

Eixo Temático ET-04-006 - Gestão Ambiental em Saneamento

QUALIDADE DE ÁGUA DE DISTRIBUIÇÃO NO MUNICÍPIO DE DIADEMA-SP - SANED

Roberta Alves Merguizo Chinellato^{1*}, Brunna Del Busso Zampieri², MSc. Vanessa da Costa Andrade², MSc. Sonia Assami Doi², Matheus Maitan Vieira³, Ana Julia Fernandes Cardoso de Oliveira¹

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *Campus* Experimental do Litoral Paulista. ¹Programa de pós-graduação em Biodiversidade Aquática, Universidade Estadual Paulista (UNESP São Vicente); ²Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Microbiologia Aplicada – Universidade Estadual Paulista (UNESP Rio Claro); ³Iniciação científica – Graduação em Biologia Marinha, Universidade Estadual Paulista (UNESP São Vicente); *E-mail: robmerguizo@yahoo.com.br.

RESUMO

O presente trabalho aborda a questão da qualidade de água para consumo humano, disponibilizada pela empresa de saneamento do município de Diadema, estado de São Paulo, durante o período de julho de 2013 a dezembro de 2013. A qualidade necessária à água distribuída para consumo humano é a potabilidade, ou seja, deve ser tratada, limpa e estar livre de qualquer contaminação, seja de origem microbiológica, química, física ou radioativa, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana. Os principais aspectos para determinação da qualidade da água, sendo: coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, bactérias heterotróficas, cloro residual livre, turbidez e cor aparente foram analisados. Foram analisados os dados de 9 sistemas hidráulicos de distintos bairros do município e avaliados de acordo com os limites da portaria do Ministério da Saúde 2914/11. Entre as análises as determinações de coliformes termotolerantes variaram entre ausentes na maioria dos casos e 14 UFC/100 mL⁻¹, as de *Escherichia coli* entre ausentes na maioria das análises e 11 UFC/100 mL⁻¹ e a densidade das bactérias heterotróficas apresentou uma faixa entre 8 UFC/mL⁻¹ e 987 UFC/mL⁻¹. Os resultados das análises demonstraram deficiência na gestão de tratamento e distribuição de água, evidenciadas pelas frequentes falhas de abastecimento. Esperava-se demonstrar uma maior correlação entre os parâmetros biológicos e físico-químicos, porém não foi possível estabelecer correlações fortes. Um fator de destaque é a independência da cor e turbidez em relação aos parâmetros microbiológicos, de modo que a aparência da água não se constitui em um indicativo confiável de contaminação. (CAPES).

Palavras-chaves: Saneamento; Qualidade da água; Análise microbiológica.

INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade da água destinada ao consumo humano é registrada desde 2.000 a.C. (CAMPOS et al., 2003). Hipócrates, o pai da Medicina, já apontava, nos séculos IV e III a.C., a importância da escolha correta dos mananciais de abastecimento, como forma de preservar a saúde da população (APHA, 2011). Mas

somente no século XIX, após ocorrerem inúmeras mortes devido à cólera e outras doenças, é que se estabeleceu correlação entre a água consumida e a transmissão de doenças (TAVARES & GRANDINI, 1999).

A importância hoje, de se tratar a água destinada a consumo é muito maior, pois tem-se o conhecimento de que a água é capaz de veicular grande quantidade de contaminantes químicos e/ou biológicos (e.g. vírus, bactérias, parasitas, hormônios e antibióticos) (TORRES et al., 2000) através de contato direto ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico (CHARRIERE et al., 1996).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) - todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm o direito a ter acesso a um suprimento adequado de água potável e seguro. Segura, neste contexto, refere-se a uma oferta de água que não represente um risco significativo à saúde, que tenha quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, que seja disponível continuamente e que tenha um custo acessível (ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE, 2009).

Essa potabilidade é alcançada mediante várias formas de tratamento (Figura 1), sendo que a mais tradicional inclui basicamente as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação (FREITAS, 2005).

