

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA  
CURSO DE MESTRADO**

**Potabilidade da água disponível para consumo nos ambientes de  
ensino da cidade de Cruz das Almas – Bahia**

**MARCOS VINICIUS SILVA DE ANDRADE**

CRUZ DAS ALMAS – BA

JULHO - 2016

**Potabilidade da água disponível para consumo nos ambientes de ensino da cidade de Cruz das Almas – Bahia**

**MARCOS VINICIUS SILVA DE ANDRADE**

Licenciado em biologia

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, 2014.

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Microbiologia Agrícola.

Orientador(a): Dr<sup>a</sup>. Ludmilla Santana Soares e Barros

Co-Orientador(a): Tatiana Pacheco Rodrigues

**CRUZ DAS ALMAS – BA**

**JULHO - 2016**

## FICHA CATALOGRÁFICA

A553p	<p>Andrade, Marcos Vinicius Silva de. Potabilidade da água disponível para consumo nos ambientes de ensino da cidade de Cruz das Almas – Bahia / Marcos Vinicius Silva de Andrade._ Cruz das Almas, BA, 2016. 90f.; il.</p> <p>Orientadora: Ludmilla Santana Soares e Barros. Coorientadora: Tatiana Pacheco Rodrigues.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Água potável – Uso. 2.Água potável – Microbiologia. 3.Escolas – Avaliação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 628.19</p>
-------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS**  
**EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA**  
**CURSO DE MESTRADO**

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MARCOS  
VINICIUS SILVA DE ANDRADE

*Ludmilla Santana Soares e Barros*

Dra. Ludmilla Santana Soares e Barros

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

(Orientador)

*Eliseth de Souza Viana*

Dra. Eliseth de Souza Viana

EMBRAPA Mandioca e Fruticultura

(Convidado)

*Isabella de Matos Mendes da Silva*

Dra. Isabella de Matos Mendes da Silva

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

(Convidado)

"Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em  
Microbiologia Agrícola em \_\_\_\_\_ conferindo o grau de Mestre em  
Microbiologia Agrícola em \_\_\_\_\_."

À minha mãe Maria da Paz Silva Lima  
Por toda força, dedicação e apoio  
Que representa.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro agradeço a Deus, por cada passo dado em meios a inúmeras dificuldades. Concedeu-me coragem a seguir em frente, agraciando-me com diversas vitórias, sempre iluminando o meu caminho.

A minha família, em especial a minha mãe, por me ensinar a valorizar cada coisa da vida, além de todo esforço e dedicação que ela teve e tem, até o presente momento, para me criar e me fazer uma pessoa de bem, exercendo o papel de Mãe e Pai ao mesmo tempo e exaltando minhas irmãs, Zay e Maira, que sabem o quão são importantes pra mim.

Agradeço aos meus sobrinhos Gui e Ruan e meu cunhado Flávio, que sempre me apoiaram e não me deixaram fraquejar nos momentos difíceis.

Aos meus amigos da Sociedade Filarmônica Euterpe Cruzalmense que me viram crescer e me incentivaram, a todo tempo, a correr atrás dos meus sonhos, em especial ao meu amigo/irmão, de todas as horas, Rogério “Negão” que através de sua simplicidade sempre esteve presente em minha vida, um irmão que a vida me deu, Rogério não tenho palavras pra te agradecer por tudo.

A minha orientadora, professora Dra. Ludmilla Santana Soares e Barros, pelo apoio, incentivo, paciência e orientações recebidas, pessoa esta que dedico meu carinho, respeito e o meu muito obrigado. Sem a sua ajuda não teria chegado até aqui.

A Professora Dra. Tatiana Pacheco Rodrigues, pela oportunidade, confiança depositada e pela orientação deste trabalho. Sempre disponível e atenciosa!

Aos minhas amigas de mestrado Danuza e Monique, grandes companheiras na hora do aperto.

A meu amigo Alisson sempre a postos e seu Pai na figura de Sr. Edmilson, sempre a prontos à me ajudar nas coletas.

As minhas amigas de coração, Luíse Palmira e Grazi, ao meu Tio Val, minha Tia Glória, Léo e sua namorada Thaís, uma família dada por Deus.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

A prefeitura do município de Cruz das Almas-Bahia, a Secretária de Educação e a todas instituições de ensino que contribuíram para realização dessa pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola da UFRB pela oportunidade.

Enfim, à todos que de forma direta ou indireta auxiliaram na execução deste trabalho.

Meu "MUITO OBRIGADO"

Ao bom e glorioso Deus por todas as bênçãos, e por estar com saúde no dia-a-dia para escrever essa Dissertação, após todos os obstáculos encontrados e superados durante minha vida até aqui.

A minha família e amigos, não mencionados aqui, mas nem por isto menos importantes, que depositaram forças e inspiração na escrita deste trabalho.

**“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado.”**

**Roberto Shinyashiki**



## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

Tabela 1 - Padrão microbiológico da potabilidade da água para consumo humano.....	19
Tabela 2 - Relação entre a forma de transmissão/veiculação das doenças relacionadas a água .....	26

### Capítulo 2

Tabela 1 - Número de amostras analisadas, especificando por ordem alfabética a ordem de coleta das amostras, e as fontes de abastecimentos encontradas e coletadas nas instituições avaliadas no município de Cruz das Almas-BA .....	38
Tabela 2 – Médias aritméticas dos Números Mais Prováveis (NMP) de coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus</i> e Unidades Formadoras de Colônias (UFC) de mesófilos e psicrotróficos nas águas de abastecimento, das instituições de ensino pesquisadas na cidade de Cruz das Almas-BA, em dois períodos, entre os meses de setembro a março de 2015 (seca) e abril a agosto de 2015 (chuva).....	42
Tabela 3 - Médias aritméticas dos parâmetros físicos e químicos das águas de abastecimento, das instituições de ensino pesquisadas na cidade de Cruz das Almas-BA, em dois períodos, entre os meses de setembro a março de 2015 (seca) e abril a agosto de 2015 (chuva).....	50

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição total da água no planeta terra.....	6
Figura 2 - Valores do consumo de água no planeta terra .....	7
Figura 3 - Representação dos SAA sem tratamento, nos estados do Brasil em 2011 .....	12
Figura 4 - Relação entre microrganismos da família dos coliformes .....	22
Figura 5 - Porcentagem de distribuição de surtos de doenças transmitidas por alimentos por regiões no Brasil .....	27
Figura 6 - Porcentagem de distribuição dos alimentos responsáveis por surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil .....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APHA - *American Public Health Association* - Associação Americana de Saúde Pública

ANA - Agência Nacional das Águas

BA - Bahia

CEEA - Estirpe de *Escherichia coli* enteropatogênicas

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CRL - Cloro Residual Livre

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DPD - NN Dietil Parafenileno Diamino

DTA - Doenças Transmitidas por Alimentos

EAEC - Estirpe de *Escherichia coli* enteroagregativas

EHEC – Estirpe de *Escherichia coli* enterohemorrágica

EIEC - Estirpe de *Escherichia coli* enteroinvasivas

EMBASA - Empresa Baiana de Saneamento de Águas e Saneamento

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETA - Estação de Tratamento da Água

ETEC - Estirpe de *Escherichia coli* enterotoxigênicas

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – Brasil

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

Hab. - Habitantes

HPC - Contagem de Bactérias Heterotróficas

HUS - Síndrome Hemolítico-Urêmica

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NIEHS - *National Institute of Environmental Health Sciences* - Instituto Nacional de Ciências de Saúde Ambiental

NMP - Número Mais Provável

MUG - 4-metilumbeliferil- $\beta$ -D-glucuronídeo

OD - Oxigênio Dissolvido

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONPG -  $\sigma$ -nitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosídeo

ONU - Organização das Nações Unidas

PCA - *Plate Count Ágar* – Ágar Contagem Padrão

pH - Potencial Hidrogeniônico

PSE - Pfizer Seletivo *Enterococcus*

RN – Rio Grande do Norte

SAA - Sistema de Abastecimento de Água

SAC - Soluções Alternativas Coletivas

SAI - Solução Alternativa Individual

SINAN/SVS - Sistema de Informação de Agravos de Notificação/Secretaria de Vigilância em Saúde

SISAGUA - Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

THM - Trihalometanos

UFC - Unidades Formadoras de Colônias

UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

UNESCO - *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UNICEF - *United Nations Children's Fund* - Fundo das Nações Unidas para a Infância

UNT - *Nephelometric Turbidity Unit* – Unidades Nefolométricas de Turbidez

VIGIAGUA - Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano

VMP - Valores Máximos Permitidos

WHO - *World Health Organization* – Organização Mundial da Saúde

## LISTA DE SÍMBOLOS

$n^{\circ}$  - Número

$H_2O$  - Formula química da água

$H_2$  - Hidrogênio

$O_{16}$  - Oxigênio

% - Porcentagem

$m^3/s$  - Metro Cúbicos por Segundo

mL - Mililitro

uH - Unidades Hazen

$H^+$  - Íons de Hidrogênio

< - Menor

> - Maior

mg/L - Miligrama por Litro

etc - Et cetera

HOCl - Ácido Hipocloroso

OCl - Hipoclorito

$O_2$  - Oxigênio Molecular

$\mu g/L$  - Microgramas por Litro

$^{\circ}C$  - Graus Celsius

$\beta$  - Beta

$\pm$  - Mais ou Menos

$Km^2$  - Quilômetros Quadrados

® - Marca Registrada

nm - Nanômetros

h - Hora

+ - Soma

cm - Centímetro

Cl<sub>2</sub> – Fórmula do Cloro

# ÍNDICE

**RESUMO**

**ABSTRACT**

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	4
<b>2 ÁGUA: CONCEITO, HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS E PESPECTIVAS ACERCA DESSE RECURSO</b> .....	5
2.1 Água .....	5
2.2 Qualidade da Água .....	9
2.3 Fatores que Interferem na Qualidade da Água Própria ao Consumo Humano .....	13
2.3.1 Cor .....	13
2.3.2 Turbidez .....	13
2.3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	15
2.3.4 Cloro Residual Livre (CRL) .....	15
2.3.5 Oxigênio Dissolvido (OD) .....	17
2.3.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	18
2.3.7 Coliformes Totais e <i>Escherichia coli</i> .....	19
2.3.7.1 Contaminação Fecal e <i>Escherichia coli</i> .....	20
2.3.8 Microrganismos <i>Enterococcus</i> .....	22
2.3.9 Contagem de bactérias heterotróficas: microrganismos Mesófilos e Psicrotróficos .....	23
2.4 Doenças Relacionadas à Água .....	24
Referências .....	30
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	34



Potabilidade da água disponível para consumo em unidades de ensino no município de Cruz das Almas – Bahia.....	35
Introdução .....	38
Metodologia Aplicada .....	36
Resultados e Discussões .....	40
Avaliação Microbiológica.....	40
Avaliação Física e Química.....	48
Conclusão .....	53
Referências .....	54
Considerações Finais.....	59
<b>ANEXOS</b> .....	

## RESUMO

**Andrade, M. V. S. Potabilidade da água disponível para consumo nos ambientes de ensino da cidade de Cruz das Almas – Bahia.**

A água é um elemento essencial à vida, a falta de cuidado em seu gerenciamento acaba por comprometer sua qualidade podendo trazer riscos à saúde humana, por meio das doenças que a água pode causar. Este estudo foi traçado objetivando avaliar a potabilidade da água disponibilizada ao consumo nos ambientes de ensino no município de Cruz das Almas-BA, no período seco e chuvoso, julgando sua qualidade em relação aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, baseados na portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde e nas resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008, oferecendo assim subsídios para as autoridades sanitárias do presente município, no que se refere à qualidade da água utilizada por estes ambientes de ensino. O estudo foi realizado em vinte e cinco instituições públicas de ensino, coletando água em quatro pontos distintos: coleta de água na primeira torneira da rede de abastecimento ou da solução alternativa coletiva de abastecimento (1º ponto), reservatório principal (2º ponto), água da cozinha (3º ponto) e os principais bebedouros (4º ponto), além da coleta da informação sobre a fonte fornecedora dessa água. Foram considerados como parâmetros para avaliação da qualidade da água os parâmetros físicos (Cor, Turbidez), químicos (pH, Cloro Residual Livre, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio) e microbiológicos (Coliformes Totais, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, Mesófilos, Psicotróficos). Das 25 instituições de ensino participativas do estudo, 14 destas as amostras foram provenientes de um sistema de abastecimento de água, em 9 de uma solução alternativa coletiva e 2 envolve as duas formas de abastecimento. Considerando os dois períodos de avaliação, para os coliformes totais, houve contaminação em cerca de 65,31% das amostras. Em 9 amostras verificou-se a presença de *E. coli*. Para os microrganismos *enterococcus* valores positivos foram vistos em 36,73% das amostras. No período seco foi possível visualizar maiores contagens de

microrganismos mesófilos, quando comparados ao período chuvoso, em 34,69% das amostras as contagens foram acima do que ideal via legislação. Não houve variação aparente para a cor. Para a turbidez e o pH apenas em 2 instituições os valores foram irregulares com a legislação atuante. O OD somente em duas instituições no período seco obtiveram-se valores impróprios enquanto que para DBO estiveram numa faixa ideal. Embora algumas amostras tenham apresentado ausência de coliformes, as demais apresentaram contaminação bacteriana, existindo assim necessidade de práticas eficazes a fim de melhorar sua qualidade. Concluiu-se que o risco à saúde nas instituições de ensino do município de Cruz das Almas (BA) pode ser solucionado com o tratamento adequado da água, limpezas periódicas nos reservatórios, manutenção adequada das torneiras e filtros.

**Palavras-chave:** Qualidade da água, Higiene, Microbiologia, Escolas, Colégios.

## ABSTRACT

### **Andrade, M. V. S. Drinkability of water available in schools in Cruz das Almas BA Brazil**

Water is an essential element for life and careless management compromises its quality and endangers human health due to diseases. Current analysis assesses the drinkability of water available in schools in the municipality of Cruz das Almas BA Brazil, during the dry and rainy periods, with regard to its physical, chemical and microbiological parameters based on Ordinance 2914/2011 of the Ministry of Health and on the Resolution of CONAMA 357/2005 and 396/2008. The latter are a helpful subsidy for the health authorities of the municipality with regard to water quality in the school milieu. Twenty-five government-run school institutions participated in current study. Water was collected at four different sites: first tap of the water supply network or of the collective alternative supply (1<sup>st</sup> site); main reservoir (2<sup>nd</sup> site), kitchen water (3<sup>rd</sup> site) and the main water drinkers (4<sup>th</sup> site), coupled to information retrieval on the city's main water supply source. The parameters for the evaluation of water quality comprised physical (color; turbidity), chemical (pH, free residual chlorine, dissolved oxygen, Biochemical Oxygen Demand) and microbiological (total coliforms, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, Mesophylls, Psycrotrophic) parameters. Of the 25 participatory educational institutions of the study, 14 of these samples were from a water supply system, 9 a collective alternative solution and 2 involves the two forms of supply Considering the two evaluation periods, for total coliforms, there was contamination in about 65.31% of the samples. In 9 samples we verified the presence of *E. coli*. For microorganisms *enterococcus* Positive values were seen in 36.73% of the samples. In the dry period it was possible to visualize higher counts of mesophilic, when compared to the rainy season in 34.69% of the samples the counts were higher than ideal via legislation. Apparent variation for color of samples was not identified. For the turbidity and the pH only in institutions 2 values were irregular with the active legislation. The DO only two institutions in the dry period showed values improper while for BOD were in an ideal range. Although some samples

lacked coliforms, other reported bacterial contamination, with the requirement of efficacious practices for improvement of quality. It was concluded that the risk to health in educational institutions in the city of Cruz das Almas (BA) can be solved with proper treatment of water, regular cleaning the tanks, proper maintenance of taps and filters.

**Keywords:** Water Quality, Hygiene, Microbiology, Schools, High Schools.

## 1 INTRODUÇÃO

Indispensável à vida, a água é considerada o produto mais importante para o ser humano, atuante na manutenção da sua saúde e da qualidade de vida. Entretanto preocupações têm surgido devido à ameaça de sua disponibilidade, principalmente quando se leva em consideração o uso exacerbado devido à falta de organização das grandes cidades, refletindo no aumento do consumo, ocasionando assim grandes desperdícios e poluição das águas superficiais e subterrâneas. Os maiores problemas relacionados a esse bem partem das decisões relativas a seu acesso e privação. Então, é necessário compreender quais os princípios éticos são aplicáveis em todas as situações geográficas, independente do desenvolvimento que se esteja percorrendo, seja econômico, social, entre outros e assim, cada vez mais suprir os problemas com a escassez de água (VON SPERLING, 1996; AZIZULLAH et. al., 2011; BRASIL, 2013; UNESCO, 2016).

Refletindo o uso deste recurso as primeiras necessidades, além do seu fornecimento com qualidade e segurança ser um direito do cidadão, contribui essencialmente a saúde. Desta forma investimentos em abastecimento e saneamento faz com que haja ganhos consideráveis no que tange a luta contra doenças que a água irregular pode veicular (WHO, 2011; UNESCO, 2016).

Diante de tamanha importância, os aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água são fatores essenciais para a manutenção da saúde, pois o tratamento ou gerenciamento inapropriado pode vir a ocasionar riscos à saúde do consumidor. Por isso, é preciso estar atento aos fatores que podem interferir negativamente na qualidade da água para consumo humano, estando ciente dos fatores que podem trazer prejuízo à qualidade da água no seu destino final e no seu consumo (WALDMAN et al., 1997; BRASIL, 2006; 2014b).

Por meio de sistema de distribuição, soluções alternativas coletivas, a água fica acessível ao consumo das populações. Os ambientes de ensino representam uma segunda casa da criança, além de um dos destinos finais para água de consumo. A criança passa parte do seu dia nesses ambientes, consumindo-a direta ou indiretamente, e, desta forma, revela-se necessário um

acompanhamento e monitoramento da sua qualidade nestes ambientes. Dentre as principais alternativas para garantir a qualidade da água estão o saneamento básico e saneamento ambiental, relacionados ao tratamento da água e resíduos, respectivamente. Ressalta-se que o tratamento inadequado da água e resíduos aumenta os índices de mortalidade infantil, haja vista que as crianças são as principais afetadas.

Patel et al. (2014), avaliando a visão de alunos de ensino médio sobre o consumo da água de bebedouros, observaram que há uma grande rejeição. Por falta de confiança na disponibilidade deste recurso. Os autores ainda enfatizaram que é necessário aumentar a segurança de acesso à água e promover ações nas residências e nas comunidades sobre o consumo seguro de água, para que a aceitação nas escolas possa ser mais atrativa, pois, independente da sua finalidade, o uso de água com má qualidade pode causar sérios prejuízos à saúde. Então torna-se de fundamental importância práticas que possam favorecer o bem estar de quem a usa (WHO, 2003).

Este trabalho foi dividido em duas partes. Na primeira, será visto uma revisão de literatura, na qual foi enfatizada as características gerais da água, composição, importância, benefícios, malefícios, distribuição e a cultura humana acerca desse recurso.

