencial de infectividade após a exposição a concentração de 5 mg/L de cloro por cerca de 1 minuto (TAVARES; CARDOSO; BRITO, 2005). Em consequência, o uso do cloro produz subprodutos tóxicos da reação como tri-halogênio-metano e clorofórmio.

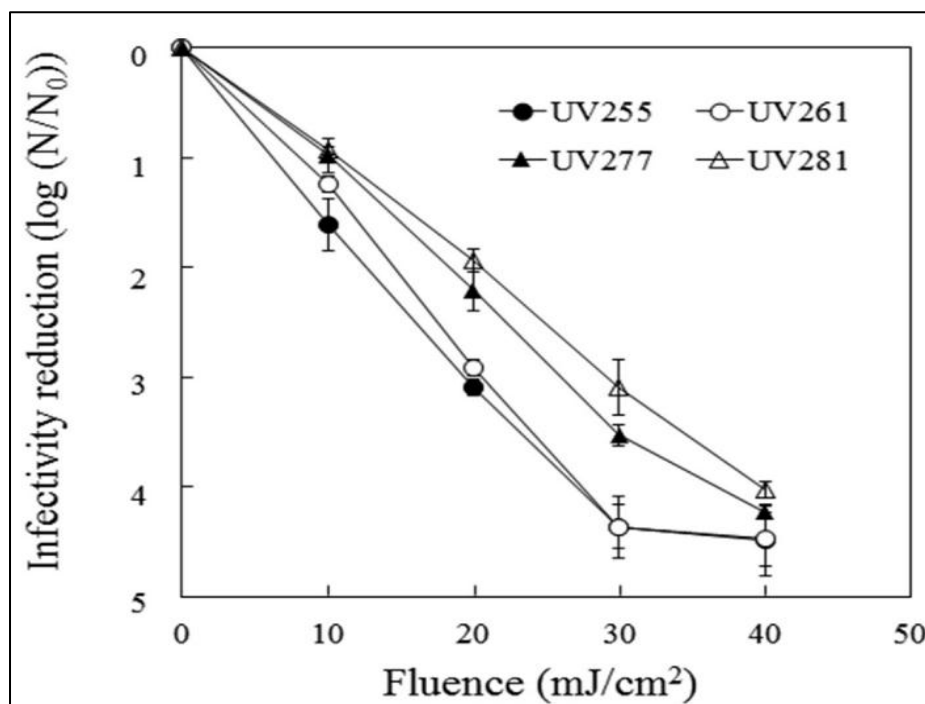
O ozônio vem se mostrando como uma alternativa para a substituição da utilização do cloro. Apresenta uma forte capacidade reativa e oxidante, tornando-o um poderoso desinfetante, tem demonstrado uma certa eficiência na redução da concentração dos vírus entéricos. Pressupõe-se que um dos mecanismos da ação do O₃, seja através de uma mudança na proteína viral no capsídeo causada pela oxidação, dessa forma destruindo-o ou modificando o receptor de ligação para as células alvo (WANG et al., 2018).

Em um estudo comparativo no qual vírus como NoV, PV, RoV foram expostos a diferentes substâncias químicas como triazone com formaldeído, demonstrando uma redução menor que 1 log do PV em 2 horas, foram também expostos ao O₃ e peróxido de hidrogênio, atingindo dessa forma os melhores resultados do experimento, com uma redução de 3 a menos 5 log da carga viral, com apenas a exceção do RoV que teve uma redução de apenas 2 log (YEARGIN et al., 2016).

Tem-se sugerido a utilização de radiação UV para a inativação de vírus não envelopados, que é um processo físico que não gera efeitos residuais ou sub compostos prejudiciais. Propõe-se que a principal ação dos raios, seja a degradação do material genético ou cansando alterações, de forma a impossibilitar a replicação viral. Por meio de estudos comparativos feitos com PV e fagos de RNA, demonstrou-se uma degradação de RNA simples fita. Foi observado que a radiação causou danos significativos no genoma do HAdVs, bem como, danos às proteínas do capsídeo ocasionando uma inibição da injeção do genoma viral na célula hospedeira (TANAKA et al., 2018).

Foram realizados experimento *in vitro*, utilizando células renal de gato (CRFK) infectadas pelo vírus *Calicivirus felino* (FCV), por ser um vírus semelhante aos vírus entéricos, foram utilizados diferentes comprimentos de onda 255nm, 261nm, 277nm e 281nm em função de diferentes intensidades, e o resultado obtido encontra-se expresso no gráfico 1 abaixo (TANAKA et. Al., 2018).