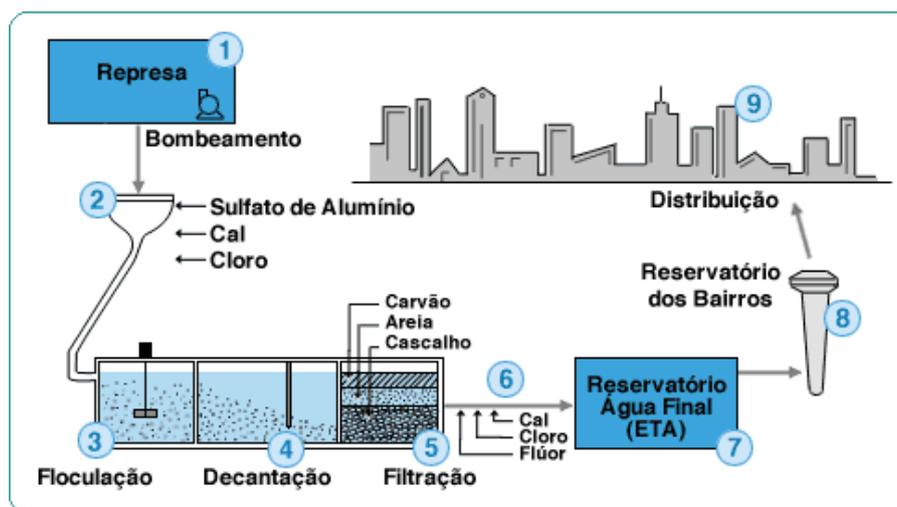


Figura 1. Diagrama do Tratamento de Água (Fonte: SABESP 2015).

O controle de qualidade de água se iniciou na década de 70 com decreto federal 79.367 de 9 de março de 1977 do Ministério da Saúde, que definiu padrões de potabilidade para água, através da portaria nº 56 Bsb 1977, que se constituiu na primeira legislação federal sobre a potabilidade de água para consumo humano editada pelo Ministério da Saúde (FREITAS & FREITAS, 2005).

Existe a preocupação de monitorar as águas de abastecimento público e verificar se as mesmas se encontram em condições de potabilidade de forma que não ofereçam nenhum risco à saúde da população (FREITAS, 2002).

Além da qualidade que chega às torneiras pelo sistema de distribuição há também a preocupação que a qualidade seja preservada nos domicílios e, para tal, os

reservatórios domésticos e filtros devem ser mantidos em condições adequadas para que não venham alterar a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.

A presença de bactérias do grupo coliforme em água potável tem sido vista como um indicador de contaminação fecal relacionado à qualidade da fonte de captação ao tratamento inadequado da água ou a inabilidade de manter o desinfetante residual na água distribuída (LECHAVALLIER et al., 1996).

A presença de coliformes termotolerantes em água e alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração direta de *Escherichia coli*, uma vez que, entre os termotolerantes podemos ter bactérias que não são de origem exclusivamente fecal. (SILVA et al., 2005).

Algumas cepas patogênicas de *Escherichia coli*, com endotoxinas potentes podem causar diarreias moderadas a severas, colite hemorrágica grave e a síndrome hemolítica uremia (SHU) em todos os grupos etários, podendo levar à morte (ZIESE et al., 1996).

As bactérias heterotróficas estão presentes em diversos habitats (e.g. água, nos alimentos, no solo, na vegetação e no ar) e sua contagem pode fornecer uma indicação geral sobre a qualidade microbiológica da água tratada. Quando realizada regularmente, pode demonstrar alterações devido ao armazenamento (recrescimento, formação de biofilme), eficiência dos métodos de tratamento, integridade e limpeza do sistema de distribuição (CETESB, 2011).

Dessa forma, o presente trabalho visou verificar a qualidade microbiológica exercendo valores obtidos pela contagem de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas e através de análises físico-químicas como cloro residual livre, turbidez e cor da água de distribuição que abastece o município de Diadema-SP.

OBJETIVOS

Avaliar a qualidade da água de distribuição do município de Diadema, estado de São Paulo, através dos resultados das análises microbiológicas e físico-químicas realizadas como parte do programa de monitoramento da qualidade da água de distribuição.

Avaliar a gestão ambiental da problemática da distribuição de água do Município de Diadema-SP.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O Município de Diadema está inserido na região do Grande ABCD, na região metropolitana de São Paulo capital. Segundo a Fundação Seade (2013), possuem 392.042 habitantes, sendo a segunda maior densidade demográfica do país com 12.728,64 pessoas por km².

A área do território do município é de 30,8 km², distribuído entre 13 bairros, é dividido pela Rodovia dos Imigrantes (SP-160), localizado à beira da Represa Billings. O município apresenta poucas áreas planas e é cortado por diversos córregos.