Na segunda parte, serão apresentados os resultados da pesquisa sobre a avaliação física, química e microbiológica da água, denotando o que pode vir a causar prejuízos aos consumidores finais, discentes, professores e outros funcionários das instituições, e oferecer, junto ao município, por meio da secretária de educação, subsídios para reivindicar a melhoria da qualidade da água nesses ambientes de ensino. Portanto, realizou-se esse trabalho com o objetivo geral de avaliar a potabilidade da água disponível para consumo nos ambientes de ensino (fundamental e médio) da cidade de Cruz das Almas – Bahia.





## **CAPÍTULO 1**

### **ÁGUA: CONCEITO, HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS E PESPECTIVAS ACERCA DESSE RECURSO**

## **2 ÁGUA: CONCEITO, HISTÓRICO, CARACTERÍSTICAS E PERSPECTIVAS ACERCA DESSE RECURSO**

### **2.1 ÁGUA**

Água é o nome de um composto formado da combinação de hidrogênio e oxigênio. Foi exposto pela primeira vez nessa configuração em 1804,  $H_2O$ , quando o químico francês Joseph Louis Gay-Lussac e o naturalista alemão Alexander Von Humboldt expuseram que a água consistia de duas moléculas de hidrogênio e uma de oxigênio. Existem diversas variações da molécula de água, a depender do agrupamento dos isótopos de hidrogênio e oxigênio, entretanto, a forma mais importante no ecossistema é a combinação entre o  $H_2$  e o  $O^{16}$ , onde, num compartilhamento de elétrons, estas duas formas atingem estabilidade, originando molécula de água (BRASIL, 2014b).

Fundamental à vida deve ser disponibilizada de forma segura a todos. A água potável (tratada adequadamente) traz grandes benefícios para a saúde, principalmente aos grupos populacionais mais suscetíveis às doenças veiculadas pela água como, lactantes e crianças jovens, pessoas debilitadas e idosos vivendo em condições desfavoráveis. Este recurso natural é de grande importância a todos os organismos que habitam a Terra, sendo considerada um solvente universal e é um veículo para a troca de substâncias e de regulação da temperatura, correspondendo em torno de 70% de massa corpórea dos seres humanos, além maior quantidade nas células e seiva das plantas. Citam-se seus relevantes usos: na produção de alimentos, na indústria farmacêutica, na higiene, na produção de energia elétrica, na limpeza das cidades, na construção de obras, no combate a incêndios e na irrigação de jardins, entre outros (VON SPERLING, 1996; WHO, 2011; BRASIL, 2014a).

O código da água, estabelecido por Decreto Federal nº 24.643 de 10 de julho de 1934, assegura o uso gratuito de qualquer curso ou nascente de água para as primeiras necessidades da vida e permite a todos fazerem o uso as águas públicas, conformando-se com os regulamentos administrativos. Porém, impede a derivação das águas públicas para a aplicação na agricultura, indústria e higiene, sem a existência de concessão, no caso de utilidade pública, e de autorização

nos outros casos; em qualquer hipótese, dá preferência à derivação para abastecimento das populações (BRASIL, 1934).

Segundo a Agência Nacional de Águas– ANA (Figura 1), 97% da água do planeta é salgada e se encontra nos mares e oceanos. Cerca de 2/3 da água disponível (doce) encontram-se distribuídas em geleiras e calotas polares. De acordo com o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a água doce disponível ao consumo representa menos de 1% do total e distribui-se na atmosfera, lagos, rios, riachos, terras úmidas e águas subterrâneas, indicando que esse recurso é bastante limitado na sua forma doce (VON SPERLING, 1996; BRASIL, 2014a).

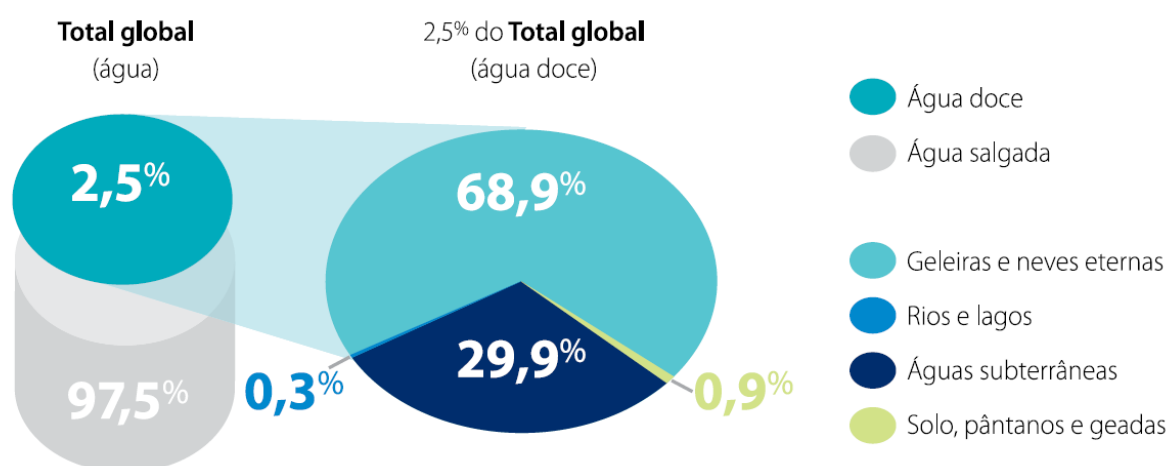


Figura 1 - Distribuição total da água no planeta terra.

Fonte: Plano Nacional de Recursos Hídricos – Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente.

Independentemente de sua limitada disponibilidade, nota-se que existe pouca preocupação no gerenciamento deste recurso, acarretando sérios problemas. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2015) destaca que a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial, uma porcentagem que alcançará os 2/3 em 2050, problemática esta causada pela agricultura na produção de alimentos, sendo que de cerca 70% de toda a água consumida no planeta é utilizada pela irrigação, restando 22% para as atividades de indústria e somente 8% para uso doméstico (Figura 2).

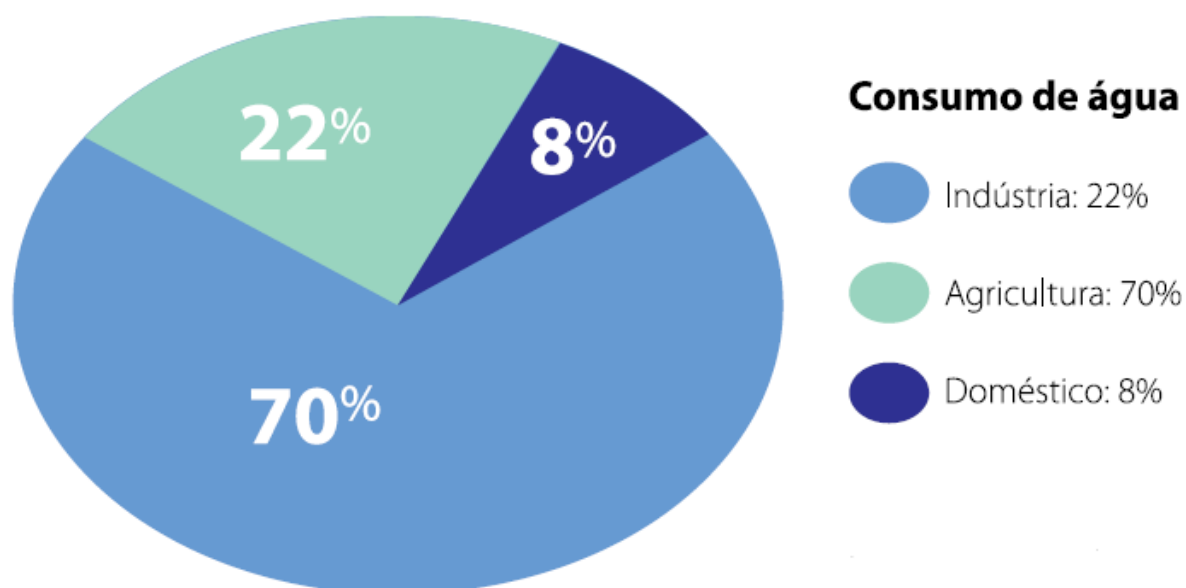


Figura 2 - Valores do consumo de água no planeta terra.

Fonte: FAO (2015).

Fato preocupante é que nos últimos 50 anos as reservas de água doce no mundo tiveram uma redução de aproximadamente 62%. Estima-se que em 25 anos, 2,8 bilhões de pessoas no planeta estarão em regiões de seca crônica (ONU, 2010). No Brasil detém cerca de 12% de toda a água doce do planeta, distribuídas entre as bacias do São Francisco, do Paraná e a Amazônica (a mais extensa do mundo com 60% no Brasil). Isso faz com que nosso país se caracterize por ser um enorme potencial hídrico, disponibilizando uma quantidade por pessoa 19 vezes superior ao mínimo estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU), cujo valor é expressado em 1.700 m<sup>3</sup>/s por habitante, por ano. No entanto, o consumo *per capita* dobrou nos últimos 20 anos e a disponibilidade per capita é 3 vezes menor do que em 1950 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

Apesar do notável potencial hídrico presente no território brasileiro, pesquisas recentes mostram a alarmante falta de cuidado com a água tratada. Num estudo feito com 100 cidades brasileiras, de acordo com o instituto Trata Brasil, sete cidades em dez não aproveitam 30% ou mais de toda água tratada, devido a vazamentos nas tubulações, ligações clandestinas e erros de medição de hidrômetros. Apenas sete municípios perdem 15% ou menos da água faturada, valor este considerado ideal (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2016), reflete a

necessidade de maiores investimentos em torno da água, recurso tão valioso e tão escasso.

A Resolução nº 247 de 29 de Novembro de 2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente e o Ministério da Saúde por via de seus documentos (BRASIL, 2006, 2014b; CONAMA, 2000) relata que a água pura não existe na natureza, devido a suas importantes propriedades, como ser um ótimo solvente e atuar no transporte de incontáveis substâncias, como sais minerais, matéria orgânica e inorgânica. As características físicas são determinadas pelos sólidos presente no corpo d'água em suspensão ou dissolvidos, as características químicas podem ser observadas pela presença matéria orgânica ou inorgânica na água e as características biológicas se resumem aos organismos vivos ou mortos presentes na água, sendo posteriormente removidos com auxílio do tratamento para que a água tenha uma qualidade ideal (VON SPERLING, 1996; BRASIL, 2006; 2014b).

Além da contaminação natural, existe uma série de fatores relacionados à contaminação da água, depreciando assim a sua qualidade. Destacam-se: os esgotos domésticos, efluentes industriais e da agricultura, desmatamento, mineração, resíduos sólidos, efluentes da suinocultura, poluição difusa em áreas urbanas, salinização, acidentes ambientais, construção de barragens e aquicultura (BRASIL, 2005). Desta forma, para que se tenha garantia da qualidade da água a ser consumida faz-se necessário o emprego dos bioindicadores, que são espécies, grupos ou comunidades biológicas, cuja presença, quantidade e distribuição indicam a amplitude de impactos ambientais em um ecossistema aquático.

Um microrganismo pode ser dito como indicador seguindo algumas características, como ser aplicável a todos os tipos de água, ter uma população bastante numerosa que outros patógenos, sobreviver melhor que os possíveis patógenos, possuir resistência a processos de autodepuração e ser detectado por uma metodologia simples e barata. É irreal considerar que exista um indicador ideal de qualidade sanitária da água. Entretanto, há alguns que se aproximam das exigências (BRASIL, 2006), tais como os Coliformes Totais e Termotolerantes (*Escherichia coli*) (BRASIL, 2011). Nos Estados Unidos os microrganismos apontados como bioindicadores da qualidade da água englobam os coliformes totais, *Escherichia coli* e enterococos (EPA, 1976; SHIBATA et al., 2004).

## 2.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A água potável é vital para a sobrevivência de todos os organismos vivos e do funcionamento dos ecossistemas, comunidades e economias. Os países em desenvolvimento estão entre os mais afetados, o que ocasiona grande gastos com problemas relacionados à disponibilidade de água, qualidade, uso e morte causada por doenças relacionadas a mesma (KHAN, 2012).

A vida humana com qualidade está estritamente ligada a qualidade da água potável consumida, uma vez que é um importante elemento utilizado nas mais diversas tarefas diárias, como o preparo de alimentos, higiene pessoal e limpeza. Então, para o bem-estar social é necessário o acesso à água potável livre de quaisquer agentes patogênicos e/ou produtos químicos tóxicos que venham trazer malefícios ao organismo humano (XAVIER et al.; AZIZULLAH et al., 2011).

Os maiores problemas quando se trata da qualidade da água é que grande parte da população tende a transportar e armazenar água dentro de suas casas, o que pode levar a recontaminação, constituindo um importante problema de saúde pública. Portanto, a verificação da qualidade da água é importante dentro das famílias, bem como em fontes e em água canalizada (WHO, 2011).

A melhor forma de preservar a água de forma ideal ao consumo consiste em evitar contaminações por dejetos animais e humanos, os quais podem conter grande variedade de bactérias, vírus, protozoários e helmintos e, juntamente com as falhas na proteção e no tratamento efetivo deste recurso, a comunidade estará exposta a riscos de doenças intestinais e a outras doenças infecciosas (BRASIL, 2006).

Estudos constatam que cerca de dois milhões de toneladas de esgoto industrial e detritos agrícolas são depositados em cursos de água em todo planeta, ocasionando assim doenças relacionadas à água contaminada, fazendo com que em torno 2,2 milhões de pessoas morram a cada ano devido às doenças diarreicas e 1,8 milhões de crianças menores de cinco anos de idade venham a óbito a cada ano. Estimativas da Organização das Nações Unidas demonstram que quase 900 milhões de pessoas sofrem com a dificuldade de acesso a água

potável, e cerca de 2,4 milhões não têm acesso ao saneamento básico. No Brasil, a disponibilidade de água potável atende pelo menos 94% da população, podendo abranger até 98% em algumas cidades. Já na zona rural atende cerca de 70% da população, um crescimento de cerca de 85% de contemplação do serviço nos últimos 25 anos (ONU, 2010; AZIZULLAH et al., 2011; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015).

Água com qualidade irregular acaba por reduzir a quantidade da água ideal ao consumo, pois quanto mais poluído este recurso se encontra, maiores serão as exigências com tratamento, e maior será a demanda econômica para que se tenha um padrão ideal de água potável de acordo com as legislações atuantes. Um grande número de pessoas sofre com essa realidade e para adquirir este recurso de forma ideal necessita percorrer longas distâncias, realidade esta presente principalmente em países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, e nestes em populações marginalizadas, principalmente mulheres e crianças. Em contraponto a esta realidade existem ações para a melhoria, como preservação de áreas florestadas que influenciam positivamente, atuando como um filtro natural, na qualidade da água. A cidade de Nova York, nos Estados Unidos, por exemplo, faz o uso de águas superficiais para o abastecimento da população sem nenhum tipo de tratamento, algo conquistado a partir da proteção dos mananciais (BRASIL, 2013, 2014b).

Algumas atitudes são essenciais quando o objetivo é melhorar a qualidade da água, dentre as quais se apontam ações de conscientização, um maior monitoramento e divulgação de dados, melhorias de gestão e de governança, visando fiscalizar, implantar e melhorar instalações. Estas ações precisam chamar atenção do público tendo devida relevância, fazendo com que órgãos governamentais possam implementar tais melhorias necessárias. Nesse cenário de mobilização, campanhas de conscientização são de suma importância, pois informam a população envolvida sobre os aspectos viáveis que podem auxiliar na proteção e melhoria da qualidade da água. Ademais, estas campanhas podem ser lideradas por organizações comunitárias, ONGs ou entidades governamentais, tendo como resultado a mudança de comportamento dos indivíduos envolvidos a fim de mudar o seu entorno (BRASIL, 2013).

A qualidade da água está ligada às características apresentadas por esse produto. Quando esta é destinada ao consumo humano, precisa apresentar um padrão próprio que a torna ideal, padronização esta realizada por um órgão responsável de saneamento local e monitorada pelas Secretarias de Saúde Estaduais. A vigilância da qualidade da água por lei é de inteira responsabilidade da saúde desde 1977. Atualmente este monitoramento é estabelecido pela Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde e o gerenciamento é subdividido no que vemos como o VIGIAGUA (Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano), que tem como objetivo descentralizar as ações de vigilância, distribuindo a responsabilidade entre estados e municípios. E pelo Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) responsável pela organização dos dados de estados e municípios acerca da qualidade da água consumida, é feito (BRASIL, 2006).

Para a avaliação da qualidade da água, devem ser consideradas todas e quaisquer forma de abastecimento. De acordo com o VIGIAGUA são três; incluindo os *sistemas de abastecimento de água* (SAA), que são instalações compostas por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição; as *soluções alternativas coletivas* (SAC), definidas por modalidades de abastecimento coletivo, com captação subterrânea ou superficial, com uso opcional de canalização e sem rede de distribuição; e a *solução alternativa individual* (SAI), sendo o abastecimento de água para consumo humano que supre residências com uma única família. Via de regra toda água destinada ao consumo humano deve ser potável, ou seja, não oferecendo riscos à saúde de seus consumidores (BRASIL, 2011). A Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396 de 3 de abril de 2008, também dispõe de normas de padronização da qualidade da água destinada ao consumo, mas somente para águas subterrâneas, onde se encaixam as Soluções Alternativas Coletivas de Abastecimento (SAC), determinando que os Coliformes Termotolerantes devem estar ausentes em 100 mL assim como exprime o Ministério da Saúde (CONAMA, 2008).



Avaliando o banco de dados depositados no SISAGUA constatou-se que valores superiores a 90% da população é abastecida por SAA e o restante utiliza soluções alternativas coletivas para adquirir esse recurso (BRASIL, 2012b). Em aquiescência ao SISAGUA, em 2011, o VIGIAGUA alcançou uma abrangência de 90% no território brasileiro (municípios). E foi demonstrado que cerca de 1,5% da população brasileira foi abastecida por SAA sem tratamento. As piores situações encontradas foram nos estados do Piauí e Amazonas, com 47,80% e 44,15% respectivamente, conforme a figura 3 (BRASIL, 2012a).

Dos municípios da Bahia, 92,8% fazem uso do VIGIAGUA, abastecendo o ministério da saúde com dados sobre as formas de aquisição e qualidade da água, visto que, do total de dados coletados dos municípios, cerca de 15,91% ainda fazem uso de um SAA sem tratamento (Figura 3) (BRASIL, 2012a).