FIGURA 15 - Efeitos da radiação UV na infecção pelo FCV, redução de infectividade por intensidade da luz UV.



FONTE: (TANAKA ET. AL., 2018).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um componente vital para a manutenção da vida, e é o maior recurso natural constituinte do nosso planeta. Sua disponibilidade vem diminuindo ao longo dos anos, consequência do aumento demográfico, da globalização e do mau gerenciamento deste recurso. São observadas barreiras no controle da sua qualidade, fazendo com que muitas vezes não se enquadre no padrão de potabilidade, devido à presença de micro-organismos provenientes de contaminações. Desta forma, vem se tornando um grande veículo de transmissão de doenças, principalmente dos *waterborne* vírus, com os principais representantes HAdVs, EVs, HAV, NoV e RoV e agentes causadores de gastroenterite infecciosa. Apresentam uma forte prevalência entre as crianças e idosos e estão envolvidos em diversos casos de surtos, demonstrando o quão difundidos se encontram na população. A sua prevalência está intimamente ligada com sua resistência aos processos de tratamento convencionais, sendo necessário a aplicação de metodologias mais sofisticadas como a ozonização e uso de raio UV os quais apresentam bons resultados frente a inativação do vírus. Com base nessa problemática, as entidades competentes devem revisar a legislação sobre a potabilidade, incluindo a isenção de vírus como um padrão de potabilidade e estratégias como, criação de instituições com recursos humanos e técnicos, a fim de controlar e diminuir a disseminação dessas doenças.

REFERÊNCIAS

AGGARWAL, Rakesh; GOEL, Amit. Hepatitis A. **Current Opinion In Infectious Diseases**, Lucknow, v. 28, n. 5, p.488-496, out. 2015. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). Disponível em: <<http://14.139.245.149:8080/jspui/bitstream/1/9986/1/hepatitisA.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

ALVES, Jainara Cristina dos Santos et al . Aislamiento e identificación molecular de los enterovirus no polio en casos de parálisis flaccida aguda, ocurridos en la Región Norte de Brasil, en el período de 1996 a 2006. **Rev Pan-Amaz Saude**, Ananindeua , v. 5, n. 1, p. 35-42, mar. 2014 . Disponível em <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-62232014000100004&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 30 abr. 2018.

ARYAL, Sagar. **Structure of hepatitis virus**. 2018. Disponível em: <<https://virologynotes.com/hepatitis-a-virus/>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

BEER, Karlyn D. et al. Surveillance for Waterborne Disease Outbreaks Associated with Drinking Water — United States, 2011–2012. **MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 64, n. 31, p. 842-848, ago. 2015. Disponível em: <<http://europepmc.org/articles/pmc4584589>>. Acesso em: 28 abr. 2018

BERTONCINI, Edna Ivani. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, Piracicaba, v. 1, n. 1, 152-169, jun. 2008. Disponível em: <http://www.apta.sp.gov.br/Publicacoes/T&IA/T&IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_118.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2018.

BETANCOURT, Walter; SHULMAN, Lester. Polioviruses and other enteroviruses. **Global Water Pathogens Project**, Lansing, p. 1-60, set. 2017. Disponível em: <http://www.waterpathogens.org/sites/default/files/Polioviruses%20and%20other%20Enteroviruses_0.pdf> . Acesso em: 29 abr. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2015**. Brasília, 2016. 212 p. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 08 abr.2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim epidemiológico de Hepatites virais 2017**. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde, 2017. 68 p. Disponível em: <<http://www.aids.gov.br/pt-br/pub/2017/boletim-epidemiologico-de-hepatites-virais-2017>>. Acesso em: 08 abr.2018.

BRASIL. Secretaria da Saúde. **Boletim epidemiológico Enterovirose no Rio Grande do Sul: Uma Vigilância a Ser Estruturada**. Rio de Janeiro: Secretaria da Saúde, 2016. 16 p. Disponível em: <<http://www.aids.gov.br/pt-br/pub/2017/boletim-epidemiologico-de-hepatites-virais-2017>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

COMERLATO, Juliana; OLIVEIRA, Lucas Kessler de; SPILKI, Fernando Rosado. Enterovírus como indicadores de qualidade da água. **Revista Brasileira de biociências**. Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 115-125, Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1593/1008>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