A maior parte da rede hidrográfica está orientada para noroeste do Estado de São Paulo, em direção à calha do Tietê, formada por nove córregos que variam de 2 m até 5 m de comprimento e ribeirões.

O Município de Diadema é abastecido pelo sistema de reservatórios da Estação de Tratamento de Água (ETA), e segundo Censo do IBGE (2010), 116.672 domicílios eram abastecidos pela rede geral (99,43%).



Figura 2. Representação do município de Diadema no mapa do Estado de São Paulo, região Sudeste do Brasil. (DIADEMA, 2015).

Coleta de Amostras

Foram selecionados oito sistemas hidráulicos do município de Diadema. A seleção dos sistemas hidráulicos foi de forma aleatória para não comprometer o estudo, tendo a preocupação em selecionar números iguais para cada lado da rodovia e buscando as coletas com maior número de dados possíveis.

A coleta foi realizada intercalando ruas distintas do bairro e mais um hidrômetro do Reservatório Parque Real como referência. As coletas de água foram realizadas pela FUNDESPA (Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas). À época das coletas a rede de distribuição do município era de concessão da empresa SANED e hoje encontra-se sob gestão da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

Os bairros foram divididos por lado esquerdo e lado direito, com relação à localização da Rodovia dos Imigrantes (SP-160).

Do lado direito foram selecionados os sistemas hidráulicos de Eldorado I (A), Centro II (B), Inamar I (C) e Campanário (D).

E do lado esquerdo foram selecionados os sistemas hidráulicos; Casa Grande II (E), Vila Nogueira Baixa (F), Vila São José (G) e Jardim das Nações II (H). O ponto (R) é referente o hidrômetro do Reservatório Parque Real.

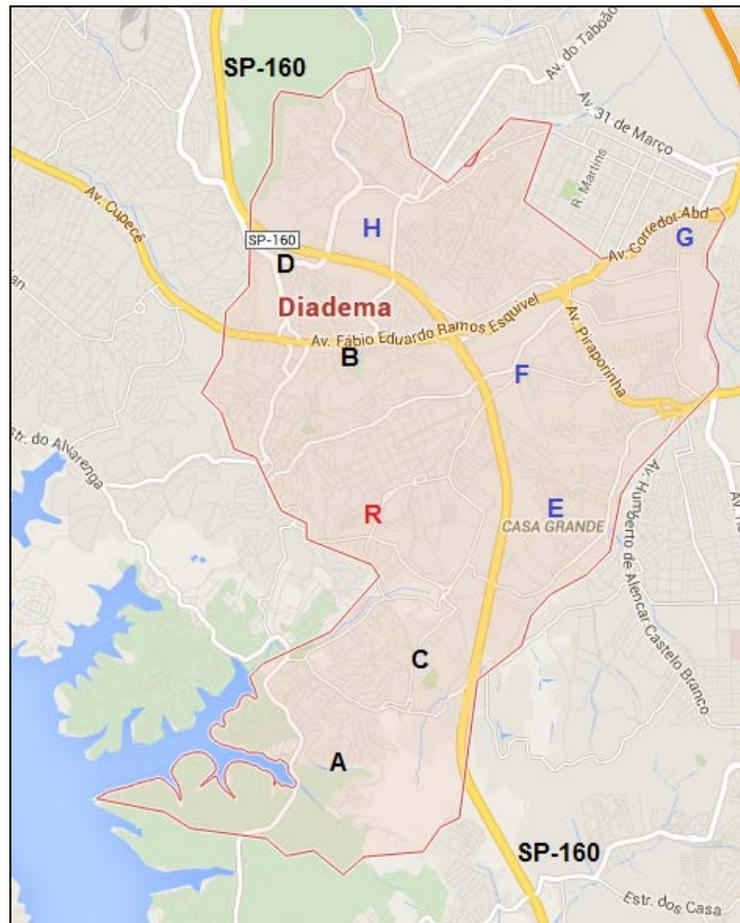


Figura 3. Mapa com a representação dos sistemas hidráulicos e a representação da rodovia dos Imigrantes (SP-160). Fonte: Google maps (adaptado por Roberta Merguizo Chinellato).

A coleta foi realizada utilizando-se como base dos procedimentos do *Standard Methods* (APHA, 2011a) e da Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 para avaliação de qualidade da água. Entretanto o presente estudo utilizou as bactérias heterotróficas, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. As análises físico-químicas foram: cloro livre, cor e turbidez, como indicadores de contaminação.