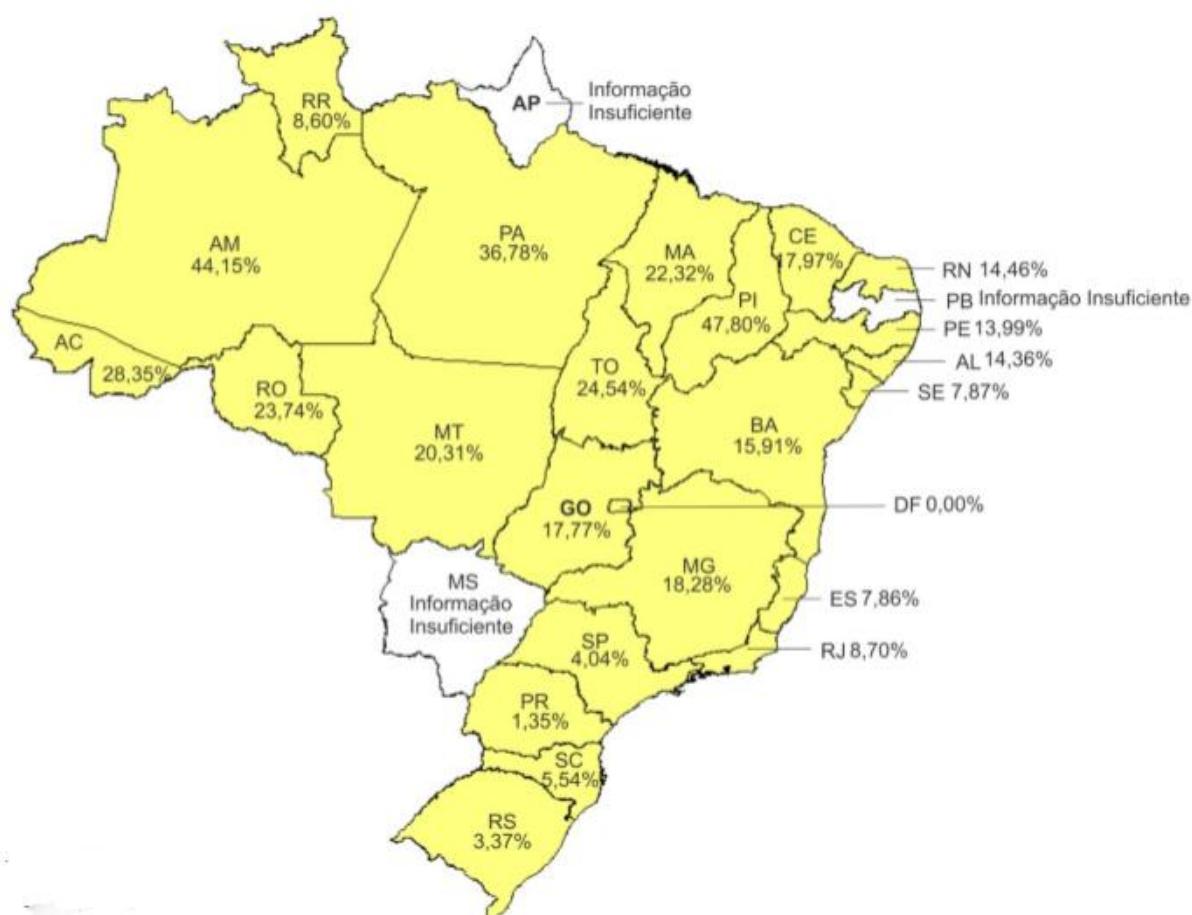


Figura 3 - Representação dos SAA sem tratamento, nos estados do Brasil em 2011.

Fonte: Sisagua, Janeiro/2012.

Segundo Brasil (2011), toda água destinada ao consumo humano deve ser objeto de avaliação de qualidade, seja ela proveniente de um SAA ou SAC. Já a água obtida de uma SAI opcionalmente pode ter sua qualidade verificada. Outra obrigatoriedade desta portaria é que toda água destinada ao consumo deve passar por um processo de desinfecção ou cloração e filtração, quando a fonte de captação desta envolver rios, lagos, açudes, dentre outros (BRASIL, 2011).

O padrão de potabilidade de água para consumo humano no território brasileiro é composto por um padrão microbiológico; padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção; padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); padrão de radioatividade e um padrão de aceitação para consumo humano (BRASIL, 2011).

### 2.3 FATORES QUE INTERFEREM NA POTABILIDADE DA ÁGUA PRÓPRIA AO CONSUMO HUMANO

Os parâmetros universais para que a água seja considerada ideal ao consumo humano são recomendados pelo Guidelines for Drinking-Water Quality da World Health Organization (WHO, 2011). A seguir serão abordados os parâmetros físicos, químicos e os microbiológicos envolvidos neste trabalho. Os mesmos têm como base as resoluções CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 e a nº 396, de 3 de abril de 2008, além da portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, (BRASIL, 2005; 2008; 2011).

#### 2.3.1 Cor

A cor é um parâmetro físico exigido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) para águas destinadas ao consumo humano. Apesar de não causar riscos à saúde, quando apresenta grandes alterações acarreta rejeição pelo consumidor, pois a água pura se apresenta incolor. Esse parâmetro indica a presença de material em suspensão ou dissolvido na água (coloides), de forma natural, com a decomposição de matéria e minerais ou de origem antropogênica, por resíduos industriais e esgoto doméstico. Quando o material em suspensão é matéria orgânica, pode levar ao desenvolvimento e

proteção de microrganismos, interferindo no processo de desinfecção. O termo cor aparente, é utilizado quando a água passa por algum tipo de tratamento a fim de eliminar essas impurezas, mas é utilizado o termo cor para dar ênfase à cor verdadeira (BRASIL, 2014b). Sendo assim, o Ministério da Saúde indica como valores aceitáveis para que a água venha ser considerada potável, aqueles iguais ou abaixo de 15 uH (unidades Hazen) (VON SPERLING, 1996; BRASIL, 2011).

### **2.3.2 Turbidez**

Parâmetro que indica interferência no aspecto visual da água, a turbidez está relacionada as partículas sólidas presentes na coluna d'água, interferindo assim na sua transparência. Nesse contexto, elevados valores de turbidez demonstram que existe um alto conteúdo orgânico e inorgânico, formando matéria coloidal em suspensão, conteúdos estes que podem ser utilizados como substrato ao desenvolvimento e/ou forma de proteção de microrganismos, inferindo na qualidade do tratamento aplicado neste recurso (BRASIL, 2006).

Em águas subterrâneas, a turbidez se forma devido às partículas de argila ou giz, assim como ferro reduzido, por exemplo. Nas águas de superfície existe uma grande variedade de partículas que podem ocasionar uma alta turbidez, influenciando na qualidade da água, devido a presença de microrganismos combinados. Em sistemas de distribuição a alteração da turbidez ocorre por sedimentos presentes ou biofilmes, além de defeitos no sistema ocasionando a incorporação de água não tratada. O grau de turvação/turbidez é medida em unidades nefolométricas de turvação (UNT). Valores acima 4,0 UNT podem ser visíveis alterações a olho nu. Para eficiência da desinfecção, os valores de turbidez devem está em torno de 1,0 UNT de acordo com a World Health Organization (VON SPERLING, 1996; BRASIL; WHO, 2011).

De acordo com Brasil (2011), os valores de turbidez iguais ou abaixo de 5,0 UNT são aceitáveis para água direcionada ao consumo humano. Entretanto, menores valores são essenciais para propiciar a remoção de microrganismos que são resistentes à cloração (BRASIL, 2011). Em associação com a Cor, esse parâmetro se torna bastante relevante, pois estes parâmetros físicos estão associados ao aspecto visual deste recurso, tendo importante papel na aceitação final do consumidor.

### **2.3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O potencial hidrogeniônico (pH) é a quantificação de íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) e varia desde condições ácidas (pH < 7,0) até alcalinas (pH > 7,0). Sua quantificação é bastante relevante, principalmente para águas destinadas ao consumo humano que devem apresentar valores entre 6,0 e 9,5, de acordo com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Propriedades do solo, presença de ácidos húmicos ou uma atividade fotossintética intensa, despejos domésticos e industriais, atuam de forma a diminuir ou aumentar os valores do pH em ambiente líquido. Mesmo não tendo influência direta sobre a saúde dos consumidores, o pH é um dos mais relevantes parâmetros de qualidade da água, principalmente no controle do processo de coagulação, uma das etapas mais importantes do processo de tratamento da água. Portanto, o seu controle faz-se necessário em todas as fases de tratamento para se garantir um produto com a clarificação e desinfecção apropriadas (VON SPERLING, 1996; BRASIL, 2006; 2011; 2014b).

Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão dos sistemas de distribuição. Em valores baixos o pH leva a corrosão de tubulações, com uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, além de alterar a palatabilidade da água. Já o pH elevado faz com que aumentem a formação de incrustações e também comprometem sua palatabilidade. Por conseguinte, para que se tenha a desinfecção da água pelo método da cloração, método mais usado, o pH mais apropriado é o inferior a 8, tornando-a própria ao consumo (VON SPERLING; WHO, 2011).

### **2.3.4 Cloro Residual Livre (CRL)**

Para obtenção da água potável, livre principalmente de patógenos de risco a saúde, um importante processo deve ser considerado, a desinfecção, onde atua o cloro. Sendo o cloro um produto de fácil disponibilidade, com baixo custo e capacidade de manter resíduos minimamente estáveis após sua aplicação, o mesmo se popularizou entre as empresas de tratamento de água, ao invés de métodos mais custosos como a utilização do ozônio, do permanganato de potássio, do dióxido de cloro e etc. Além da desinfecção, o cloro auxilia na

remoção odores, sabores, intensidade da cor, crescimento de algas e ajuda na coagulação e eliminação de matérias orgânicas. Este produto se apresenta na água sob as formas de ácido hipocloroso (HOCl) e de íon hipoclorito (OCI), onde se define como cloro residual livre, cuja presença assegura a qualidade bacteriológica da água (BRASIL, 2006; RISTOIU et al., 2009; BRASIL, 2011; 2014b).

O cloro é um elemento químico obtido do cloreto de sódio fundido na fabricação de hidróxido de sódio. Já foi utilizado como arma química, mas atualmente é utilizado no tratamento de água e na obtenção do ácido clorídrico. Este produto é adicionado a água a fim de inativar ou eliminar microrganismos alterando a permeabilidade de membrana e causando mutação dos ácidos nucléicos. Em vírus e fungos mesmo mais resistentes que bactérias, são susceptíveis a sua ação, organismos estes que causam uma série de problemas aos humanos como a diarreia, hepatite A, cólera, alergias dentre outros, além de atuar oxidando composto orgânicos e inorgânicos presentes na água (WHO, 2011; PEREIRA et al., 2012).

A desinfecção, com o uso do cloro é ideal para uma grande variedade de patógenos (especialmente bactérias) durante tratamento de água potável, tanto de águas superficiais, quanto de águas subterrâneas passíveis a contaminação fecal (BRASIL; WHO 2011).

A água pode ser contaminada novamente por falhas no sistema de distribuição, sendo assim têm-se como obrigatoriedade da empresa responsável pelo tratamento, a manutenção de cloro residual livre em concentrações iguais ou superiores a 0,2 mg/L, não excedendo 2 mg/L em qualquer ponto do sistema (BRASIL, 2011), com a finalidade de conter alguma possível contaminação futura (BRASIL, 2006; 2011). Este cuidado em manter uma faixa apropriada a essa substância se justifica pois, além do benefício do tratamento, a inadequada cloração também pode apresentar desvantagens. Em associação com a matéria orgânica presente na água bruta ou na água tratada sem devidas proteções, o Cloro pode gerar compostos tóxicos, os trihalometanos (THM), por exemplo. Estes, compostos reagindo com os radicais livres do corpo humano podem ser cancerígenos e ocasionar distúrbios reprodutivos. O valor máximo atribuído pela legislação brasileira para esse composto na água é de 100 µg/L, para não venha

ocasionar prejuízos à saúde humana (HATTERSLEY, 2000; BRASIL, 2006; 2011).

Por apresentar uma enorme reatividade o cloro, pode ter também sua eficiência comprometida. O aumento do pH, a elevação da temperatura, a presença de alguns minerais na água, como ferro, manganês, nitritos, podem afetar essa reatividade, melhorando-a ou não. Níveis impróprios, inferiores a faixa permitida, da referida substância podem levar a deficiências na qualidade microbiológica da água potável. Já em excesso pode resultar em efeitos adversos para a saúde como, sintomas alérgicos, por exemplo, erupções cutâneas, até sintomas intestinais, quando o mesmo é ingerido, levando a destruição de bactérias ácido-láticas que revestem o cólon, deixando o intestino exposto a agentes patogênicos estranhos (HATTERSLEY, 2000; BRASIL, 2006).

### **2.3.5 Oxigênio Dissolvido (OD)**

A composição química da água é dada por átomos de oxigênio e hidrogênio, mesmo assim os organismos presentes num ecossistema aquático dependem de outra forma de oxigênio, o oxigênio molecular. Esta forma de oxigênio ocupa as lacunas presentes entre as moléculas de água, ficando disponível para os organismos aquáticos, o chamado Oxigênio Dissolvido.

O Oxigênio Dissolvido (OD), é um recomendado quando o objetivo é avaliar a qualidade de um ecossistema aquático. Portanto é crucial para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Atua indicando a aeração da água, sendo um ótimo indicador da qualidade da água e seu teor varia principalmente de acordo com a temperatura, com a altitude, tratamento e química ou processos biológicos que ocorrem no sistema de distribuição. Então, quanto maior sua concentração, melhor a qualidade da água, onde bactérias aeróbias podem vir a fazer o seu uso no processo de degradação da matéria orgânica presente, tendo como consequência a redução de sua concentração no meio, e sendo posteriormente eliminadas pela cloração. Em contrapartida, os mesmos valores elevados podem vir a causar a corrosão de tubos de metal, oxidando-os (VON SPERLING, 1996; WHO, 2011; BRASIL, 2014b).

Não existem valores máximos recomendados de OD para água de consumo humano, o que se tem como norteador para avaliação da qualidade da água, é a Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005 que divide os corpos de água em classes e assim define diretrizes ambientais para o seu enquadramento. As águas doces são divididas em classes com valores de oxigênio dissolvido correspondentes. A classe 1, destinadas ao consumo humano, após tratamento simplificado, tem valores não inferiores a 6 mg/L O<sub>2</sub>; Classe 2, destinadas ao consumo humano, após tratamento convencional, tem valores não inferiores a 5,0 mg/L O<sub>2</sub>; Classe 3, ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, tem valores não inferiores a 4 mg/L O<sub>2</sub>; Classe 4, destinadas à navegação, tem valores superiores a 2,0 mg/L O<sub>2</sub> (CONAMA, 2005).

### **2.3.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de um corpo aquático é outro parâmetro importante, por indicar disponibilidade de oxigênio suficiente a oxidar a matéria orgânica, originando uma forma inorgânica estável. A falta de oxigênio disponível pode causar uma série de prejuízos como desequilíbrios ecológicos, podendo causar a extinção dos organismos aeróbicos, devido a elevados teores de matéria orgânica. A forma de mensurar a matéria orgânica presente na água é através da análise de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). O resultado é dado após um período este de estabilização da matéria orgânica, entre um e cinco dias (DBO<sub>5</sub>), a uma temperatura constante de 20°C. Em águas naturais, íntegras, os valores são aceitáveis entre 1,0 mg/L a 10 mg/L, só havendo alterações significativas quando as mesmas recebem cargas de poluição orgânica, seja por esgotos domésticos ou de criatórios de animais (VON SPERLING, 1996; BRASIL, 2014b). A Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005 também dispõe de valores específicos de DBO de acordo com a classe da água avaliada. A classe 1, águas destinadas ao consumo humano, após tratamento simplificado, tem valores até 3 mg/L O<sub>2</sub>; Classe 2, as águas destinadas ao consumo humano, após tratamento convencional, têm valores até 5 mg/L O<sub>2</sub>; Águas de classe 3, ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, tem valores até 10 mg/L O<sub>2</sub>; e a classe 4,

destinadas à navegação, não apresentam valores determinados (CONAMA, 2005).

Esse parâmetro foi utilizado pela primeira vez em 1908 como um indicador da poluição orgânica de rios pela U.K. Royal Commission on River Pollution (Reino Unido. Comissão Real de Poluição dos Rios). Posteriormente, em 1936 foi adotado pela Associação Americana de Saúde Pública como um indicador de referência para avaliar a biodegradação de produtos químicos e substâncias perigosas. De maneira geral, grandes alterações podem causar desequilíbrio da vida aquática, alterar o sabor e odor, podendo obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (JOUANNEAU et al., 2014).

### 2.3.7 Coliformes Totais e *Escherichia coli*

No Brasil, de acordo com a Portaria nº 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde, a água é considerada potável, sob o ponto de vista microbiológico, quando estar de acordo com a seguinte conformidade: ausência de coliformes totais e termotolerantes em 100 mL de amostra de água para consumo, considerando-se assim inofensiva para a saúde do homem. Como demonstrado na tabela 1, sobre padrão microbiológico da água para o consumo humano (BRASIL, 2011).

Tabela 1: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.

Tipo de água		Parâmetro		VMP <sup>(1)</sup>
Água para consumo humano		<i>Escherichia coli</i> <sup>(2)</sup>		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais <sup>(3)</sup>		Ausência em 100 mL
		<i>Escherichia coli</i>		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Coliformes totais <sup>(4)</sup>	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, dentre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

Fonte: Ministério da Saúde. Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (2006, p. 183).

Notas: Adaptado pelo autor; (1) Valor Máximo Permitido. (2) Indicador de contaminação fecal; (3) Indicador de eficiência de tratamento; (4) Indicador de integridade do sistema de distribuição.



Os coliformes totais são bactérias gram-negativas que não tem a capacidade de formar esporos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas à temperatura de 35°C (e podem apresentar atividades da enzima  $\beta$ -galactosidase). Este grupo contém aproximadamente 20 espécies, que podem ser encontradas tanto bactérias que habitam o trato gastrointestinal de humanos e outros animais homeotérmicos, como também as bactérias não entéricas (FRANCO; LANDGRAF, 2005; BRASIL, 2006).

A presença de bactérias do grupo coliforme é um indicativo de contaminação fecal associado ao tratamento inadequado, higienização deficiente da água ou alimentos. Em sistemas de distribuição e abastecimento de água a presença de microrganismos deste grupo pode também indicar uma possível formação de biofilmes ou contaminação, por material vegetal ou solo. (LECHAVALLIER, WELCH, SMITH, 1996; WHO, 2011; EDEN, 2014).

#### 2.3.7.1 Contaminação Fecal e *Escherichia coli*

A temática “Contaminação Fecal” ou “Poluição Fecal” teve seu preceito, com a associação de bactérias como agente causadores de doenças, nos anos de 1800, com o uso de microrganismos como auxiliativos na avaliação da qualidade da água. Inicialmente fazia-se o uso de bactérias heterotróficas, com a quantificação de colônias pois, até esse momento não se tinha conhecimento das bactérias de origem fecal, estritamente. Em 1885, Theodor Escherich, bacteriologista austríaco, identificou microrganismos nas fezes de bebês recém-nascidos e lactantes, capazes de realizar a coagulação do leite, além terem como habitat colón intestinal dos indivíduos e os denominou *Bacillus coli*. Outros estudos foram realizados investigando e confirmando as informações encontradas por Escherich, até que em 1892, Schardinger formulou que, o *Bacillus coli* fazia parte da microbiota fecal, e quando presente na água, é indicativo de poluição fecal e provável agente patogênico entérico (MEDEMA et al. 2003; WHO, 2011).