DOMINGUES, Vanessa Oliveira et al. Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano:: Comparação entre duas metodologias. **Revista saúde**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 15-19, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/revistasaude/article/viewFile/6458/3926>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

DUARTE, Ricardo Jenner et al. Prevalência baixa de adenovírus em crianças com diarreia em Belo Horizonte-MG. **J Bras Patol Med Lab**, Belo Horizonte, v. 48, n. 4, p. 259-263, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpml/v48n4/v48n4a05.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

FARKAS, Kata et al. Evaluation of Two Triplex One-Step qRT-PCR assays for the Quantification of Human Enteric Viruses in Environmental Samples. **Food and Environmental Virology**, v. 5, n. 8, p. 1 – 8, abr. 2017. Disponível em: <<http://sci-hub.cc/10.1007/s12560-017-9293-5>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

FUMIAN, Tulio Machado. Detecção e caracterização molecular de vírus entéricos em águas residuárias na cidade do Rio de Janeiro. 2011. 136 f. Trabalho de conclusão de curso (Pós-Graduação em Biologia celular e molecular) - Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2011.

GALL, Aimee M. et al. Waterborne Viruses: A Barrier to Safe Drinking Water. **Plos Pathogens**, Ann Arbor, v. 11, n. 6, p.1-7, 25 jun. 2015. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.ppat.1004867>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4482390/>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

GENTILE, Edimir C.; AGUIL, Zaida Jova. Sistema de reutilização de água controlado via CLP. **Revista Ciência e Tecnologia**, v.17, n. 31, p. 44-53, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/366>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

GONELLA, Jennifer Midiani et al. Adenovírus e rotavírus em águas superficiais do córrego Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **O Mundo da Saúde**, Ribeirão Preto, v.

40, n. 4, p.474-480, 30 dez. 2016. Centro Universitario Sao Camilo - Sao Paulo. <http://dx.doi.org/10.15343/0104-7809.20164004474480>. Disponível em: <<http://pesquisa.bvsalud.org/bvsmis/resource/pt/mis-38605>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

Governo Federal Brasileiro, **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/saneamento-basico>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

HERRADOR, Bernardo Guzman, et al. Waterborne outbreaks in the Nordic countries, 1998 to 2012. **Eurosurveillance**, jun. 2015. Disponível em : <<http://europepmc.org/abstract/med/26111239> >. Acesso em :02 jan. 2018

GHEBREMEDHIN, Beniam. Human adenovirus: Viral pathogen with increasing importance. **European Journal Of Microbiology And Immunology**, Wuppertal, v. 4, n. 1, p.26-33, mar. 2014. Akademiai Kiado Zrt.. <http://dx.doi.org/10.1556/eujmi.4.2014.1.2>. Disponível em: <<https://akademiai.com/doi/abs/10.1556/EuJMI.4.2014.1.2>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

GRAAF, Miranda de; VAN BEEK, Janko; KOOPMANS, Marion P. G.. Human norovirus transmission and evolution in a changing world. **Nature Reviews Microbiology**, Rotterdam, v. 14, n. 7, p.421-433, 23 maio 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro.2016.48>. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nrmicro.2016.48>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

GRANT, Lindsay R. et al. Norovirus and Sapovirus Epidemiology and Strain Characteristics among Navajo and Apache Infants. **Plos One**, Atlanta, v. 12, n. 1, p.0-9, 3 jan. 2017. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0169491>. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0169491>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

HARAMOTO, Eiji. et al. A review on recent progress in the detection methods and prevalence of human enteric viruses in water. **Water Research**, Tokyo, v. 135, p. 168-186, maio. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135418301039?via%3Dihub>> . Acesso em: 28 abr. 2018

HENNING, Elisa et al. Um Estudo para a Aplicação de Gráficos de Controle Estatístico de Processo em Indicadores de Qualidade da Água Potável. **Sistemas & Gestão**, Joinville, v. 9, n. 1, p.2-13, 2014. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V9N1A1>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

HOOG, Marieke L. A. de et al. Report of the 5th European expert meeting on rotavirus vaccination (EEROVAC). **Human Vaccines & Immunotherapeutics**, Utrecht, v. 14, n. 4, p.1027-1034, 18 jan. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/21645515.2017.1412019>. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21645515.2017.1412019>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

JOSHI, Madhuri S. et al. Identification of group B rotavirus as an etiological agent in the gastroenteritis outbreak in Maharashtra, India. **Journal Of Medical Virology**, Maharashtra, v. 89, n. 12, p.2244-2248, 11 ago. 2017. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.24901>. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/jmv.24901>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