Foram realizadas coletas semanais durante quatro meses entre agosto e dezembro de 2013.

Procedimentos de coleta na rede de distribuição

A coleta para as análise da água da rede de distribuição foi realizada em torneiras próximas ao hidrômetro dos domicílios ou outras que recebiam água diretamente da rede de abastecimento público, em frascos estéreis, em volumes de 500 mL (para as análises físico-químicas) e em frascos estéreis contendo tiosulfato de sódio e EDTA (para as análises microbiológicas), seguindo-se a metodologia descrita no *Standard Methods* (APHA, 2011a).

As coletas de água, para as análises físico-químicas e microbiológicas, foram realizadas enchendo com pelo menos 3/4 do volume dos frascos, estes foram

posicionados de maneira a não ter contato com a torneira, evitando possíveis contaminações.

No momento da coleta foi realizada a determinação de cloro residual livre com o Clorímetro.

Os frascos contendo as amostras foram identificados e acondicionados em caixas isotérmicas com gelo para manutenção da temperatura na faixa de 2 °C-8 °C.; até chegar ao laboratório para análise. O tempo entre a coleta e a realização da análise não excedeu 24 horas.

Análises microbiológicas

As análises de coliformes termotolerantes e de *Escherichia coli*. foram realizadas pela Técnica de Membrana Filtrante (APHA, 2011) com meios específicos: para os coliformes termotolerantes foi utilizado Mfc Agar (Difco) e para *Escherichia coli*. M-Tec Agar, foram realizados testes de confirmação das colônias. Os resultados foram expressos como Unidades Formadoras de Colônias por 100 mL (UFC 100mL⁻¹). As densidades de bactérias heterotróficas foram determinadas através da técnica de “Pour Plate” com o meio “Agar Plate Count” (Difco), descrita no “Standard Methods” (APHA 2011), os resultados foram expressos como Unidades Formadoras de Colônias por mililitros (UFC mL⁻¹).

Análises físico-químicas

As análises de cloro livre foram realizadas *in loco* com o uso de um Clorímetro marca Hanna, os resultados foram expressos com mg/L de cloro residual livre.

Para as análises de turbidez as amostras de água foram colocadas na cubeta de vidro apropriada, introduzida e posicionada no turbidímetro, a leitura forneceu os resultados em unidade (uT).

As análises de Cor foram realizadas com o uso de um Fotômetro, Os resultados foram expressos diretamente o valor da cor expresso em unidades de cor (uH).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das análises foram todos tratados de acordo com a metodologia descrita no *Standard Methods* (APHA, 2011). Os dados estão apresentados abaixo de acordo com os parâmetros fixados pela Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde (Tabela 1).

Tabela 1. Valores dos limites dos parâmetros de qualidade de água de determinados pelo Ministério da Saúde, Portaria nº 2914/2011.

Parâmetros de qualidade	Limites de qualidade conforme a Portaria 2914/2011
<i>E. coli</i>	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100mL
Bactérias Heterotróficas	500 UFC/mL
Turbidez	5,0 uT
Cor	15uH
Cloro Livre	2,0mg/L

Os resultados apresentaram dentro dos padrões na maioria das análises para coliformes termotolerantes e *E. coli*, estes microrganismos apresentaram valores acima dos limites apenas em três dos oito reservatórios.

Os valores de densidade de bactérias heterotróficas gerados para sistemas hidráulicos do lado direito da rodovia dos Imigrantes mostram que as bactérias apresentam um comportamento dentro dos padrões exigidos por lei, até aproximadamente o ponto 9 (semana out-04), onde houve um aumento significativo na contagem de bactérias (Figura 4).

Esses valores apresentam-se fora do padrão por duas ou mais coletas, com exceção do sistema Campanário, que mesmo tendo um aumento, não extrapolou os padrões. Usou-se como referência o Sistema Reservatório Parque Real e notou-se que a contagem de bactérias heterotróficas do sistema do reservatório no mesmo ponto teve um aumento bastante significativo, no entanto não ultrapassou os limites exigidos por lei.

A relevância do aumento deste ponto muito provavelmente deve-se à falta de gestão no sistema do reservatório, pois a partir deste ponto, todos os outros pontos tiveram um aumento de significância. No ponto que apresenta problemas sabe-se que houve uma grande precipitação na cidade.