No entanto esta classificação englobava uma série de microrganismos, os Coliformes Totais. Somente em meados de 1904, fez-se a atribuição da temperatura como fator seletivo. Definindo assim, que no grupo dos coliformes totais são encontrados os coliformes termotolerantes, que, são capazes de

continuar fermentando a lactose com produção de gás a 44 - 45°C ( $\pm 0,2$ ) em 24 horas. A este subgrupo pertencem três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, dos quais dois gêneros (*Enterobacter* e *Klebsiella*) incluem cepas de origem não fecal (MEDEMA et al. 2003; FRANCO, LANDGRAF, 2005; BRASIL, 2006; WHO, 2011; EDEN, 2014).

Portanto, a presença de coliformes termotolerantes em água e alimentos é menos representativa como indicação de contaminação fecal. Já quando se trata da *Escherichia coli*, especificamente, é considerado microrganismo indicador específico de contaminação fecal, com mais relevância que a presença dos Coliformes Totais, tal consideração teve início em 1892 devido a sua presença específica somente nas fezes de homens e animais de sangue quente, além de sobreviver em água por semanas, sendo assim um indicador de poluição fecal dos sistemas de água potável (MEDEMA et al. 2003; FRANCO, LANDGRAF, 2005; WHO, 2011; EDEN, 2014).

*Escherichia coli* se diferencia dos outros microrganismos do grupo dos coliformes, por não apresentar enzimas reponsáveis pela degradação da urease e a presença de enzimas  $\beta$ -glucuronidase. Dependendo da estirpe de *E. coli* e quem consume alimento ou água contaminados, pode vir a sofrer sérios riscos a saúde, vindo a ser fatal para crianças jovens e/ou idosos imunocomprometidos. A estirpe mais estudada é a enterohemorrágica (EHEC), *E. coli* O157: H7, considerada um dos sorotipos patogênicos mais perigosos. Nesse contexto se encaixam outras estirpes como as enterotoxigênicas (ETEC), enteroinvasivas (EIEC), enteropatogênicas (CEEA), enteroagregativas (EAEC) e difusa *E. coli* aderente (DAEC), com seus sintomas característicos, principalmente doenças diarreicas. Na figura 4 pode-se observar a relação entre os microrganismos pertencentes a família dos coliformes, e as subdivisões a serem encontradas nessa família (EDEN; PERCIVAL; WILLIANS, 2014).

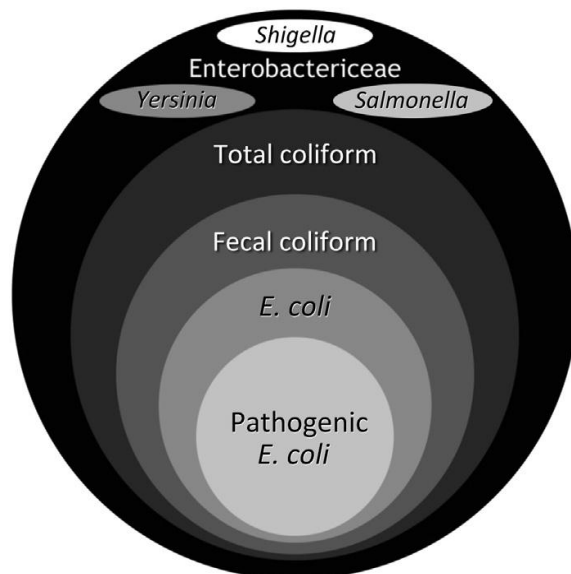


Figura 4: Relação entre microrganismos da família dos coliformes.

Fonte: EDEN, 2014.

Têm-se como sugestão o emprego de outros microrganismos como indicadores da qualidade da água, por exemplo os *enterococcus*, colifagos e esporos de *Clostridium*. Entretanto, os coliformes fecais são de extrema valia no que tange a buscar subsídios a melhoria da qualidade da água destinada ao consumo devido a sua preponderante facilidade de identificação (MEDEMA et al. 2003).

### 2.3.8 Microrganismos *Enterococcus*

*Enterococcus* são cocos gram-positivos que podem ser encontrados isolados, aos pares ou em pequenas cadeias, resistentes a altas concentrações cloreto de sódio e a pH alcalino, 6,5% e 9,6 respectivamente. Eles são anaeróbios facultativos, alguns podem se locomover e possuem uma temperatura ótima de crescimento que varia de 35 a 37°C. Apresentam uma grande distribuição na natureza, presentes em solos, águas, plantas, vegetais, se apresentando como microbiota natural de vários alimentos (WHO, 2003). A gênero dos *Enterococcus* podem ser subdivididos em subgrupos com as espécies *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. hirae* e *E. durans*.

Assim como os coliformes, os microrganismos do gênero *Enterococcus* podem ser encontrados no intestino de animais de sangue quente, mas este grupo tem a capacidade de persistir mais tempo. Apesar de apresentarem

contagens inferiores à dos coliformes, quando requeridos como indicativos de contaminação fecal, apresentam vantagens, como sobreviver mais tempo em ambientes aquáticos do que o gênero *Escherichia coli*, e são mais resistentes à seca e ao cloro. Apesar de serem utilizados para indicar a qualidade microbiológica de águas recreacionais contaminadas por esgoto, lixo, urina, fezes, dentre outros, os microrganismos *Enterococcus* podem assinalar a qualidade da água em sistemas de distribuição recém-instalados ou reparados (WHO, 2003; 2011). As desvantagens como indicadores ocorrem, pois também estão presentes em ambientes diferentes do trato intestinal, além de terem uma sobrevivência maior do que os enteropatógenos no solo, vegetais e em alimentos (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

Apesar das desvantagens apresentadas para utilização desses microrganismos como indicadores de contaminação fecal, sua presença em números elevados em alimentos indica práticas sanitárias inadequadas ou a má conservação do alimento, tornando-o propício ao crescimento de microrganismos indesejáveis (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

Não existe uma legislação específica para a água de consumo humano que defina um limite máximo para os microrganismos *Enterococcus*, seja a água proveniente de um sistema de abastecimento ou de uma solução alternativa coletiva de abastecimento. No entanto altas contagens podem fornecer informações sobre fontes potenciais de contaminação. Num estudo de Macedo et al. (2011) foram encontradas várias espécies de *Enterococcus* resistentes a antimicrobianos (ciprofloxacina, tetraciclina ou quinupristina-dalfopristina) em águas de poço, fontes e nascentes utilizadas para abastecimento. Estas informações atentam para falta de cuidado no consumo de água não tratada, que pode ser veículo de microrganismos resistentes a antimicrobianos, causando sérios riscos à saúde.

### **2.3.9 Contagem de bactérias heterotróficas: microrganismos Mesófilos e Psicrotróficos**

As bactérias heterotróficas são microrganismos dependentes de recursos (carbono) para sua nutrição. Quando utilizados como indicadores da qualidade água, a contagem de bactérias heterotróficas (HPC) têm uma ampla gama de

resultados, ou seja, caracterização de bactérias de origem fecal ou bactérias naturalmente presentes na água. A identificação desses microrganismos em altas contagens, apesar de não atuar causando malefícios a saúde, adverte sobre falhas no tratamento da água, seja na desinfecção, na formação de biofilmes, na forma de armazenamento e/ou falhas dos sistemas de distribuição. Sua utilização como indicador de segurança diminuiu a partir do uso dos coliformes, sendo sua funcionalidade válida para indicar principalmente a eficiência do tratamento de água. Sua contagem quando elevada pode vir a influenciar na quantificação de coliformes, dependendo do método utilizado. Segundo Brasil (2011) contagens superiores a 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por mililitro (mL) de amostra devem ser tomadas medidas cabíveis a respeito, como a inspeção do local em busca do que pode ter provocado tal identificação (ALLEN; EDBERG; REASONER, 2002; BRASIL, 2006; HASAN, MIRANI, ISMAT, 2010; BRASIL, 2011; WHO, 2011; CHOWDHURY, 2012).

Num contexto generalizado, todas as bactérias ligadas a contaminação alimentar são mesófilas, ou seja, multiplicam-se na mesma temperatura do corpo humano. Os mesófilos são microrganismos capazes de se multiplicarem numa faixa de temperatura que varia entre 20°C e 45°C, tendo uma temperatura ótima de crescimento a 32°C. Já os psicotróficos possuem as mesmas características dos mesófilos, no entanto indicam a qualidade de alimentos refrigerados com capacidade de desenvolvimento à 7°C ou menos, sem levar em conta sua temperatura ótima de crescimento (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

#### 2.4 DOENÇAS RELACIONADAS A ÁGUA

As doenças relacionadas a água podem ser classificadas ou divididas em Doenças de Transmissão Hídrica (DTA) e Doenças de Veiculação Hídrica. As doenças em que a água é o meio de sua ocorrência, principalmente se tratando de agentes patogênicos advindos de excremento que atinjam os seres humanos através da água são as doenças de transmissão hídrica. Já as doenças de veiculação hídrica ocorrem a partir de vetores que vivem na água ou fazem seu uso na sua reprodução/ciclo de vida. Acometem o ser humano por meio da ingestão de água contaminada ou contato com a pele (BRASIL, 2013).

Considerando as definições supracitadas (veiculação e transmissão), a Organização Mundial da Saúde (2015) chamou atenção com dados alarmantes, onde cerca de 420 mil pessoas vêm a óbito devido a doenças transmitidas por alimentos insalubres e os indivíduos mais atingidas são crianças. As doenças diarreicas estão entre as principais, sendo responsáveis por 550 milhões de casos por ano, onde desse total de casos, 230 mil acabam em morte. Os principais agentes causadores destas doenças relatadas são o Norovírus, *Campylobacter*, *Salmonella* entérica não tifoides e *Escherichia coli*. Nesse panorama, morrem por ano no mundo mais pessoas devido a doenças relacionadas a alimentos quando pareada com todas as formas de violência, até mesmo guerras. Onde as crianças menores de 5 anos por serem mais frágeis imunologicamente são mais atingidas (BRASIL, 2013; OMS, 2015).

Desde os primórdios do surgimento das primeiras civilizações, que o homem vem sendo acometido por doenças de cunho alimentar (alimentos e água). Apesar de toda evolução tecnológica e científica dos tempos atuais sobre os microrganismos e suas características, os casos de infecções são ainda comuns em todo mundo causando grandes prejuízos (FLECKENSTEIN et al., 2010). As doenças relacionadas a água também podem ser associadas a componentes químicos. A contaminação química pode ser ocasionada principalmente pelas substâncias utilizadas no tratamento da água. Entretanto, substâncias usadas em práticas agrícolas que infiltram no solo ocasionando a contaminação dos lençóis freáticos (água subterrânea), despejos industriais destacados sem os devidos cuidados também podem influir na degradação desse recurso. De forma generalizada, doenças infecciosas e parasitárias relacionadas com a água podem ser transmitidas de variadas formas (Tabela 2).

Tabela 2: Relação entre a forma de transmissão/veiculação das doenças infecciosas e parasitárias relacionadas a água.

FORMA DE TRANSMISSÃO	DOENÇAS RELACIONADAS
Bacteriana	Cólera Disenteria bacilar Febre paratifoide Febre tifoide Leptospirose
Não Bacteriana	Amebíase Ascaridíase Hepatite infecciosa Poliomielite Giardíase Diarreias por vírus
Fornecimento de água insuficiente	Infecções de pele Tracoma Tifo Escabiose
Hospedeiros intermediários, cujo habitat é a água	Esquistossomose
Vetores	Malária Febre amarela Dengue Filariose

Fonte: Fundação Nacional da Saúde (FUNASA). Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAs (2014, p. 43)

Nota: Adaptado pelo autor.

Se tratando de microrganismos relacionados a transmissão de doenças, têm-se as bactérias, vírus, protozoários, helmintos, dentre outros, que quando patogênicos causam sérios problemas no âmbito da saúde pública, comuns em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. A contaminação microbiológica da água se dá via fecal-oral principalmente por meio das fezes humanas e/ou animais, fazendo com que a mesma, a água, converta-se destoante ao consumo perante as legislações vigentes (2.914/2011 do Ministério da Saúde). Dentre as bactérias mais populares encontradas em águas contaminadas estão *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli* e *Vibrio cholerae*, que são associados a diagnósticos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas que atingem a saúde humana.

A ocorrência dessas doenças pode ser através da ingestão direta da água contaminada ou sua utilização no preparo dos alimentos, uso na higiene pessoal, na agricultura, na indústria e lazer. As bactérias são os seres mais numerosos na natureza, sua ampla distribuição se faz também na água, daí têm-se a

necessidade do tratamento apropriado, afim de evitar a ocorrência de surtos de doenças transmitidas pela água, que possam vir a atingir uma determinada população. Então o que se busca pelos órgãos governamentais, são alternativas de controles sobre a qualidade da água potável evitando assim tais surtos (WHO, 2011; BRASIL, 2014b). No entanto, a realidade demonstra que não existe uma vigilância constante, fazendo com que muitos casos de surtos causados por alimentos e água não sejam notificados como deveriam, fantasiando a realidade (NIEHS, 2010; WHO, 2011).

Levando em conta toda deficiência relacionada às notificações das doenças transmitidas por alimentos, o SINAN/SVS/Ministério da Saúde (2016) dispõe de dados onde, nos últimos 15 anos (2000 a 2015), foram notificados 11.241 surtos, com 218.507 doentes, nesse contexto foram cerca de 2.121.110 pessoas expostas. O que demonstra o quanto o sistema de notificações necessita de melhoras e agilidade. Ainda assim, é possível verificar na figura 5, destacando que a região sudeste é a mais acometida por doenças relacionadas a alimentos (40,2%), seguida da região sul (34,5%) e região nordeste em terceiro lugar (14,8%). Isso se justifica, pois na região sudeste estão presentes os maiores centros urbanos, com a maioria da população.

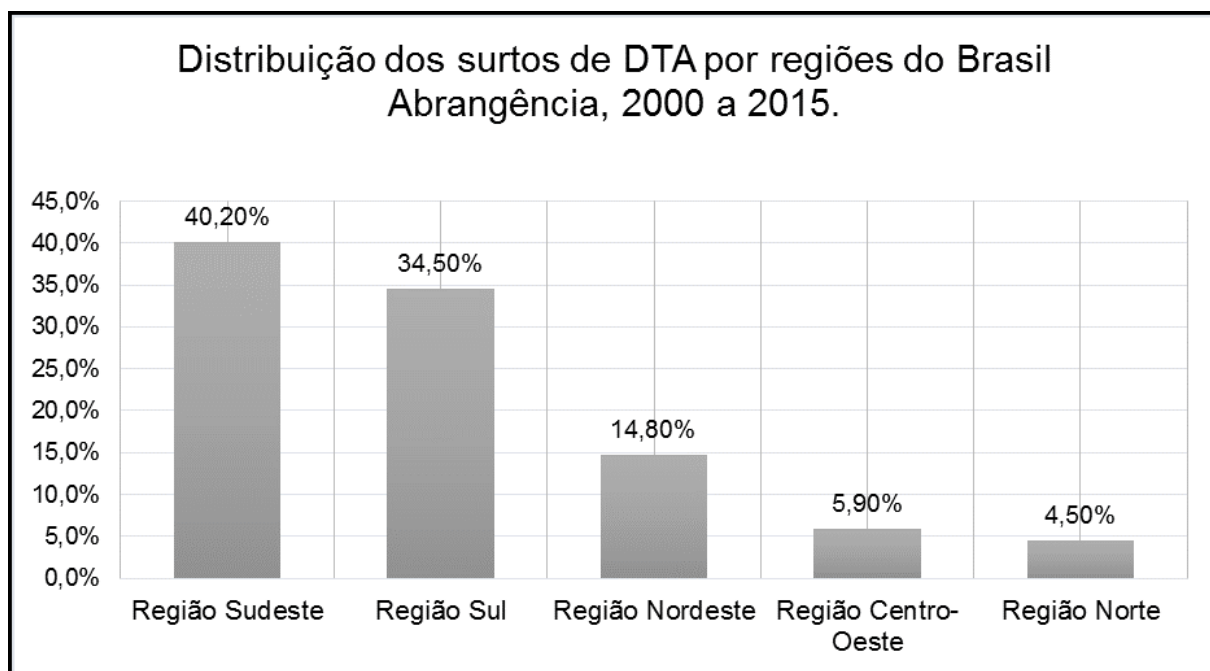


Figura 5 - Porcentagem de distribuição de surtos de doenças transmitidas por alimentos por regiões no Brasil.

Fonte: SINAN/SVS/Ministério da Saúde (2016).

Nota: Adaptado pelo autor. Sujeitos à alteração.



Estas falhas nas notificações levam a não identificação do alimento ocasionador da possível doença e assim o não emprego de um tratamento específico (Figura 6). A água está entre os principais alimentos que podem ser veículos de doenças como se observa na figura 6, nos últimos 15 anos no território brasileiro.

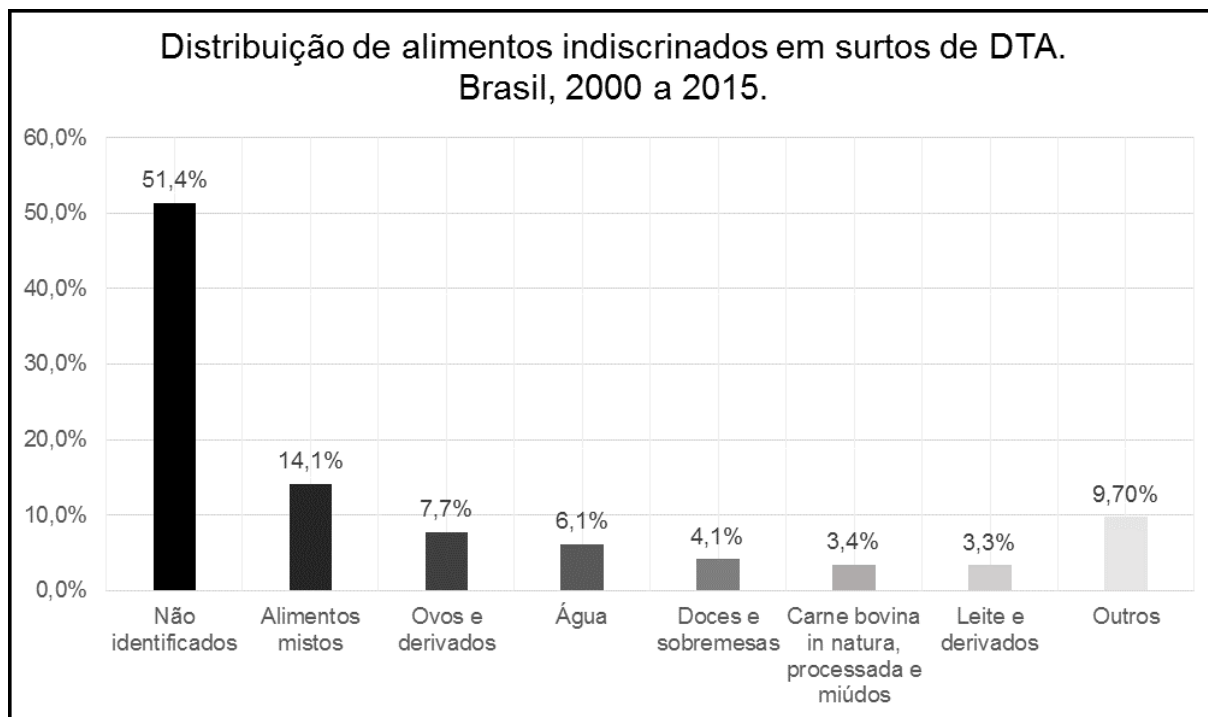


Figura 6: Porcentagem de distribuição dos alimentos responsáveis por surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil.