KASHYAP, Gayatri. et al. Rotavirus A associated pathology of intestine and mesenteric lymph nodes and occurrence in bovine calves of Gwalior and Bareilly regions. **Agricultural research communication center**, Uttar Pradesh, v. 52, n. 1, p. 100-104, jan. 2017. Disponível em: <<http://arccjournals.com/uploads/Final-attachment-published-B-3411.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

KARST, Stephanie M; ZHU, Shu; GOODFELLOW, Ian G. The molecular pathology of noroviruses. **The Journal Of Pathology**, Gainesville, v. 235, n. 2, p.206-216, 11 dez. 2014. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/path.4463>. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/path.4463>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

LEMES, Cláudia Fernanda Carraro. Levantamento de vírus que infectam videiras no Brasil por meio de RT-PCR em tempo real (RT-qPCR). 2015. 62 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2015.

MAURER, Cristiane Piccinini. Detecção de Adenovirus, Enterovirus e coliformes termotolerantes em amostras de água das praias de Ipanema e do Lami – Porto Alegre –RS. 2013. 46 f. Dissertação de mestrado (Mestre em Microbiologia Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2013.

LEWNARD, Joseph et al. Heterogeneous susceptibility to rotavirus infection and gastroenteritis in two birth cohort studies: parameter estimation and epidemiological implications. **Biorxiv**, p.2-44, 8 jan. 2018. Cold Spring Harbor Laboratory. <http://dx.doi.org/10.1101/242172>. Disponível em: <<https://www.biorxiv.org/content/early/2018/01/08/242172>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

LIMA, Sandra Cristina Alves de; SANTOS, Carlos Alberto Batista Educação e saúde pública: Determinação de cloro e *Escherichia coli* na água utilizada para consumo no IFPE, CAMPUS Afogados Da Ingazeira 2016. **Ouricuri**. Bahia, v.6, n.2 p. 29-41, ago. 2016. Disponível em : <<http://revistas.uneb.br/index.php/ouricuri/article/view/3170/2046>>. Acesso em 28 maio 2018.

LUZ, Roger Bordin da et al . Contaminação viral e bacteriana em águas subterrâneas na porção aflorante do Aquífero Guaraní, município de Ivoti, RS. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté , v. 12, n. 5, p. 871-880, out. 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2017000500871&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 03 maio 2018.

MESSACAR, Kevin; ABZUG, Mark J.; DOMINGUEZ, Samuel R.. 2014 outbreak of enterovirus D68 in North America. **Journal Of Medical Virology**, Aurora, v. 88, n. 5, p.739-745, 4 nov. 2015. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.24410>. Disponível em: <<http://sci-hub.tw/10.1002/jmv.24410>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

MORAIS, Wilker Alves et al . Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. **Cad. saúde colet.**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 361-367, Set. 2016 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-462X2016000300361&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 Apr. 2018.

Morato, Cléssia Bezerra, et al. Análise de qualidade de água nas unidades de saúde da família no município de Patos-PB. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**. Pombal, v. 5, n. 4, p. 43-47, dez. 2015. Disponível em :<<http://oaji.net/articles/2016/2628-1461608197.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

MORILLO, Simone Guadagnucci; TIMENETSKY, Maria do Carmo Sampaio Tavares. Norovírus: uma visão geral. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 57, n. 4, p.462-467, jul. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-42302011000400023>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0104423011703712>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

MOURE, Ulrich Aymard Ekomi et al. Emergence of G12 and G9 rotavirus genotypes in the Central African Republic, January 2014 to February 2016. **Bmc Research Notes**, Bangui, v. 11, n. 1, p.0-15, 5 jan. 2018. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1186/s13104-017-3122-7>. Disponível em:

<<https://bmcrenotes.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13104-017-3122-7>>. Acesso em: 31 mar. 2018.

NASCIMENTO, Sabrina; SUAREZ, Eloah Rabello; PINHAL, Maria Aparecida da Silva. Tecnologia de PCR e RT-PCR em tempo real e suas aplicações na área médica. **Grupo editorial Moreira JR**, São Paulo, v. 67, p. 7-19, nov. 2010. Disponível em: <http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?fase=r003&id_materia=4499>. Acesso em: 28 abr. 2018.

NEGREIROS, Ieda. A tricolina biologia. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://atricolinabiologia.blogspot.com.br/2017/07/virus.html>> . Acesso em: 6 maio. 2018.