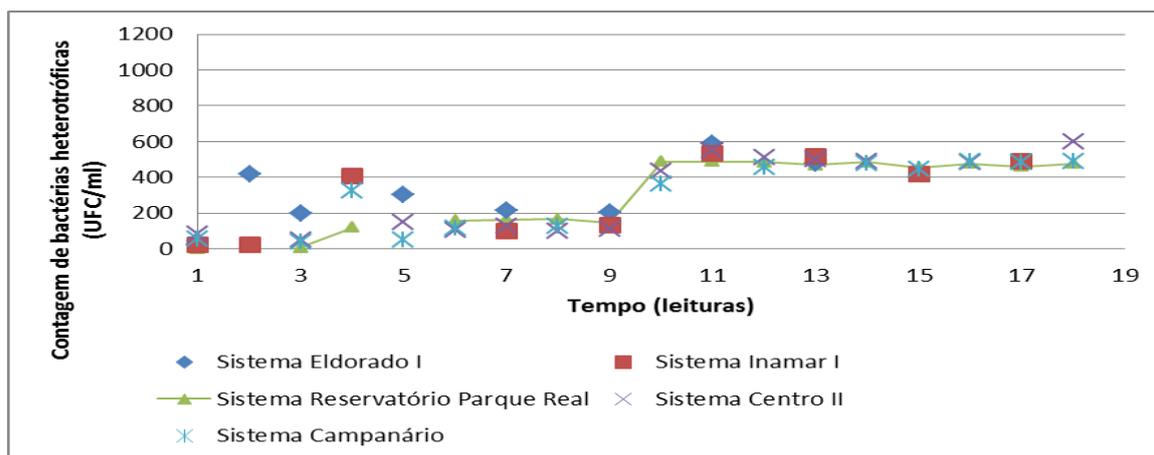


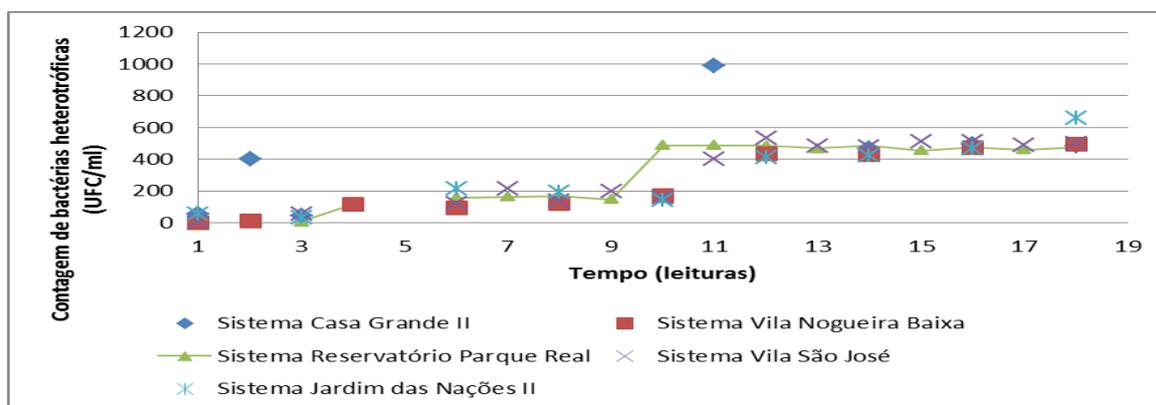
Figura 4. Gráfico com dados de densidade de bactérias heterotróficas no período (semanal) de amostragem nos sistemas hidráulicos presentes no lado direito da rodovia dos Imigrantes.

O sistema hidráulico que apresentou alterações para coliformes termotolerantes e *E. coli* foi Sistema Centro II (Tabela 2), que também apresentou uma alteração de turbidez, mas sem relação com as contaminações, possivelmente o problema de turbidez pode ser explicado pela pluviosidade ou problemas na rede de abastecimento (e.g. problemas de encanamento, obra próxima). Entretanto foi um desacordo pontual. A cor também permaneceu sempre dentro dos limites.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos encontrados durante o período de julho a dezembro/2013 no Município de Diadema no Sistema Centro II.