Fonte: SINAN/SVS/Ministério da Saúde (2016).

Nota: Adaptado pelo autor. Sujeitos à alteração.

Diversos fatores podem influenciar na carência de tratamento da água e assim vir a ocasionar malefícios a seus consumidores. A falta de ação pública, desconhecimento da legislação, precariedade do sistema de água, falta de conhecimento das tecnologias existentes, deficiência ou falta de pessoal qualificado, custo dos materiais e dos produtos de desinfecção, entre outros aspectos que podem comprometer a água disponível a ser utilizada, vindo assim a acarretar uma série de riscos à saúde de quem faz seu uso (BRASIL, 2006; WHO, 2011; BRASIL, 2012a; 2013; 2014b).

E para suprir esses riscos têm-se alternativas são viáveis com o objetivo de prevenção de doenças relacionadas a água, como por exemplo consumir água filtrada e fervida ou ser tratada com hipoclorito de sódio artesanalmente, são

formas básicas para se adquirir uma água considerada ideal ao consumo. Também pode se citar o cuidado com o acúmulo de lixo que pode servir de abrigo a roedores ou local de acúmulo de água e assim ser responsável pelo aparecimento de doenças com a Leptospirose e a Dengue. É necessário também o cuidado com os alimentos pois podem ser contaminados em contato com a água infectada (BRASIL, 2006; WHO, 2011; BRASIL, 2012a; 2013; 2014b).

A higienização básica é de grande impacto quando visa-se a preservação de uma boa saúde, estima-se que lavar as mãos com água e sabão pode reduzir as mortes associadas a doenças diarreicas em até 50%, pois grande porcentagem dos surtos de doenças transmitidas por alimentos são espalhados por mãos contaminadas. Então torna-se necessária a divulgação a população de atitudes básicas que possam contribuir a evitar as doenças relacionadas a água, demonstrando que cuidados básicos e simples fazem toda a diferença (BRASIL, 2006; WHO, 2011; BRASIL, 2012a; 2013; 2014b).

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, M.; EDBERG, S.C.; REASONER, D.J. Heterotrophic plate count (HPC) bacteria - what is their significance in drinking water? In: NSF INTERNATIONAL/WHO SYMPOSIUM ON HPC IN DRINKING WATER. PUBLIC HEALTH IMPLICATIONS?. 2002, Genebra, Suíça. **Conference Proceeding...** [S.L.]: NSF:WHO, 2002. p. 29-45.
- AZIZULLAH, A.; KHATTAK, M. N. K.; RICHTER, P.; HÄDER, D-P. Water pollution in Pakistan and its impact on public health – A review. **Environment International**, v. 37, p. 479-497, 2011.
- BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Como surgiu a água no mundo**. Brasília: Editoração Eletrônica; 2014a.
- BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Cuidando das Águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Agência Nacional de Águas, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 2. ed. Brasília: Editoração Eletrônica; 2013. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAguas-Solucao2aEd.pdf>>
- BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Panorama das águas superficiais no Brasil**. Brasília: Editoração Eletrônica; 2005. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo\\_imgs/Panorama/ANA-IQA.swf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo_imgs/Panorama/ANA-IQA.swf)>
- BRASIL. Decreto nº. 24.643, de 10 de Julho de 1934. Decreta o Código das Águas. **Casa Civil**. Rio de Janeiro, RJ, 10 de jul. de 1934.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília, Funasa, 2014b. 112 p
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada a qualidade de água para consumo humano**. Brasília, Produtora editorial, 2006, 284p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12/2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Situação da vigilância da qualidade da água para consumo humano no Brasil – ano base 2010/2011**. Brasília: Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde e Saúde do Trabalhador/Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília, DF, 2012a.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Avaliação da Vigilância da Qualidade da Água no Estado da Bahia – Ano base 2011**. Brasília: Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde e Saúde do Trabalhador/Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília, DF, 2012b.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº274, de 29 de novembro de 2000.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº357, de 17 de março de 2005.
- CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº396, de 03 de abril de 2008.
- CHOWDHURY, S. Heterotrophic bacteria in drinking water distribution system: a review. **Environ Monit Assess**. Saudi Arabia: 184:6087–6137, 2012.
- EDEN, R. Classical and Modern Methods for Detection and Enumeration. **Encyclopedia of Food Microbiology**. United States. v. 1, 610–617, 2014.
- FLECKENSTEIN, J. M.; et al. Infectious Agents of Food- and Water-Borne Illnesses. **The American Journal of the Medical Sciences**. United States. v. 340, n. 3, 2010.
- HASAN N, MIRANI, Z. A.; ISMAT, S. Bacterial indicators of risk of disease from drinking water. **BALWOIS 2010** - Ohrid, Republic of Macedonia - 25, 29 May 2010. Disponível em:<  
[https://www.researchgate.net/profile/Dr\\_Zulfiqar\\_Mirani2/publication/225308559\\_Bacterial\\_Indicators\\_of\\_Risk\\_of\\_Disease\\_from\\_Drinking\\_Water/links/09e414fdb130896492000000.pdf/download?version=vrp](https://www.researchgate.net/profile/Dr_Zulfiqar_Mirani2/publication/225308559_Bacterial_Indicators_of_Risk_of_Disease_from_Drinking_Water/links/09e414fdb130896492000000.pdf/download?version=vrp)>
- HATTERSLEY, J. G. The negative health effects of chlorine. **Journal of Orthomolecular Medicine**, 15 (2), 89-95, 2000.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. **A cada 10 grandes cidades do país, 7 perdem 30% ou mais da água tratada**. 2016. Disponível em:  
<<http://www.tratabrasil.org.br/a-cada-10-grandes-cidades-do-pais-7-perdem-30-ou-mais-da-agua-tratada>>. Acesso em 16 de março de 2016.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. 94% do Brasil tem acesso a água potável. 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/94-do-brasil-tem-acesso-a-agua-potavel>> Acesso em 23 maio 2016.
- JOUANNEAU, S.; et al. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. **Water Research**, v.49, 62-82, 2014.

KHAN, S.; SHARHNAZ, M.; JEHAN, N. Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan. **Journal of Cleaner Production**. 1 – 9, 2012.

LANDGRAF, M. Microrganismos Indicadores. In: FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. 182p.

LECHEVALLIER, M. W.; WELCH, N. J.; SMITH, D. B. Full-scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water. **Appl. Environm. Microbiol.**, v.62, n.7, p.2201-2211, 1996.

MACEDO, A. S.; et al. Characterization of antibiotic resistant enterococci isolated from untreated waters for human consumption in Portugal. **International Journal of Food Microbiology**. Portugal, v. 145, 315–319, 2011.

MEDEMA, G.J.; PAYMENT, P.; DUFOUR, A.; ROBERTSON, W.; WAITE, M.; HUNTER, P.; KIRBY, R.; ANDERSON, Y. Safe drinking water: an ongoing challenge. In **Assessing Microbial Safety of Drinking Water**. Improving Approaches and Method; WHO & OECD, IWA Publishing: London, UK, 2003; p. 11–45.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água**. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua>>. Acesso em 16 de março de 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de vigilância das doenças transmissíveis. Coordenação geral de doenças transmissíveis. Unidade de vigilância das doenças de transmissão hídrica e alimentar. **Doenças Transmitidas por Alimentos**: Brasília, DF, 2016. Disponível em: < [www.saude.gov.br/svs](http://www.saude.gov.br/svs)>

National Institute of Environmental Health Sciences (NIH). **Waterborne Diseases: Health Impacts of Climate Change**. 2010. Disponível em: <[http://www.niehs.nih.gov/research/programs/geh/climatechange/health\\_impacts/waterborne\\_diseases/](http://www.niehs.nih.gov/research/programs/geh/climatechange/health_impacts/waterborne_diseases/)> Acesso em: 08 de março de 2016.

Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO). **2050: A escassez de água em várias partes do mundo ameaça a segurança alimentar e os meios de subsistência**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/293047/>>. Acesso em 16 de mar. de 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, **Cerca de 420 mil pessoas morrem todo ano por ingerir alimentos não saudáveis**. 2015. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/noticia/2015/12/cerca-de-420-mil-pessoas-morrem-todo-ano-por-ingerir-alimentos-nao-saudaveis.html>> Acesso em 30 de março de 2016.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). **Gestão sustentável da água doce**. 2016. Disponível em:

<<http://www.unesco.org/new/pt/rio-20/freshwater/>> Acesso em 31 de maio de 2016.

PATEL, A. I.; BOGART, I. M.; KLEIN, D. J.; COWGILL, B.; UYEDA, K. E.; HAWES-DAWSON J.; SCHUSTER, M. A. Middle School Student Attitudes About School Drinking Fountains and Water Intake. **Academic Pediatrics**. 14,471–477, 2014.

PERCIVAL, S. L.; WILLIAMS, D. W. *Escherichia coli*. In: PERCIVAL, S. L. et al. **Microbiology of waterborne diseases: microbiological aspects and risks**. Department in Oxford, UK. 2014, cap. 6.

PEREIRA, V. J.; MARQUES, R.; MARQUES, M.; BENOLIEL, M, J.; BARRETO CRESPO, M. T. Free chlorine inactivation of fungi in drinking water sources. **Water Research**. 47, 517-523, 2013.

RISTOIU, D.; VON GUNTEM, U.; MOCAN, A. Trihalomethane formation during water disinfection in four water supplies in the Somes river basin in Romania. **Environ Sci Pollut Res**. 16, S55–s65, fev, 2009.

SHIBATA, T.; SOLO-GABRIELE, H.M.; FLEMING L.E.; ELMIR. S. Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicators in an urban tropical environment. **Water Research**, v.38, p.3119-3131, 2004.

United States. Environmental Protection Agency. **Quality Criteria for Water**. Washington, DC, U. S. Environmental Protection Agency; 1976. EPA-440976023.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p.

WALDMAN, E. A.; BARATA, R. C.; MORAES, J. C.; GUIBU, I. A.; TIMENETSKY, M. C. Gastroenterites e infecções respiratórias agudas em crianças menores de 5 anos, em área da região Sudeste do Brasil, 1986-1987. II - diarreias. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 62-70, fev. 1997.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for drinking water quality**. 4. ed. Geneva, WHO, 2011.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for safe recreational water environments: coastal and fresh waters**, Geneva, Switzerland, 2003. v. 1  
Disponível em:

<[http://whqlibdoc.who.int/publications/2003/9241545801\\_contents.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2003/9241545801_contents.pdf)>

XAVIER, R.; SIQUEIRA, L.P.; VITAL, F.A.C. Microbiological quality of drinking rainwater in the inland region of Pajeú, Pernambuco, Northeast Brazil. **Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo**, 53(3), 121-124, may/jun. 2011.

## **CAPÍTULO 2**

### **POTABILIDADE DA ÁGUA DISPONÍVEL PARA CONSUMO EM UNIDADES DE ENSINO NO MUNICÍPIO DE CRUZ DAS ALMAS BA BRASIL**

Artigo a ser submetido a Water Science & Technology

## **Potabilidade da água disponível para consumo em unidades de ensino no município de Cruz das Almas – Bahia**

Marcos Vinicius Silva de Andrade<sup>1\*</sup>; Ludmilla Santana Soares e Barros<sup>1</sup>; Tatiana Pacheco Rodrigues<sup>1</sup>; Monique Lima dos Santos<sup>1</sup>; Danuza das Virgens Lima<sup>1</sup>

1 Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. Campos Universitário. CEP: 44380-000, Centro, Cruz das Almas, BA, Brasil. \*Autor para correspondência: vynny\_sp@hotmail.com

### **Resumo**

Avaliar a potabilidade da água utilizada ao consumo em 25 unidades de ensino, em dois períodos de tempo no município de Cruz das Almas – Bahia. Foram considerados os Coliformes Totais, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, Mesófilos e Psicotróficos e obtidos os valores de cor, turbidez, cloro residual livre oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio. Considerando os dois períodos de avaliação, para os coliformes totais, houve contaminação em cerca de 65,31% das amostras. Em 9 amostras verificou-se a presença de *E. coli*. Para os microrganismos *enterococcus* valores positivos foram vistos em 36,73% das amostras. No período seco foi possível visualizar maiores contagens de microrganismos mesófilos, quando comparados ao período chuvoso. Entretanto, em 34,69% as contagens foram acima do que ideal via legislação. Não houve variação aparente para a cor. Para a turbidez e o pH apenas em 2 instituições os valores foram irregulares com a legislação atuante. O OD somente em duas instituições no período seco obtiveram-se valores impróprios enquanto que para DBO estiveram numa faixa ideal. Embora algumas amostras tenham apresentado ausência de coliformes, as demais apresentaram contaminação bacteriana, existindo assim necessidade de práticas eficazes a fim de melhorar sua qualidade. Concluiu-se que o risco à saúde nas instituições de ensino do município de Cruz das Almas (BA) pode ser solucionado com o tratamento adequado da água, limpezas periódicas nos reservatórios, manutenção adequada das torneiras e filtros.

**Palavras-chave:** Qualidade da água; Colégios; Higiene; Microbiologia; Escolas.

**ABSTRACT. Drinkability of water available in schools in Cruz das Almas, Bahia, Brazil.** Current study assessed the drinkability of water for consumption



in 25 schools in Cruz das Almas BA Brazil, at two different periods. Total coliforms, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, mesophylls and psichrotrophics were evaluated, coupled to color, turbidity, free residual chlorine, dissolved oxygen and biochemical oxygen demands. When the two assessment periods were taken into account, contamination by total coliforms in approximately 65.31% of samples was detected, whilst *E. coli* was present in 9 samples and *enterococcus* micro-organisms occurred in 36.73% of samples. Counts of mesophyll microorganisms were greater during the dry period than during the rainy one. More than 34.69% of counts were above the legal limit. Although no apparent variation in color occurred, there was irregularity in turbidity and pH only in two schools. Inadequate rates for DO occurred in only two schools, during the dry period, whereas BOD complied with legislation. Although there were no coliforms in several samples, others had bacterial contamination requiring more efficacious practices for quality improvement. Results show that health risks in schools in Cruz das Almas may be solved by adequate water treatment, periodical cleaning of reservoirs and proper maintenance of taps and filters.

**Keywords:** water quality, Colleges, Hygiene, Microbiology, Schools.

## INTRODUÇÃO

Recurso natural, a água é de suma importância a todos organismos que habitam a Terra. A vida, o funcionamento dos ecossistemas, comunidades e economias é totalmente dependente da água. A sua escassez em qualidade atinge grande parte dos países em desenvolvimento, o que ocasiona grandes gastos com problemas relacionados a sua disponibilidade, qualidade, uso e morte causada por doenças relacionadas a água (BRASIL, 2014; KHAN, 2012).

A qualidade de vida está estritamente ligada a qualidade da água potável consumida, uma vez que é um importante elemento utilizado nas mais diversas tarefas diárias, como o preparo de alimentos, higiene pessoal e limpeza. Então para o bem estar pessoal é necessário o acesso à água potável livre de quaisquer agentes patogênicos e/ou produtos químicos tóxicos que venham a trazer malefícios a quem a consome (BRASIL; XAVIER et al.; WHO, 2011).

Existe uma série de fatores que contribuem para a contaminação, como os esgotos domésticos, efluentes industriais e da agricultura, desmatamento, mineração, resíduos sólidos, efluentes da suinocultura, poluição difusa em áreas urbanas, salinização, acidentes ambientais, construção de barragens e aquicultura (BRASIL, 2006; BRASIL; XAVIER et al.; WHO, 2011). Contudo, a melhor forma de preservar a água de forma ideal ao consumo consiste em evitar contaminações de dejetos animais e humanos, os quais podem conter grande variedade de bactérias, vírus, protozoários e helmintos, falhas no tratamento efetivo deste recurso põem em risco a saúde do consumidor (BRASIL, 2006; AZIZULLAH et al.; WHO, 2011; RODRIGUES; BARROS, 2012).

Estudos constatam que cerca de dois milhões de toneladas de esgoto industrial e detritos agrícolas são depositados em cursos de água em todo planeta, ocasionando doenças relacionadas a água contaminada, onde 2,2 milhões de pessoas morrem a cada ano de doenças diarreicas, das quais 1,8 milhões são crianças menores de cinco anos de idade. Estimativas da Organização das Nações Unidas demonstram que quase 900 milhões de pessoas sofrem com a dificuldade de acesso a água potável, e cerca 2,6 milhões não têm acesso a saneamento básico. No Brasil, a disponibilidade de água potável atende 94% da população, podendo abranger até 98% em algumas cidades nas áreas urbanas. Em zonas rurais, o serviço é disponibilizado a cerca de 70% da população, um crescimento de cerca de 85% de contemplação nos últimos 25 anos (UNEP, 2010; BRASIL, 2012b; INSTITUTO TRATA BRASIL, 2016).

No Brasil, existem parâmetros para que a água seja considerável potável e assim, poder ser disponibilizada ao consumo humano. Tais ditames estão especificados pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), parâmetros baseados em regras universais para que a água seja considerada ideal ao consumo humano, recomendados pelo Guidelines for Drinking-Water Qualityll da World Health Organization (WHO, 2011). Dentro desse contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a potabilidade da água disponível ao consumo em ambientes de ensino do município de Cruz das Almas – Bahia.

## METODOLOGIA APLICADA

O estudo foi realizado em vinte e cinco instituições públicas de ensino (nomeadas de A a Y) (Tabela 1), localizadas no município de Cruz das Almas - BA. Todas as análises propostas foram realizadas em dois períodos estacionais. No período seco que tem abrangência dos meses de Setembro a Março, com coletas de amostras entre Novembro e Dezembro. Já o período chuvoso que se estende de Abril a Agosto, as amostras foram coletadas entre os meses de Junho a Agosto (BAHIA, 2013). As amostras de água foram coletadas e transportadas para o Laboratório de Parasitologia e Microbiologia Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB para o devido processamento.

Tabela 1: Número de amostras analisadas no estudo, especificando por ordem alfabética a ordem de coleta das amostras, as fontes de abastecimentos encontradas e coletadas nas instituições avaliadas no município de Cruz das Almas-BA.

<b>Forma de abastecimento</b>	<b>Amostras</b>
Sistema de abastecimento de água (SAA)	A, C, G, H, L, M, O, Q, R, T, V, X, W, Y.
Solução alternativa coletiva (SAC)	D, E, F, I, J, K, N, P, S.
SAA + SAC	B, U.

Realizou-se as coletas em quatro pontos no campo de pesquisa, quinhentos mililitros em cada ponto, totalizando dois litros de amostra dentro do ambiente de ensino: coleta de água na primeira torneira da rede de abastecimento ou da solução alternativa coletiva de abastecimento (1º ponto), reservatório principal (2º ponto), água da cozinha (3º ponto) e os principais bebedouros (4º ponto), além da coleta da informação sobre a fonte fornecedora dessa água. Primeiramente, os locais de coleta (torneira ou bebedouro) foram mantidas abertas, escoando de água por cerca de dois a três minutos, posteriormente foi feita a higienização com álcool a 70%, para posterior coleta da amostra.