NOGUEIRA, Ricardo Nunes. Estudo da remoção esperada de adenovírus no tratamento convencional de água para consumo humano. 2015. 149 f. Dissertação (Mestre em Engenharia do Ambiente) - Universidade Do Algarve, Algarve, 2015.

OCHOA, Guadalupe Gonzalez et al. Modulation of rotavirus severe gastroenteritis by the combination of probiotics and prebiotics. **Arch Microbiol**. Sonora, v. __, n. __, p. __, mar-jun. 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00203-017-1400-3.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

LOWE, Busayo; OLUYEGE, Jacob; FAMUREWA, Oladiran. Prevalence of Waterborne Diseases and Microbial Assessment of Drinking Water Quality in Ado-Ekiti and Its Environs, Southwestern, Nigeria. **British Microbiology Research Journal**, Ekiti, v. 12, n. 2, p.1-13, 10 jan. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedomain.org/abstract/12793>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

PAZ, Thainara Calixto da. Adenovírus em amostras fecais e do trato respiratório de crianças atendidas em um hospital de Goiânia, Goiás. 2016. 76 f. Trabalho de conclusão de curso (Pós-graduação em Biologia da relação parasito-hospedeiro) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

PORTES, Silvana Augusta Rodrigues et al. A non-enteric adenovirus A12 gastroenteritis outbreak in Rio de Janeiro, Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 111, n. 6, p. 403-406, jun. 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/mioc/v111n6/0074-0276-mioc-0074-02760160030.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

PORTES, Silvana Augusta Rodrigues. et al. Viruses in Mass Gatherings: Viral Waterborne and Foodborne Diseases. **Journal of the Brazilian society for virology**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 33-40, jul. 2016. Disponível em:

<<http://157.86.113.86/index.php/vrrjournal/article/view/276/253>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

PRADO, Tatiana; MIAGOSTOVICH, Marize Pereira. Virologia ambiental e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 7, p. 1367-1378, July 2014. Disponível em <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2014000801367&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 Jun. 2017.

RAČKI, Nejc et al. One-step RT-droplet digital PCR: a breakthrough in the quantification of waterborne RNA viruses. **Analytical And Bioanalytical Chemistry**, Solkan, v. 406, n. 3, p.661-667, 26 nov. 2013. Springer Nature. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-013-7476-y>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

RIBEIRO, Luiz Gustavo Gonçalves; ROLIM, Neide Duarte. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 7, n. 1, p. 7-33, 2017. Disponível em: <<http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/4149/2912>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

ROBILOTTI, Elizabeth; DERESINSKI, Stan; PINSKY, Benjamin A.. Norovirus. **Clinical Microbiology Reviews**, Stanford, v. 28, n. 1, p.134-164, jan. 2015. American Society for Microbiology. <http://dx.doi.org/10.1128/cmr.00075-14>. Disponível em: <<http://cmr.asm.org/content/28/1/134.short>>. Acesso em: 18 fev. 2017.

ROCHA-PEREIRA, Joana; NASCIMENTO, Maria So Jos. Targeting Norovirus: Strategies for the Discovery of New Antiviral Drugs. **Antiviral Drugs - Aspects Of Clinical Use And Recent Advances**, Porto, v. 7, n. 0, p.122-150, 14 mar. 2012. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/32677>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/221928289_Targeting_Norovirus_Strategies_for_the_Discovery_of_New_Antiviral_Drugs>. Acesso em: 06 maio 2018.

SANTOS, Samuel Franco Rodrigues. Contribuição para o estudo da otimização da operação de lavagem dos filtros da ETA de Monte Novo. 2017. 113 f. Dissertação (Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Sanitária) – Faculdades de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2017

SANTOS, Renata Tourinho. Estudo do polimorfismo genético do vírus e do hospedeiro na Hepatite A aguda e fulminante. 2015. 134f. Tese (Doutorado em Biologia Parasitária) - Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ. 2015.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado da Saúde. **Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica**: Perguntas e respostas e dados estatísticos. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde, 2009. 25 p. Disponível em: <http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-transmitidas-por-agua-e-alimentos/doc/2009/2009dta_pergunta_resposta.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2017.