Semana	Cl livre (mg/l)	Turbidez (uT)	Cor (uH)	Coli termotolerantes (UFC 100 mL ⁻¹)	E. coli (UFC 100 mL ⁻¹)	Heterotróficas (UFC mL ⁻¹)
jul - 04	0,20	0,40		Ausentes	Ausentes	81
ago - 01	2,00	0,50	2	Ausentes	Ausentes	
ago - 02	1,00	0,70	3	Ausentes	Ausentes	48
ago - 03	1,00	5,54	5	Ausentes	Ausentes	
ago - 04	2,00	0,10	2	Ausentes	Ausentes	150
out - 01	0,50	0,25	2	Ausentes	Ausentes	103
out - 02	1,00	0,26	1	Ausentes	Ausentes	128
out - 03	1,00	0,14	1	Ausentes	Ausentes	97
out - 04	1,50	0,40	2	Ausentes	Ausentes	111
nov - 01	1,00	0,49	1	Ausentes	Ausentes	432
nov - 02	1,50	0,14	2	Ausentes	Ausentes	552
nov - 03	1,00	0,53	1	Ausentes	Ausentes	513
nov - 04	0,50	0,40	2	Ausentes	Ausentes	502
dez - 01	1,00	0,33	1	Ausentes	Ausentes	490
dez - 02				sem dados		
dez - 03	1,50	0,19	2	Ausentes	Ausentes	483
dez - 04				sem dados		
dez - 05	0,50	0,22	1	2	Ausentes	598

Em relação aos mesmos dados obtidos para os sistemas hidráulicos do lado esquerdo podemos observar que o ponto 10 (semana nov-01) apresenta um aumento significativo, no entanto este lado apresentou algumas divergências (Figura 5).

**Figura 5.** Gráfico com dados de densidade de bactérias heterotróficas no período de amostragem nos sistemas hidráulicos presentes no lado esquerdo da Rodovia dos Imigrantes.

O sistema Vila Nogueira Baixa, apresentou um aumento significativo, porém dentro dos limites exigidos pela Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde.

O sistema Jardim das Nações II (Tabela 3) apresentou os parâmetros dentro dos limites, mesmo com uma elevação nas contagens de bactérias heterotróficas. Todavia na semana dez-2005 apresentou contagem de coliformes termotolerantes 2 UFC 100mL⁻¹, *E. coli* 1 (UFC 100mL⁻¹) e 657 UFC mL⁻¹ de bactérias heterotróficas, possivelmente esta leitura deve-se à proximidade com dois córregos. Na semana ago-04 houve um aumento na taxa de Cloro livre, que ultrapassou o limite de 2,0 mg/L, ficando em 2,10 mg/L, sem apresentar nenhuma relação com as análises microbiológicas.

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos encontrados durante o período de julho a dezembro/ 2013 no município de Diadema no Sistema Jardim das Nações II.

Semana	Cl livre (mg/l)	Turbidez (uT)	Cor (uH)	Coli termotolerantes (UFC 100 mL ⁻¹)	<i>E. coli</i> (UFC 100 mL ⁻¹)	Heterotróficas (UFC mL ⁻¹)
jul - 04	1,00	0,60		Ausentes	Ausentes	56
ago - 01				sem coleta		
ago - 02	2,00	0,70	2	Ausentes	Ausentes	31
ago - 03	1,50	0,61		Ausentes	Ausentes	
ago - 04	2,10	0,32	2	Ausentes	Ausentes	
out - 01	0,50	0,14	2	Ausentes	Ausentes	217
out - 02	0,50	0,19		Ausentes	Ausentes	
out - 03	1,00	0,13	1	Ausentes	Ausentes	193
out - 04	1,00	0,23		Ausentes	Ausentes	
nov - 01	0,50	0,20	2	Ausentes	Ausentes	145
nov - 02	0,50	0,15		Ausentes	Ausentes	
nov - 03	1,50	0,18	1	Ausentes	Ausentes	412
nov - 04	1,50	0,27		Ausentes	Ausentes	
dez - 01	1,00	0,28	2	Ausentes	Ausentes	421
dez - 02	1,00	0,44		Ausentes	Ausentes	
dez - 03	0,50	0,33	1	Ausentes	Ausentes	466
dez - 04	1,50	0,49		Ausentes	Ausentes	
dez - 05	1,00	0,20	2	2	1	657

O sistema Vila São José ficou fora dos padrões para bactérias heterotróficas por três coletas, no entanto o sistema Casa Grande II (Tabela 4), apresentou sua água imprópria para consumo no período da coleta, pois além de apresentar uma contagem de bactérias heterotróficas de 987 UFC mL⁻¹, também apresentou contagem de coliformes termotolerantes 14 UFC 100mL⁻¹ e *E. coli* 11 UFC 100mL⁻¹.