As análises de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas pelo método dos substratos cromogênicos (*Colilert*®) baseado na utilização de dois substratos ativos, o  $\sigma$ -nitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosídeo (ONPG) e o 4-metilumbeliferil- $\beta$ -D-glucuronídeo (MUG), atuando em conjunto para detecção de coliformes totais e *E. coli*, respectivamente. Os coliformes produzem a enzima  $\beta$ -galactosidase, que hidrolisa o ONPG e libera o  $\sigma$ -nitrofenol, que confere uma coloração amarelada ao meio. A *E. coli* produz a enzima  $\beta$ -glucuronidase, que hidrolisa o MUG, formando um composto fluorescente sob luz ultravioleta de 365 nm, o 4- metilumbeliferona.

Num primeiro momento realizou-se a análise qualitativa dos microrganismos, presença ou ausência pela adição de 100 mL das amostras de água em frascos plásticos transparentes (esterilizados previamente em autoclave). Em seguida, foi acrescentado o substrato na forma de pó em cada frasco, homogeneizando os mesmos e distribuindo em cartelas Quanti Tray da IDEXX™. Então, incubou-se em estufa a 36 °C por 24 horas. Após o período de incubação, a coloração amarela indicaria a presença de coliformes totais e a fluorescência azul sob luz UV (365 nm) no escuro a presença de *E. coli*. Para quantificar tanto coliformes totais, quanto *E. coli* fez-se o uso da estimativa do NMP.100 ml<sup>-1</sup> com os limites de confiança de 95% para cada valor de NMP determinado.

O número mais provável (NMP) dos microrganismos *Enterococcus* foi realizada pela técnica dos tubos múltiplos, em série de 5 ou 10 tubos, em que foram inoculados 5/10 ml da água nos tubos contendo Caldo Azida Glicose em concentração dupla e então incubados a 36°C  $\pm$  1°C por 48 h. O valor positivo seria demonstrado a partir da turvação do meio. Num segundo momento, em todos os tubos com turvação, procedeu-se a estriagem em placas com meio Ágar Pfizer Seletivo *Enterococcus* (PSE) para confirmação a partir da presença de colônias típicas de coloração castanho enegrecida com halo marrom (APHA, 1998).

A contagem em placas de microrganismos Mesófilos foi obtida pela técnica de *Pour Plate* em que 1 mL de cada amostra foi depositado no fundo de placas de Petri, com posterior adição de meio de cultura PCA (Plate Count Ágar) previamente fundido e resfriado a uma temperatura de 40°C.

Homogeneizado todo conteúdo e após a solidificação foi incubado a 35°C por 48 horas. As contagens foram realizadas em contador de colônias, nas placas que apresentavam entre 10 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC) (APHA, 1998).

Para determinação de microrganismos Psicotróficos utilizou-se o método supracitado, de acordo com o descrito para mesófilos, com exceção à temperatura e ao período de incubação, respectivamente, de 7°C por 10 dias com resultados expressos em UFC.mL<sup>-1</sup> (APHA, 1998).

Para a determinação dos parâmetros físico de cor (UHazen) e turbidez (UNT) foram utilizados, respectivamente, os seguintes aparelhos: colorímetro e turbidímetro. Como parâmetro químico de avaliação, obtiveram-se os valores de pH das amostras através da utilização de um pHmetro de bancada e o cloro residual livre pelo método DPD (NN Dietil Parafenileno Diamino), por meio de um colorímetro de bancada tipo HACH (HANNA, 1998).

Mensurou-se oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio das amostras, parâmetros avaliados com medidores de oxigênio dissolvido dos tipos Hanna DO-5519 e Lutron DO-5519 (APHA, 1998).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA**

A água direcionada ao consumo, segura é um direito de todo ser humano. Em condições inadequadas, a água pode vir a causar riscos de vários agravos à saúde pública, principalmente as doenças de veiculação hídrica. A avaliação microbiológica da água é utilizada como um indicador para a contaminação por doenças causadas por germes e patógenos e a presença ou ausência desses agentes é realizada por métodos muito específicos. A família dos coliformes (coliformes totais e *Escherichia coli*) e a contagem de bactérias heterotróficas (mesófilos e psicotróficos) são indicadores da qualidade da água disponibilizada ao consumo humano, e quando presentes em quantidades específicas a torna irregular ao consumo humano como é visto na Portaria n° 2.914/2011 do Ministério da Saúde (AZIZULLAH et al., BARROS; BRASIL; 2011).

Considerando a avaliação dos microrganismos da família dos coliformes, somente as amostras coletadas no período chuvoso, houve contaminação em cerca de 66,67 % dos ambientes de pesquisa, levando em consideração a contaminação ocorrida em um dos quatro pontos coletados. Já nas amostras do período seco, notou-se contaminação em 64% dos ambientes pesquisados, considerando-as impróprias ao consumo humano. Foi possível observar uma maior contaminação para o período seco quando comparado ao período chuvoso, como representado pelas médias vistas na tabela 2, com os resultados encontrados variando de 0,0 NMP.100 mL<sup>-1</sup> (ausência) até 2419,6 NMP.100 mL<sup>-1</sup> de água. Isso demonstra que independente do período estacional ou da forma de abastecimento, o campo pesquisado necessita de intervenções, se tratando do parâmetro Coliformes Totais, para que a água disponibilizada seja segura ao consumo (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias aritméticas dos Números Mais Prováveis (NMP) de coliformes totais, *Escherichia coli*, *Enterococcus* e Unidades Formadoras de Colônias (UFC) de mesófilos e psicotróficos nas águas de abastecimento, das instituições de ensino pesquisadas na cidade de Cruz das Almas-BA, em dois períodos, entre os meses de setembro a março de 2015 (seca) e abril a agosto de 2015 (chuva).

Escola / Colégio	Período Seco					Período Chuvoso				
	CT	EC	ENT	MSF	PSF	CT	EC	ENT	MSF	PSF
A	0,00	0,00	0,00	426,83	0,00	3,67	0,00	0,00	34,67	0,00
B	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,00	234,00	0,00
C	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	2419,60	18,80	4,07	1495,55	0,00	1535,48	0,00	13,23	317,50	6,75
E	0,00	0,00	0,00	442,42	0,00	634,53	0,00	4,03	322,25	1,75
F	2419,60	0,00	6,28	717,69	0,80	0,00	0,00	23,00	0,00	3,00
G	1,37	0,00	0,00	1026,92	46,00	0,00	0,00	19,55	0,00	46,00
H	12,30	0,00	0,00	167,75	0,00	0,00	0,00	20,70	0,00	0,00
I	1029,20	108,15	8,00	595,63	0,00	866,45	62,30	1,10	555,00	73,00
J	1769,75	0,00	8,00	1031,88	17,50	387,90	8,60	0,00	1275,00	0,00
K	2419,60	0,00	1,10	2250,63	0,50	686,70	0,00	0,00	1018,75	0,00
L	2,33	0,00	0,00	983,13	0,00	3,60	0,00	0,00	532,75	1,50
M	41,95	0,00	0,00	6500,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00
N	0,00	0,00	0,00	439,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,33
O	0,78	0,00	0,00	1424,55	18,30	1,25	0,00	8,60	393,31	0,25
P	1853,80	11,20	3,30	1096,40	0,00	1313,25	0,80	2,95	153,33	0,00
Q	41,20	0,00	0,00	817,92	0,00	157,70	0,33	5,33	291,22	0,00
R	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
S	2,73	0,00	0,00	98,67	0,00	115,27	0,33	0,00	131,33	0,00
T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U	1,37	0,00	0,00	708,50	0,00	0,33	0,00	0,00	44,67	0,00
V	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
W	3,75	0,00	0,00	34,00	0,00	1,50	0,00	0,00	763,12	0,00
X	78,63	0,00	0,70	23,75	0,00	604,90	0,50	4,00	410,72	110,25
Y	-	-	-	-	-	11,10	0,00	6,65	394,62	0,00

CT – Coliformes Totais; EC – *Escherichia coli*; ENT – *Enterococcus*; MSF – Mesófilos; PSF – Psicotróficos.

As amostras provenientes de uma solução alternativa coletiva apresentaram maiores índices de contaminação (Tabela 2), o que leva a

concluir que esses meios não fazem uso da cloração como exige a legislação vigente para qualquer água utilizada ao consumo humano.

Os valores encontrados ainda contrapõe diversos estudos que denotam a importância da coleta de dados em períodos estacionais diferentes. Como visto numa revisão de Kostyla et al.(2015) envolvendo 22 estudos realizados em países em desenvolvimento acerca da qualidade da água e sazonalidade, foi possível notar que em grande parte a contaminação alcança maiores níveis no período chuvoso, levando em consideração bactérias indicadoras de contaminação fecal, métodos de medição, definição de população, tipo de fonte e zona de clima equatorial. Justifica-se que pesquisas relacionadas a qualidade da água tendem a priorizar a estação/período seco, por questão de maior facilidade seja em acessibilidade, enfileiramento de tempo, estradas e etc. Mas, atualmente têm-se notado que a contaminação microbiológica da água tende a ser maior nas estações chuvosas (WHO & UNICEF, 2010). Como não aconteceu no presente estudo, onde os períodos de coleta atrelados aos momentos de higienização nos pontos de coleta em cada instituição por vir a ter influenciado no resultado final.

Os pontos de coleta de amostras também podem influenciar na conclusão de dados de pesquisa, cada ponto específico podendo trazer um resultado (WHO & UNICEF, 2010). Diante desse exposto denota-se a importância de coletas de amostras em pontos diferentes nas instituições, a fim de se ter uma representatividade maior e entender onde é necessária maior preocupação.

As amostras coletadas oriundas da mistura de SAA + SAC (B e U), apresentaram pequena contaminação por coliformes, 0,67 NMP.100mL<sup>-1</sup> e 0,33 NMP.100mL<sup>-1</sup> de médias dos quatro pontos de coleta respectivamente para o período chuvoso e 0,0 NMP.100mL<sup>-1</sup> e 1,37 NMP.100mL<sup>-1</sup> para o período seco. Apesar do baixo índice de contaminação, para as legislações que exige ausência, essas amostras não são ideais ao consumo, podendo haver uma possível contaminação cruzada da água tratada (CONAMA, 2008; BRASIL, WHO; 2011).

A *Escherichia coli* são microrganismos indicadores de contaminação fecal recente e possível presença de patógenos, pois esses microrganismos



são estritamente fecais. A presença do mesmo é de extrema importância, pois pode causar diversas doenças, como *Escherichia coli* O157: H7 que pode provocar o óbito, devido a Síndrome Hemolítico-Urêmica (HUS), doença grave, especialmente para crianças, idosos ou imunocomprometidos. Assim como para os coliformes totais a legislação brasileira preconiza a ausência do microrganismo *Escherichia coli* para água de consumo humano, seja de SAA ou SAC (CONAMA, 2008; BRASIL, WHO; 2011; EDEN, 2014)

A tabela 2 elucida as médias dos pontos de coleta, em que para as contagens de *Escherichia coli*, nos dois períodos estacionais de execução da pesquisa foi possível observar uma variação dos valores médios entre 0,0 NMP.100mL<sup>-1</sup> (ausência) a 108,15 NMP.100mL<sup>-1</sup> de amostra, na qual em seis instituições no período chuvoso verificou-se a presença desse microrganismo, enquanto no período seco apenas três instituições. Todas as instituições com a presença deste microrganismo necessitam de forma urgente de intervenções devido aos perigos que os mesmos podem vir a causar a quem faz o uso desta água.

Para os dois períodos de avaliação percebeu-se que os maiores níveis de contaminação são vistos no ponto 1 e 2 de coleta. Diante do pressuposto que toda água oferecida ao consumo deve estar livre da presença do microrganismo em questão, e qualquer água direcionada ao consumo humano, deve passar por tratamento e apresentar um teor de Cloro Residual Livre, com finalidade de prevenir contra contaminações microbiológicas (BRASIL, 2011). Torna-se visível a necessidade de maiores fiscalizações a fim de verificar possíveis falhas seja no sistema de distribuição, ou na estrutura predial, higienização do reservatório e bebedouros.

Estudos já expõem que crianças, em idade escolar, expostas a água em condições impróprias e instalações sanitárias inadequadas podem desenvolver de doenças infecciosas, gastrointestinais, neuro-cognitivas e doenças psicológicas. E a melhoria desse cenário pode ser alcançada a partir do maior investimento de recursos no que tange a parte higiênico-sanitária desses ambientes. A educação é direito de todos, previsto em lei, então a disponibilidade de água e saneamento no ambiente escolar é de suma

importância, necessitando de critérios, normas e fiscalização para que não haja influência sobre o processo educacional (JASPER et al., 2012).

A contaminação da água pode ser originária de inúmeras formas, como exemplifica Rocha et al.(2010), num estudo semelhante com instituições de ensino, notificando que a contaminação pode ocorrer inicialmente na captação pelo sistema público, entretanto é mais comum acontecer devido a falhas no sistema de distribuição, ou na falta de higienização do reservatório onde é acondicionada a água utilizada a suprir as necessidades das instituições de ensino. A falta de manutenção de tubulações e principalmente os reservatórios, podem vir a criar um ambiente propício ao crescimento microbiano, diante disso um fator principal para a manutenção da integridade da água disponibilizada ao consumo, é a higienização para que não haja contaminação.

Explanado por Moosa et al. (2015), a avaliação da qualidade da água de bebedouros de escolas e universidade em Ajman, verificou-se a presença de *Pseudomonas aureginosas*, Coliformes Totais e *E. coli*, na qual das 49 amostras avaliadas 32,65% foi verificada a presença de Coliformes Totais, estando inviável ao consumo de acordo com a legislação do país citado, informando que a água ao consumo não deve conter essa célula bacteriana. Semelhante ao exposto por Rocha et al. (2010), a higienização do local e arredores é a chave para manutenção da qualidade da água destinada ao consumo. Outro fato importante apontado no estudo é que as autoridades devem dispor de regimentos mais severos para garantir a qualidade da água potável. E dentro do ambiente escolar é importante a ação de gestores e educadores no controle e monitoramento da qualidade água, por meio de ações educativas envolvendo a comunidade estudantil e sociedade de maneira geral visando o oferecimento da água dentro do que se exige como padrão, ações estas em conjuntura com ações públicas governamentais com a finalidade de informar a população quais os parâmetros e como manter a qualidade da água ideal (SOUZA et al., 2015). Os referidos autores num estudo semelhante, avaliando a água da entrada de distribuição, saída do reservatório e bebedouros, verificaram que em 33 instituições de ensino na cidade de Mossoró - RN, 60,6% estavam impróprias ao consumo tendo encontrado

coliformes totais e/ou coliformes termotolerantes, com maior índice de contaminação por coliformes totais e *E. coli* nos bebedouros de escolas.

Se tratando de água subterrânea, a presença de contagens significativas de bactérias da família dos Coliformes (coliformes totais e *Escherichia coli*) exhibe irregularidades na profundidade ou uma quebra de integridade sanitária dos poços. Essa proteção inadequada, associada a falta saneamento trazem a tona a necessidade de criar formas, planos para a proteção dessa forma de abastecimento para as comunidades rurais, onde o tratamento da água não está disponível. O cercamento da construção de forma adequada, promover manutenções regulares e o descarte adequado de resíduos humanos e animais, pois os mesmos podem vir a infiltrar no solo contaminando todo local, são estratégias que podem oferecer segurança a essas fontes de água (TSEGA et al., 2013; BAIN et al., 2014).

Apesar de não haver nenhuma legislação específica, para determinação do número mais provável (NMP) para os microrganismos *enterococcus* em água de consumo humano, altas contagens, apontam fontes potenciais de contaminação, provocadas por deficiências do tratamento da água ou da integridade do sistema de distribuição (CONAMA, 2008; BRASIL; WHO, 2011). A tabela 2 dispõe do número mais provável de microrganismos enterococos nos dois períodos de tempo avaliados na pesquisa.

Resultados positivos foram vistos no período seco em 29,16% e em 44% das amostras avaliadas no período chuvoso. Ainda que muito embora possam também ser encontrados em fezes de animais ou mesmo no meio ambiente como organismos de vida livre, os *enterococcus* estão estreitamente associadas aos dejetos humanos, indicando também poluição fecal na água e quando em altos valores são encontrados, carecem de intervenção (BRASIL, 2006). Além do que esses microrganismos podem ser utilizados como auxiliares na indicação de contaminação fecal, com ressalvas, pois os mesmos estão integrados a microflora alimentar, porém são mais resistentes a cloração quando comparado ao grupo dos coliformes (WHO, 2003; 2011).

Constatou-se maiores níveis de contaminação pelos microrganismos *enterococcus* no período chuvoso, justificando o que é dito pela WHO, UNICEF (2010) e Kostyla et al. (2015) e considerando o que é visto na tabela 2, a

contaminação microbiológica da água tende a ser maior nas estações chuvosas, atentando-se as influências sazonais que podem favorecer falsos-positivos em pesquisas que avaliam a qualidade da água ao consumo.

Numa avaliação de amostras de água de tanques plásticos e poços (89 e 177), numa área peri-urbana de São Paulo, Brasil, foram vistos que microrganismos *enterococcus* estavam presentes em 21 amostras (23,5%) a partir dos tanques de plástico e em 142 (80,2%) amostras de poços, dando indícios a possíveis intervenções devido a contaminação fecal (RAZZOLINI et al., 2011).

Atualmente os *enterococcus* têm sido objeto de vários estudos, principalmente no que tange sua capacidade de resistência. Um estudo avaliando a presença de microrganismos *enterococcus* em água de poços, hospitais e engarrafadas em Kerala, Índia. Observou-se contaminação em 74% das 270 amostras testadas. Os resultados apontaram que a água pode apresentar bactérias resistentes a antimicrobianos, causando sérios riscos aos consumidores. A resistência é adquirida pela capacidade desses microrganismos em formar estruturas denominadas biofilmes, que servem como película protetora aos mesmos (PETER et al., 2012). Diante do exposto, fica nítida a atenção e preocupação acerca desse microrganismo, que pode causar grandes danos à saúde humana independente de sua exigência perante a legislação brasileira.

Na representação das bactérias heterotróficas foram selecionados microrganismos mesófilos e psicrotróficos. Nesse contexto, para os microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos, o nível de contaminação variou de 0,0 UFC.mL<sup>-1</sup> (ausência) até valores 6.500 UFC.mL<sup>-1</sup> respectivamente, alcançando valores superestimados (Tabela 1) que são vistos como irregulares pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que detêm como base valores limites de 500 UFC.mL<sup>-1</sup> de amostra de água. No período seco foi possível visualizar maiores populações de microrganismos mesófilos, quando comparados ao período chuvoso com 45,83% e 20,00% das amostras acima dos valores permitidos em legislação.

Para os microrganismos psicrotróficos não foram encontrados valores excedentes aos exigidos na legislação brasileira em ambos períodos avaliados,

somente havendo pequenas contagens. Por terem uma extensa faixa de temperatura para desenvolvimento, variando de  $-10^{\circ}\text{C}$  até  $30^{\circ}\text{C}$ , é necessário um grande cuidado na quantificação desses microrganismos (TORTORA et al., 2012), pois os mesmos podem vir a serem encontrados em locais que não estejam sob refrigeração, como no ponto 1 (reservatório) ou ponto 4 (bebedouros), independente da temperatura que os mesmos possam estar ou mesmo sob influência ambiental.