SILVA, Hugo Delleon; ANUNCIACÃO, Carlos Eduardo; SANTOS, Sônia de Fátima Oliveira; GARCÍA-ZAPATA, Marco Tulio Antonio. Análise virológica da qualidade da água: uma revisão das metodologias de concentração e detecção viral. **Revista Brasileira de Biociências**, Goiânia, v. 9, n. 3, p. 406-415, jan. 2011. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/1674/1063>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

SOLOMON, Tom et al. Virology, epidemiology, pathogenesis, and control of enterovirus 71. **The Lancet Infectious Diseases**, Liverpool, v. 10, n. 11, p.778-790, nov. 2010. Elsevier BV. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1473309910701948>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

SPIILKI, Fernando Rosado . Crise hídrica, saúde e parâmetros de qualidade microbiológica da água no Brasil. **Revista da USP**, n. 106, p. 71-78, set. 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/109119/107624>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

TAVARES, Talissa de Moraes; CARDOSO, Divina das Dores de Paula; BRITO, Wilia Marta Elsner Diederichsen de. Vírus entéricos veiculados por água: Aspectos microbiológicos e de controle de qualidade da água. **Revista de Patologia Tropical**, Goiás, v. 34, n. 2, p. 85 – 104, maio-ago. 2005. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/iptsp/article/view/1914/1839>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

VAN DER POEL, W.; RZEZUTKA, A. Hepatitis A. **Global Water Pathogens Project**. Lansing, p. 1-19, set. 2017. Disponível em: <<http://www.waterpathogens.org/sites/default/files/Hepatitis%20A.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2018

VALVERDE, Karina Cardoso et al. Otimização dos parâmetros de operação no processo de coagulação/floculação e sedimentação no tratamento de água com a associação pac e moringa oleifera lam. **Engevista**, Mainga V. 17, n. 4, p. 491-499, dez. 2015. Disponível em: <<http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:i9SrXGsvYoIJ:scholar.google.com/+OTIMIZA%C3%87%C3%83O+DOS+PAR%C3%82METROS+DE+OPERA%C3%87%C3%83O+NO+PROCESSO+DE+COAGULA%C3%87%C3%83O/FLOCULA%C3%87%C3%83O+E+SEDIMENTA%C3%87%C3%83O+NO+TRATA>>

MENTO+DE+%C3%81GUA+COM+A+ASSOCIA%C3%87%C3%83O+PAC+E+M
oringa+oleifera+Lam&hl=pt-PT&as_sdt=0,5. Acesso em: 02 jan.2018>.

WANG, Jiao; DENG, Zhiqiang. Modeling and Prediction of Oyster Norovirus Outbreaks along Gulf of Mexico Coast. **Environmental Health Perspectives**, Baton Rouge, v. 124, n. 5, p.11-12, 3 nov. 2015. Environmental Health Perspectives. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1509764>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4858391/>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

YAMAGUCHI, Mirian Ueda; CORTEZ, Lúcia Elaine Ranieri; OTTONI, Lilian Cristina Camargo; OYAMA, July. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O mundo da saúde**, Maringá, p. 312-320, 2013. Disponível em: <https://www.saocamilosp.br/pdf/mundo_saude/106/1827.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2018.

YAMAMOTO, Seiji P. et al. Gastroenteritis Outbreaks Caused by a DS-1–like G1P[8] Rotavirus Strain, Japan, 2012–2013. **Emerging Infectious Diseases**, [s.l.], v. 20, n. 6, p.1030-1033, jun. 2014. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4036772/>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

YEARGIN, Thomas et al. The survival and inactivation of enteric viruses on soft surfaces: A systematic review of the literature. **American Journal Of Infection Control**, Carolina, v. 44, n. 11, p.1365-1373, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2016.03.018>. Disponível em: <[https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553\(16\)00276-5/fulltext](https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553(16)00276-5/fulltext)>. Acesso em: 02 jan. 2018.

ZACHARIAH, Shilu M. et al. Investigation of Hepatitis A outbreak in Palakkad district. **International Journal Of Community Medicine And Public Health**, Palakkad, v. 4, n. 11, p.4125-4130, 25 out. 2017. Medip Academy. Disponível em: <<http://www.ijcmph.com/index.php/ijcmph/article/view/2094/1535>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

ZHOU, N. et al. A waterborne norovirus gastroenteritis outbreak in a school, eastern China. **Epidemiology And Infection**, Jinan, v. 144, n. 06, p.1212-1219, 20 out. 2015. Cambridge University Press (CUP). Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/epidemiology-and-infection/article/waterborne-norovirus-gastroenteritis-outbreak-in-a-school-eastern-china/B2883E86BE38D6F0224D68E8741D80F0>>. Acesso em: 29 abr. 2018.