Quando utilizados como indicadores da qualidade água, a contagem de bactérias heterotróficas (HPC) têm uma ampla gama de resultados, ou seja, caracterização de bactérias de origem fecal ou bactérias naturalmente presentes na água, pois valores acima de  $500 \text{ UFC.mL}^{-1}$  podem indicar a presença de Coliformes. A identificação desses microrganismos em altas contagens, apesar de não atuar causando malefícios a saúde, adverte sobre falhas no tratamento da água, seja na desinfecção, na formação de biofilmes, na forma de armazenamento e/ou falhas dos sistemas de distribuição e presença de matéria orgânica na água, além de indicar a presença de agentes patogênicos, tais como *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Moraxella*, *Serratia*, *Pseudomonas* e *Xanthomonas* (ANA, 2005; BRASIL; WHO, 2011; CHOWDHURY, 2012). Atualmente vêm sendo bastante requisitados na avaliação de água mineral engarrafada, assim como os microrganismos enterococos (FALCONE-DIAS & FARACHE FILHO, 2013).

Contudo, este parâmetro também indica a eficiência do processo de desinfecção, a necessidade de melhoria dos materiais que compõe instalações de distribuição de água e avalia o quão correto está sendo o armazenamento de água em tanques ou reservatórios (DIDUCH et al., 2016).

## AVALIAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA

A avaliação física, julgando o parâmetro cor da água, pelo método utilizado não obteve-se variação. Abrangendo todos ambientes pesquisados, apenas dois pontos estavam em desacordo com a legislação para turbidez (tabela 3), que preconiza valores de até 5,0 UNT (BRASIL, 2011). A partir das médias de cada ambiente estudado foi possível ainda constatar uma variação de 0,54 à 7,26, com maiores valores do período chuvoso frente ao seco, que

podem se dar por meio erosão dos solos, atividades de mineração, lançamento de esgotos e de efluentes industriais. A turbidez acima dos valores ideais tem influência direta sob a aceitabilidade da água pelo consumidor, pois é um aspecto visível, logo quanto menores forem os valores encontrados, mais aceitável será a água. Além disso, as partículas em suspensão podem servir de proteção há microrganismos patogênicos (BRASIL, 2006; WHO, 2011). Elevados valores de turbidez podem ser utilizados como referência a altos níveis tanto da contaminação microbiana, quanto de outros parâmetros físicos e químicos. Assim sendo, valores de turbidez podem ser utilizados na seleção de fontes de água, onde a análise da turvação se constitui um parâmetro chave a ser utilizado por ser menos dispendiosa. Além de poder indicar a remoção eficiente de patógenos resistentes a cloração (MANN et al., 2007, WHO, 2011; CASTAÑO & HIGUITA, 2016).

Para a avaliação química, o pH nos dois períodos de coleta apenas as amostras B, D e O (Tabela 3) apresentaram valores abaixo da faixa considerada ideal entre 6,0 a 9,5 segundo Brasil (2011). O pH não tem impacto direto sobre a água que chega até o consumidor final, mas é considerado um parâmetro muito importante, pois quando fora das faixas ideais pode ter grande influência na ação de desinfecção e clarificação do cloro na água. Estas falhas na manutenção da faixa, pode ocasionar uma série de prejuízos como corrosões e incrustações nas tubulações, que podem alterar o sabor e a aparência devido à agregação dos materiais que constituem as tubulações de transporte d'água (BRASIL, 2006; WHO, 2011).

Tabela 3 – Médias aritméticas dos parâmetros físicos e químicos das águas de abastecimento, das instituições de ensino pesquisadas na cidade de Cruz das Almas-BA, em dois períodos, entre os meses de setembro a março de 2015 (seca) e abril a agosto de 2015 (chuva).

Escola/ Colégio	Período Seco						Período Chuvoso					
	Cor	Turbidez	pH	CRL	OD	DBO	Cor	Turbidez	pH	CRL	OD	DBO
A	0,00	0,64	6,84	1,93	4,70	0,79	0,00	0,70	7,39	1,02	7,70	0,71
B	0,00	0,57	5,58	0,69	3,87	0,66	0,00	1,02	4,39	0,23	7,63	1,62
C	0,00	0,82	6,64	7,16	7,93	0,37	0,00	0,60	7,11	2,72	7,87	0,23
D	0,00	2,90	6,41	0,26	7,40	1,05	0,00	7,26	5,54	0,35	7,35	0,44
E	0,00	1,18	6,28	0,98	8,13	0,73	0,00	0,53	7,00	0,42	7,78	0,13
F	0,00	0,78	7,10	0,06	7,18	0,52	0,00	1,06	7,65	0,43	7,90	0,20
G	0,00	1,18	6,28	0,98	8,13	0,73	0,00	0,86	7,48	0,98	8,00	0,23
H	0,00	0,63	7,73	0,08	7,35	0,43	0,00	0,70	7,82	0,37	7,83	0,45
I	0,00	1,49	6,15	0,03	5,90	1,02	0,00	1,38	6,89	0,13	7,20	0,29
J	0,00	1,04	6,83	0,04	3,65	1,36	0,00	1,46	7,44	0,14	7,50	0,82
K	0,00	0,62	7,25	0,11	6,50	0,67	0,00	1,75	6,55	0,11	7,00	0,29
L	0,00	0,61	7,65	0,02	7,85	0,69	0,00	0,53	7,74	0,12	7,55	0,51
M	0,00	0,66	6,60	0,10	7,95	0,14	0,00	0,87	7,86	0,83	7,63	0,59
N	0,00	0,60	6,66	1,33	7,70	0,80	0,00	0,72	7,85	2,26	7,47	0,47
O	0,00	0,54	7,03	0,79	7,58	0,85	0,00	0,65	7,73	0,13	7,80	0,55
P	0,00	0,96	6,00	0,22	7,78	0,68	0,00	5,54	5,85	0,11	5,18	1,11
Q	0,00	0,54	6,58	9,45	7,00	0,90	0,00	0,75	6,59	1,18	5,37	0,47
R	0,00	0,51	6,65	3,02	6,70	0,39	0,00	0,62	6,38	6,18	5,70	0,65
S	0,00	1,01	6,35	0,08	7,90	0,23	0,00	0,89	6,73	0,05	5,07	0,59
T	0,00	0,50	7,05	6,52	7,50	0,48	0,00	1,47	7,03	4,89	7,45	0,89
U	0,00	0,85	6,53	0,06	7,77	0,15	0,00	0,96	6,98	0,87	6,98	0,74
V	0,00	0,60	6,23	3,23	8,00	0,17	0,00	0,99	7,33	1,23	8,10	1,42
W	0,00	0,79	6,29	2,71	7,47	0,88	0,00	0,68	7,60	2,18	8,00	1,40
X	0,00	0,80	7,01	1,56	7,35	0,53	0,00	0,74	7,97	2,24	8,15	1,09
Y	-	-	-	-	-	-	0,00	1,45	7,26	0,85	8,05	0,28

pH – Potencial Hidrogeniônico; CRL – Cloro Residual Livre; OD – Oxigênio Dissolvido; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Envolvendo a avaliação física e química, o parâmetro que mais se obteve variação foi a quantificação do Cloro Residual Livre. A portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde especifica um padrão considerado aceitável para esse parâmetro, com uma manutenção mínima de  $0,2\text{mg.L}^{-1}$  de Cloro Residual Livre na água para consumo, podendo atingir o máximo de  $2\text{mg.L}^{-1}$  em todo sistema de abastecimento. Examinando as médias obtidas na Tabela

3, atenta-se de forma preponderante as amostras I, J, K e L que nos dois períodos de avaliação apresentaram valores abaixo da faixa considerada ideal. No conjunto das amostras avaliadas no período seco apenas em 34% das escolas foi possível observar valores considerados ideais pelo Ministério da Saúde, já para o período chuvoso em 48% das escolas os valores de cloro residual livre estão em conformidade com a legislação.

O uso do cloro como principal princípio ativo atuante na desinfecção da água faz com que seja alvo de constantes estudos, tanto acerca de como este produto pode vir atuar, sem nenhum tipo de prejuízo de nível econômico ou de saúde. Mas faz-se necessária a criação de estratégias para sua manutenção em níveis adequados, evitando assim a recontaminação após tratamento e prejuízos a saúde do consumidor final. A redução dos níveis de Cloro Residual Livre se dá na maioria das vezes quando as tubulações do sistema de distribuição, são constituídas de cobre, quando comparado ao PVC ou galvanizado. No entanto alguns outros motivos podem vir a alterar os níveis de Cloro Residual Livre, como condições de estagnação frequentes, aumento da temperatura, vazão reduzida, estocamento por grandes períodos, dentre outros (ZHENG et al., 2015).

Em contra-ponto, níveis elevados também podem ocasionar sérios riscos a saúde humana, pois apesar da carga residual de cloro atuar combatendo o risco de contaminação por microrganismos patogênicos na água, quando em valores elevados podem ter efeitos adversos. Nesse contexto, associado há altos níveis de cloro residual livre na água menciona-se a formação dos thalometanos, compostos formados da reação entre o cloro e compostos orgânicos, que dão origem aos clorofórmios, substâncias essas cancerígenas. Além de sintomas alérgicos como erupções cutâneas, até sintomas intestinais, quando o mesmo é ingerido levando a destruição de bactérias de ácido láctico que revestem o cólon, deixando o intestino exposto contra agentes patogênicos estranhos (HATTERSLEY, 2000; BRASIL, 2006; SIDDIQUE et al., 2011; ZHENG et al., 2015).

Quantificando o valor mínimo legal de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  de cloro residual livre, Sanches et al (2014) em 8 escolas de Uberaba (MG) verificou que em 40,62% das amostras das torneiras da cozinha e 31,25% das amostras dos bebedouros



não cumprem o mínimo aceitável enquanto Cardoso et al. (2007) em 83 escolas de Salvador (BA). em 33% das amostras o teor de cloro residual livre estava abaixo do parâmetro legal. Demonstrando que essa é uma realidade em diversos municípios brasileiros.

Entre os parâmetros mais representativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático está o oxigênio dissolvido. Quando quantificado nas amostras do estudo, as médias para os dois períodos de tempo foram bastante similares, entretanto 3 instituições no período seco de coleta apresentaram valores inferiores a  $5\text{mg.L}^{-1}$  não estando de acordo com a legislação, que detêm como regra valores não inferiores a  $5\text{mg/L}$  (CONAMA, 2005). Tais alterações nos níveis de oxigênio dissolvido podem ocorrer devido a variações na temperatura, pressão, salinidade da água, ou seja processos físicos, químicos e biológicos atuam diretamente nos corpos d'água (BRASIL, 2014).

Estudos exibem que a associação entre temperatura, pH e OD, em valores irregulares podem influenciar na qualidade da água, principalmente em sistemas de abastecimento compostos por tubulações de cobre. E quando avaliado a recontaminação da água, é possível observar uma relação estreita entre a temperatura, OD e a Contagem de Bactérias Heterotróficas. Valores ótimos de temperatura e oxigênio disponível, torna o ambiente propício a recontaminação, quando o mesmo não dispõe de Cloro Residual Livre afim de eliminar tal recontaminação (VARGAS et al., 2010; WHO, 2011; BRASIL; LU et al., 2014).

Todos os valores encontrados para DBO estavam de acordo com a legislação em uso, que dita como padrão valores até  $5\text{mg.L}^{-1}$  (Tabela 3) (BRASIL, 2014). Obteve-se uma variação das médias entre  $0,50\text{mg.L}^{-1}$  a  $0,79\text{mg.L}^{-1}$ , valores julgados como ideais. Apesar de ser um parâmetro para a avaliação de efluente domésticos e industriais, em ambientes naturais não poluídos a Fundação Nacional de Saúde aborda que, nesses ambientes a concentração ideal varia entre  $1\text{mg.L}^{-1}$  a  $10\text{mg.L}^{-1}$ , considerada baixa, havendo alteração somente com possíveis contaminações, influenciando na cor, turbidez e no consumo de OD por organismo decompositores (BRASIL; LU et al., 2014). Wanda et al. (2015) estudando a qualidade da água em províncias da África, notou que uma elevada DBO, disponibilidade de matéria orgânica no

meio, interfere bastante na classificação das águas, e quando associado a um baixo OD e a presença de microrganismos, torna-se indispensável a maior atenção com o sistema de tratamento da água avaliada.

## **CONCLUSÕES**

Independente de terem sido realizadas avaliações em dois períodos de tempo, para se ter uma representatividade maior sobre a qualidade higiênico-sanitária da água disponível ao consumo em instituições de ensino da cidade em questão, existe a necessidade de um acompanhamento constante da qualidade desta água, pois, estudantes, funcionários e professores passam grande parte do seu tempo nas instituições, utilizando e consumindo esta água.

Necessita-se de intervenção imediata principalmente os locais onde a faixa de CRL não se apresenta dentro da faixa aceitável, pois permite um ambiente ideal a crescimento microbiano, recontaminação, tanto no período seco, quanto chuvoso.

Para contaminação fecal, em que presente na água, a mesma já pode ser considerada irregular, mesmo constatando-se maiores valores no período seco, cuidados devem ser tomado de forma imediata. De maneira geral os dados encontrados irão fornecer subsídios as instituições, perante aos órgãos municipais de direito, para que possam lidar de forma a suprir os problemas com a qualidade da água. Medidas como a higienização adequada e regular dos reservatórios que fornecem água a cozinha e os bebedouros, troca de filtros e a criação de procedimentos padronizados para realização dessas atividades são alternativas para eliminação dos microrganismos avaliados, e assim poderem se enquadrar no que a legislação brasileira trata como ideal.

Para as instituições que fazem uso de soluções alternativas de abastecimento será possível o questionamento para a implantação de um sistema de abastecimento público ou de outras opções, para resolução deste problema, como cita-se o Ministério da Saúde com a utilização de formas de desinfecção alternativa, como cloração por difusão, cloração com pastilhas, cloração líquida e a implementação de unidades de tratamento domiciliar.

## Referências

Agência Nacional das Águas (ANA). 2005 *Panorama das águas superficiais no Brasil (Panorama of surface water in Brazil)*, Brasília, Editora Eletrônica. [http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo\\_imgs/Panorama/ANA-IQA.swf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo_imgs/Panorama/ANA-IQA.swf)

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environmental Federation (WEF). 1998 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20 ed. Washington.

Azizullah A.; Khattak M. N. K.; Richter P. & Häder D. P. 2011 Water pollution in Pakistan and its impact on public health – A review. *Environment International*, v. 37, p. 479-497.

Bahia. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. 2013 *Estatísticas dos Municípios Baianos (Statistics of Municipalities Baianos)*[recurso eletrônico]; 4 (1) – Salvador.

Bain R., Cronk R., Hossain R., Bonjour S., Onda K., Wright J., Yang H., Slaymaker T., Hunter P., Prüss-Ustün A., Bartram J. 2014 Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. *Tropical Medicine and International Health*, 19(8), 917-927.

Barros L. S. S. 2011 Grau de contaminação das águas de poços de propriedades rurais de Cruz das Almas – BA. *Magistra*, v.23, n. 4, p. 207-214.

Brasil. Ministério da Saúde. 2006 *Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada a qualidade de água para consumo humano (Manual monitoring procedures in environmental health related quality of water for human consumption)*. Brasília: Editora editorial, 284p.

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. 2014 Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, *Fundação Nacional de Saúde*. – Brasília: Funasa.112 p.

Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12/2011. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. 2012 *Situação da vigilância da qualidade da água para consumo humano no Brasil – ano base 2010/2011 (Situation monitoring of water quality for human consumption in Brazil - base year 2010/2011)*. Brasília, Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde e Saúde do Trabalhador/Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília, DF.

Cardoso R. C., Almeida R. C. C., Guimarães A. G., Góes J. A. W., Silva S. A., Santana A. A. C., Huttner L. B., Vidal Jr P. O. & Figueiredo K. V. N. A. 2007 Qualidade da água utilizada em escolas atendidas pelo Programa Nacional de

- Alimentação Escolar (PNAE), em Salvador-BA. *Rev Inst Adolfo Lutz*. São Paulo. 66(3): 287-291.
- Castaño J. A. & Higueta J. C. 2016 Using turbidity for designing water networks. *Journal of Environmental Management*, 172, 129-135.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716300688>
- Chowdhury S. 2012 Heterotrophic bacteria in drinking water distribution system: a review. *Environ Monit Assess* 2012; 184:6087–6137.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil). Resolução nº357, de 17 de março de 2005.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil). Resolução nº396, de 03 de abril de 2008.
- Cruz das Almas. <http://www.cruzdascalmas.ba.gov.br/cidade> (accessed 13 January 2016)
- Diduch M., Polkowska Z. & Namiesnik J. 2016 The role of heterotrophic plate count bacteria in bottled water quality assessment. *Food Control*, 61, 188-195.
- Eden R. 2014 Classical and Modern Methods for Detection and Enumeration. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 1, 610–617.
- Falcone-Dias M. F. & Farache Filho A. 2013 Quantitative variations in heterotrophic plate count and in the presence of indicator microorganisms in bottled mineral water. *Food Control*, 31, 90-96.
- Falcone-Dias M. F. & Farache Filho A. 2013 Quantitative variations in heterotrophic plate count and in the presence of indicator microorganisms in bottled mineral water. *Food Control*, 31, 90-96.
- Fundação de Apoio, Ensino, Pesquisa e Planejamentos Estratégicos (FAEPE). 2014 *Plano municipal de saneamento básico participativo (Municipal plan participatory sanitation)*. Cruz das Almas, Bahia.
- Khan S., Sharhnaz M. & Jehan, N. 2012 Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 1–9.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades, 2012.  
<http://cidades.ibge.gov.br/painel/educacao.php?lang=&codmun=290980&search=bahia|cruz-das-almas|infográficos:-escolas-docentes-e-matrículas-por-nível> (accessed 21 February 2016)
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades, 2010.  
<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=290980&idtema=16&search=||síntese-das-informações> (accessed 21 February 2016)

Instituto Trata Brasil. 2015 *94% do Brasil tem acesso a água potável (94% of Brazil have access to drinking water)*. <http://www.tratabrasil.org.br/94-do-brasil-tem-acesso-a-agua-potavel> (accessed 23 May 2016)

Jasper C., Le T. T. & Bartram J. 2012 Water and Sanitation in Schools: A Systematic Review of the Health and Educational Outcomes. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 9, 2772-2787.

Kostyla C., Bain R., Cronk R. & Bartram J. 2015 Seasonal variation of fecal contamination in drinking water sources in developing countries: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 514: 333–343.

Lu P., Zhang X., Zhang C., Niu Z., Xie S. & Chen C. 2014 Biostability in distribution systems in one city in southern China: Characteristics, modeling and control strategy. *Journal of Environmental Sciences*, 26, 323–331.

Mann A. G., Tam C. C., Higgins C.D. & Rodrigues L. C. 2007 The association between drinking water turbidity and gastrointestinal illness: a systematic review. *BioMed Central Ltd.*, 7:256. <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/7/256>

Ministério da Saúde. 2006 *Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada a qualidade de água para consumo humano (Manual monitoring procedures in environmental health related quality of water for human consumption)*, Brasília, Produtora editorial, 284p.

Moosa M. E. A., Khan M. A., Alalami U. & Hussain A. 2015 Microbiological Quality of Drinking Water from Water Dispenser Machines. *International Journal of Environmental Science and Development*, 6(9), 710-713.

Peter A., Mathew J. & Zacharia S. 2012 Antibiotic resistant enterococci from drinking water sources. *Asian J Pharm Clin Res.*, 5(3), 158-160.

Razzolini M. T. P., Günther W. M. R., Peternella F. A. S., Rocha S. M., Bastos V. K., Santos T. F. S. & Cardoso M. R. A. 2011 Quality of water sources used as drinking water in a brazilian peri-urban area. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42. 560-566.

Rocha E. S., Rosico F. S., Silva F. L., Luz T. C. S. & Fortuna J. L. 2010 Análise microbiológica da água de cozinhas e/ou cantinas das instituições de ensino do município de Teixeira de Freitas (BA). *Revista Baiana de Saúde Pública*, 34(3), 694-705.

Rodrigues M. J. & Barros L. S. S. 2012 Análises físico-químicas e bacteriológicas da água da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas-Bahia. *Arquivos de Pesquisa Animal*, v. 1. n.1, p 31-38.

Sanches S. M., Muniz J. M., Passos C. & Vieira E. M. 2015 Chemical and microbiological analysis of public school water in Uberaba Municipality. *Rev. Ambient. Água*, 10(3).

Shibata T., Solo-Gabriele H. M., Fleming L. E. & Elmir, S. 2004 Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicators in an urban tropical environment. *Water Research*, 38, 3119-3131.

Siddique A., Saied S., Zahir E., Nayyer Z. A. & Zaigham N. A. 2011 Speciation and geospatial analysis of disinfection byproducts in urban drinking water. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 11(3).

[https://www.researchgate.net/publication/236650944\\_Speciation\\_and\\_geospatial\\_analysis\\_of\\_disinfection\\_byproducts\\_in\\_urban\\_drinking\\_water](https://www.researchgate.net/publication/236650944_Speciation_and_geospatial_analysis_of_disinfection_byproducts_in_urban_drinking_water)

Souza C. A. B., Oliveira E. L., Avelin M. B., Rodrigues R. C. D., Rodrigues M. P., Ferreira M. A. F. & Medeiros W. R. 2015 Quality of water consumed in childhood education units of the municipality of Mossoró-RN. *Ciência Plural*, 1(2), 57-67.

Tortora G. J., Funke B. R. & Case C. L. 2012 Crescimento Microbiano. In: \_\_\_\_\_. *Microbiologia*. 10ª Edição. Porto Alegre: Artmed. p. 156-182.

Tsega N., Sahile S., Kibret M. & Abera B. 2013 Bacteriological and physico-chemical quality of drinking water sources in a rural community of Ethiopia. *African Health Sciences*, 13(4), 1156-1161.

United Nations Environment Programme (UNEP). Clean water for a healthy world. *World Water Day 2010*.

Vargas I. T., Pastén P. A. & Pizarro G. E. 2010 Empirical model for dissolved oxygen depletion during corrosion of drinking water copper pipes. *Corrosion Science*, 52, 2250–2257.

Wanda E. M. M., Mamba B. B. & Msagati T., A., M. 2015 Determination of the water quality index ratings of water in the Mpumalanga and North West Provinces, South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*.

World Health Organization. 2011 *Guidelines for drinking water quality*. 4. ed. Geneva: WHO.

World Health Organization. 2003 *Guidelines for safe recreational water environments: coastal and fresh waters*, Geneva, Switzerland.

[http://whqlibdoc.who.int/publications/2003/9241545801\\_contents.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2003/9241545801_contents.pdf)

Who/Unicef. 2010 *JMP Technical Task Force Meeting on Monitoring Drinking-water Quality*. Villé-Morgon, France.

[http://www.wssinfo.org/fileadmin/user\\_upload/resources/JMP-Task-Force-Meeting-on-Monitoring-Drinking-water-Quality.pdf](http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMP-Task-Force-Meeting-on-Monitoring-Drinking-water-Quality.pdf)

Xavier R., Siqueira L. P. & Vital F.A.C. 2011 Microbiological quality of drinking rainwater in the inland region of Pajeú, Pernambuco, Northeast Brazil. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo*. 53(3), 121-124.

Zheng M., He C. & He Q. 2015 Fate of free chlorine in drinking water during distribution in premise plumbing. *Ecotoxicology*, 24, 2151–2155.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora algumas amostras tenham ao final da avaliação os resultados preconizados pela legislação, a avaliação da qualidade da água necessita tornar-se uma atividade rotineira, devido sua constante utilidade nas mais diversas atividades. Em ambientes de ensino (escolas, colégios, creches, dentre outros), em que a água é um elemento essencial, seja no consumo direto ou no preparo de alimentos essa fiscalização se faz ainda mais importante, afim de se evitar doenças ligadas a água.

Com o presente estudo foi possível notar que a manutenção do teor de Cloro Residual Livre, principal componente utilizado na desinfecção da água, é um ponto a ser considerado. Devido as variações observadas, tanto em sistema de abastecimento, quanto em soluções alternativas coletivas, ora abaixo, ora acima da faixa ideal, faz com que os órgãos responsáveis do município frente a empresa responsável pelo abastecimento possam reivindicar alternativas para a manutenção da quantidade residual regular, evitando assim que possa acontecer recontaminações em possíveis falhas na rede de distribuição por esse ser o principal composto que atua na eliminação da carga microbiana na água.

A presença de microrganismos da família dos coliformes, principalmente nas instituições abastecidas por uma solução alternativa coletiva, coloca em foco a busca por alternativas que possam suprir essa falta de tratamento. Como a atribuição de práticas eficazes a fim de melhorar a qualidade desta água, à fervura antes do consumo, cloração manual, maior regularidade na higienização principalmente dos reservatórios e bebedouros visando principalmente à saúde de quem a consome.

Com o apoio dos laudos técnicos será possível solicitar uma substituição da forma de abastecimento, evitando assim riscos que o consumo deste recurso pode trazer. Além da contribuição demonstrando a qualidade da água consumida pelas instituições pesquisadas, espera-se não somente ações por parte das autoridades sanitárias a fim de suprir os problemas encontrados, mas também ações que possam conscientizar a população, a comunidade, sobre os



riscos das doenças relacionadas à água para consumo humano como é previsto no plano de segura da água do Ministério da Saúde.

ANEXO A – Normas da revista a ser submetido o artigo.

## Instructions for Authors

### INTRODUCTION

#### Types of paper

(a) **Research Papers:** these papers are fully documented, interpreted accounts of significant findings of original research. The maximum acceptable length of a Research Paper is 8000 words (less 350 words for each normal-sized figure or table you include). Papers exceeding this limit may be rejected, at the Editor's discretion.

(b) **Review Papers:** these are critical and comprehensive reviews that provide new insights or interpretation of a subject through thorough and systematic evaluation of available evidence. They should not normally exceed 8000 words. Manuscripts exceeding 10,000 words will not be accepted for review.

### BEFORE YOU BEGIN

#### Ethics in publishing

You will be required to accept the IWA Publishing Ethics Statement for Authors when you submit your paper to the journal. The statement covers authorship, originality and conflicts of interest. Please read this statement to ensure your submission complies.

Note that conference proceedings are a form of publication.

To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck.

#### Changes to authorship

If you wish to add, delete or rearrange the authors of your accepted paper:

Before online publication: The corresponding author should contact the Journals Manager, and provide (a) the reason for the change, and (b) the written consent of all co-authors, including the authors being added or removed. Please note that your paper will not be published until the changes have been agreed.

After online publication: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in

an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

## **Copyright**

If your paper is selected for publication you will be expected to sign our copyright assignment form. Where necessary you must obtain permission to publish material protected by copyright. Provision is made on the form for work performed for the United States Government (for which Copyright cannot be assigned) and other extenuating circumstances.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive Licence Agreement' (for more information see our Rights and Permissions page). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user licence. More information is available on our Open Access page.

## **Author rights**

For the rights of the author to reuse your work, please refer to the Rights and Permissions page.

## **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

## **Publishing Options**

If your paper is accepted for publication, you will be able to choose from two publication options.

**Open Access** papers are freely available on <http://www.iwaponline.com>. Usage of papers published open access by third parties is defined by the type of Creative Commons user licence selected by the author (see all options on our Open Access page).

A fee is payable for the IWA Publishing Open (open access) option.

**Papers which are not published "open access"** are available to the journal subscribers, as well as developing countries through Research4Life programmes.

No fee is payable by the authors.

Readers without a subscription can pay a one-off fee to download the paper.

## **Language**

Papers must be in good, grammatically correct English, and if your paper cannot be understood it will be rejected. If English is not your native language you should seek the help of a colleague or professional translator.

Have your typescript read by at least two other persons to avoid typing errors.

## **Submission**

Articles should be provided in electronic form (uploaded to our online submission site <http://www.editorialmanager.com/wst/>) and comply with the instructions below.

This journal has no page charges.

## Referees

You are required to submit, with the manuscript, the names and addresses of 3 potential referees that can give an independent review.

## Revision

Major corrections cannot be undertaken by either the editor or the publishers; if your paper is not prepared in accordance with these instructions it may not be considered further. Where requested to do so in the course of the peer review process, authors must revise their papers within one month of the request; otherwise the contribution will be considered withdrawn.

## PREPARATION

### Use of word processing software

The preferred format for electronic versions is Microsoft Word, though we can accept most other word-processing packages in PC or Macintosh formats; however, **please do not supply your typescript as a PDF**. Authors should not add their own macros. Please supply only the final version of your file (with no hidden text), to avoid any risk of old versions of the text being used in error.

The source files of figures will be required whether or not you embed the figures in the main text (see below).

### Article structure

Do not number or letter section headings.

Use line numbering throughout your paper.

Papers should be well structured; **they must comprise:**

- **Title**
- **Short title** of no more than 80 characters
- **Author name(s)**, full postal addresses for each author. Include the e-mail address for the corresponding author only.
- **Abstract:** no more than 200 words briefly specifying the aims of the work, the main results obtained, and the conclusions drawn. Citations must not be included in the Abstract.
- **Keywords:** up to 6 keywords (in alphabetical order) which will enable subsequent abstracting or information retrieval systems to locate the paper.

**Main text:** for clarity this should be subdivided into:

- **Introduction:** describing the background of the work and its aims.
- **Methods:** a brief description of the methods/techniques used (the principles of these methods should not be described if readers can be directed to easily accessible references or standard texts).
- **Results and Discussion:** a clear presentation of experimental results obtained, highlighting any trends or points of interest.
- **Conclusions:** a brief explanation of the significance and implications of the work reported.
- **References:** these should be to accessible sources. Please ensure that all work cited in the text is included in the reference list, and that the dates and authors given in the text match those in the reference list. References must always be given in sufficient detail for the reader to locate the work

cited (see below for formats). Note that your paper is at risk of rejection if there are too few (<10) or too many (>25) references, or if a disproportionate share of the references cited are your own.

**Supplementary Material:** Appendices and other Supplementary Material are permitted, and will be published online only.

For **Review Papers** the organisation of the paper can be different. It is however important that a review is more than a summary of the literature; an in-depth critical discussion is essential for acceptance of a review paper.

### **Nomenclature and Units**

Please take care that all terminology and notation used will be widely understood. Abbreviations and acronyms should be spelled out in full at their first occurrence in the text. In describing wastewater treatment processes authors should consult Corominas *et al.* (2010). New framework for standardized notation in wastewater treatment modelling. *Water Science & Technology*, **61**(4), 841-857.

SI units are strongly recommended. If non-SI units must be used, SI equivalents (or conversion factors) must also be given. Please use the spellings 'litre' and 'metre' (a 'meter' is a measuring instrument).

Please use a decimal point rather than a comma in numbers (i.e. 3.142 not 3,142).

Write equations in dimensionless form or in metric units. Please use italic letters to denote variables (in text or in displayed equations).

### **Artwork**

All figures should be embedded correctly positioned within your Word files, and should also be supplied as separate graphics files in their original formats. EPS, TIFF or PSD formats are preferred. Use a minimum of 300dpi.

The journal is printed in black and white, with colour graphics in the online version. Authors can have figures printed in colour at a cost of £350 per figure.

Figures should appear in numerical order, be described in the body of the text and be positioned close to where they are first cited. Each figure should have a caption which describes the illustration, and that can be understood independently of the main text. The caption should be given in the text, and not on the figure itself.

Make sure all figures and tables will fit inside the text area.

Because figures may be resized in the course of production please use scale bars and not magnification factors.

### **Tables**

Please submit tables as editable text and not as images. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

### **References**

#### **Citations in text**

Use surname of author and year of publication: Jones (2002) or (Jones 2002).

Insert initials only if there are two different authors with the same surname and same year of publication.

Two or more years in parentheses following an author's name are cited in ascending order of year, and two or more references published in the same year by the same author are differentiated by letters a, b, c, etc. For example: Brown (1999, 2002, 2003a, b).

Different references cited together should be in date order, for example: (Smith 1959; Thomson & Jones 2008; Green 2015).

If a paper has been accepted for publication but has not been published the term "(in press)" should be used instead of a date.

If a paper has been submitted but not definitely accepted the term "(submitted)" should be used. If the paper is still being prepared the term "(in preparation)" should be used.

The abbreviation "*et al.*" should be used in the text when there are more than two co-authors of a cited paper.

Please double-check: **every citation in the text must match up to an entry in the reference list and vice-versa.**

### Reference links

We use digital object identifiers (DOIs) to link references to the source material. This can only be done if the data provided in the references are correct. Please be very careful, especially when copying references, to ensure that surnames, journal/book titles, publication year and pagination are all correct. Please include DOIs where available.

### List of References

References should be listed alphabetically at the end of the paper. Although "*et al.*" is preferable in the text, in the list of references all authors should be given.

### Journal reference style:

Zeng R. J., Lemaire R., Yuan Z. & Keller J. 2004 A novel wastewater treatment process: simultaneous nitrification, denitrification and phosphorus removal. *Water Science and Technology*, **50**(10), 163-170.

Note that to unambiguously identify articles published in *Water Science and Technology* before 2008 the issue number as well as the volume number is needed.

**Book reference styles** - (i) article in compilation; (ii) multi-author work; (iii) standard reference;

(iv) report; (v) thesis:

(i) McInerney M. J. 1999 Anaerobic metabolism and its regulation. In: *Biotechnology*, J. Winter (ed.), 2nd edn, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany, pp. 455-478.

(ii) Henze M., Harremoës P., LaCour Jansen J. & Arvin E. 1995 *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*. Springer, Heidelberg.

(iii) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 1998 20th edn, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC,

USA.

(iv) Sobsey M. D. & Pfaender F. K. 2002 *Evaluation of the H<sub>2</sub>S method for Detection of Fecal Contamination of Drinking Water*, Report WHO/SDE/WSH/02.08, Water Sanitation and Health Programme, WHO, Geneva, Switzerland.

(v) Bell J. 2002 *Treatment of Dye Wastewaters in the Anaerobic Baffled Reactor and Characterisation of the Associated Microbial Populations*. PhD thesis, Pollution Research Group, University of Natal, Durban, South Africa.

### Online references

These should specify the full URL for the reference and give the date on which it was consulted. Please check again to confirm that the work you are citing is still accessible:

Alcock S. J. & Branston L. 2000 SENSPOL: Sensors for Monitoring Water Pollution from Contaminated Land, Landfills and Sediment. <http://www.cranfield.ac.uk/biotech/senspol/> (accessed 22 July 2005)

### References in languages other than English

These should be accompanied by an English translation of the article title:

Barjenbruch M., Eler C & Steinke M. 2003 *Untersuchungen an Abwasserteichanlagen in Sachsen-Anhalt im Jahr 2003 (Investigation on wastewater lagoons in Saxony-Anhalt in 2003)*, Report for the Environment Ministry of Saxony-Anhalt, Magdeburg, Germany

### Recommendation of new IWA Notation system for wastewater modelling

*Water Science and Technology* is encouraging its authors to use the new IWA Notation System for wastewater modeling by Corominas *et al.* (2010). To further the widespread use of this notation, IWA Publishing has decided to make this paper open access.

The notation was developed by a group of distinguished modelers out of a WWTmod2008 workshop and is supported by the IWA Task Groups on Good Modelling Practice (GMP), Benchmarking of Control Strategies (BSM), and the Water Environment Federation (WEF) Modeling Expert Group of the Americas (MEGA). It has also received a wide endorsement within the modeling community.

The new notation will help the community to assist in model communication, allow for direct model comparisons, and facilitate understanding of newly developed models. The paper by Corominas *et al.* (2010) aims at standardizing naming rules and provides examples for already published models.

We understand that changing notation is difficult when one has become used to represent concepts in a certain way, but the old notation methods had several shortcomings as a result of the much larger body of knowledge that is now available in comparison to the situation when the original notation was developed (Grau *et al.*, 1987).

The Good Modelling Practice (GMP) Task Group will take on the task to provide assistance with any question that you may have. Please contact the journal office.

Open access link to Corominas *et al.* (2010) paper:

Corominas, L., Rieger, L., Takács, I., Ekama, G., Hauduc, H., Vanrolleghem, P.A., Oehmen, A., Gernaey, K.V., van Loosdrecht, M.C.M. and Comeau, Y. (2010). New framework for standardized notation in wastewater treatment modelling. *Water Science & Technology*, 61(4), 841-857.



Grau, P., Sutton, P. M., Henze, M., Elmaleh, S., Grady, C. P. L., Gujer, W. and Koller, J. (1987). Notation for the use in the description of wastewater treatment processes. *Water Research*, 21(2), 135-139.

## **SUBMISSION CHECKLIST**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Instruction for Authors for further details of any item.

### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

### **Further considerations**

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)

### **Printed version of figures (if applicable) in colour or black and white**

- Indicate clearly whether or not colour or black and white in print is required
- For reproduction in black and white, please supply black and white versions of the figures for printing purposes if necessary

## **AFTER ACCEPTANCE**

### **Use of the Digital Object Identifier**

The DOI is a unique set of letters and numbers which can be used to cite and link to your paper online. The DOI is assigned to your paper when the first proof is generated, and it will not change, meaning you can cite an Uncorrected Proof immediately using the DOI.

### **Proofs**

Proofs will be sent by e-mail to the listed corresponding author. Any corrections must be returned within one week of receipt and should only cover typesetting errors. All corrections must be returned to us in one communication. Proofreading is the sole responsibility of the authors.

### **Offprints**

Upon publication, the Corresponding Author will receive an electronic file of the paper. Additionally, hardcopy offprints can be ordered using the Offprint Order Form, available from IWA Publishing on request.

### **Author's Discount**

IWA Publishing journal authors are entitled to a 25% discount on IWA Publishing books and reports.

### **AUTHOR INQUIRIES**

For further advice please contact:

Journals Manager, IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London SW1H 0QS, UK

Tel: +44 (0)207 654 5500; Fax: +44 (0)207 654 5555; E-mail