Tabela 4. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos encontrados durante o período de julho a dezembro/ 2013 no município de Diadema no Sistema Casa Grande II.

Semana	Cl livre (mg/l)	Turbidez (uT)	Cor (uH)	Coli termotolerantes (UFC 100 mL ⁻¹)	E. coli (UFC 100 mL ⁻¹)	Heterotróficas (UFC mL ⁻¹)
jul - 04	1,00	0,60		Ausentes	Ausentes	55
ago - 01	0,60	0,80		Ausentes	Ausentes	401
ago - 02	2,00	0,00	1	Ausentes	Ausentes	43
ago - 03	2,00	0,33		Ausentes	Ausentes	
ago - 04	1,10	0,11		Ausentes	Ausentes	
out - 01	0,50	0,24		Ausentes	Ausentes	
out - 02	1,00	0,13		Ausentes	Ausentes	
out - 03	1,50	0,19		Ausentes	Ausentes	
out - 04	0,50	0,28		Ausentes	Ausentes	
nov - 01	1,00	0,28		Ausentes	Ausentes	
nov - 02	1,00	0,58		14	11	987
nov - 03	1,50	0,45		Ausentes	Ausentes	
nov - 04	1,50	0,56		Ausentes	Ausentes	
dez - 01	1,00	0,12		Ausentes	Ausentes	469
dez - 02	1,00	0,52		Ausentes	Ausentes	
dez - 03	0,50	0,19		Ausentes	Ausentes	497
dez - 04	1,50	0,60		1	Ausentes	
dez - 05	1,00	0,27		Ausentes	Ausentes	485

O sistema Casa Grande II necessitou de recoleta (Tabela 5) devido à presença de coliformes e *E. coli*. A presença de coliformes e *E. coli* muito provavelmente se deve ao fato de que o sistema é cortado por um córrego e que próximo ao dia da coleta a cidade havia tido uma chuva muito forte na região, o que causou a contaminação no sistema de distribuição da rede. No trabalho de CAMPOS *et. al*, 2003 observou-se um sistema de distribuição eficiente no município de Araraquara a 295 Km de Diadema- SP.

Tabela 5. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos para Recoleta no Sistema Casa Grande II.

Data	Cl livre (mg/l)	Turbidez (uT)	Cor (uH)	Coli termotolerantes (UFC 100 mL ⁻¹)	E. coli (UFC 100 mL ⁻¹)	Heterotróficas (UFC mL ⁻¹)
13/11/2013	0,50			0,6	0,1	
21/11/2013	1,00			Ausentes	Ausentes	
27/12/2013	1,50			Ausentes	Ausentes	

Segundo o relatório do INPE 2013 as chuvas variaram de normal à próxima da média no mês novembro de 2013. Contudo áreas de instabilidades, sistemas frontais, concentração de umidade entre outras situações, resultaram em períodos de fortes precipitações com quedas de granizo e diminuições da temperatura durante o mês.

Acredita-se que o volume da precipitação foi de aproximadamente 130 mm para o Município de Diadema no acumulado do mês de novembro.

As chuvas trouxeram muitos transtornos neste período, como cheias das ruas e dos córregos. O fato do município de Diadema apresentar um relevo bastante acidentado auxiliou nas inundações das ruas e dos córregos que cortam o município.

No entanto, os problemas não são apenas as chuvas, mas também a falta de gestão da empresa de saneamento, aliado à inadequação da infraestrutura de saneamento e de sua qualidade, além da existência de córregos sem canalização. O material da rede de distribuição é 58% de ferro fundido, material este, que pode vir a perfurar e/ou rachar. Neste caso as tubulações passam a ser um vetor de contaminação, em caso de chuvas, enchentes ou cheias dos córregos.

Nos sistemas de distribuição, a contaminação da água se dá por diversos fatores associados à descontinuidade do fornecimento, o que determina pressões negativas na rede. A falta de esgotamento sanitário, baixas pressões na rede por problemas operacionais ou de projeto e a ausência ou manutenção inadequada da rede, dos reservatórios de distribuição e, principalmente, das ligações domiciliares de água são os fatores preponderantes de descontinuidade. Nas paredes internas das tubulações das redes de distribuição ocorre o acúmulo de depósitos precipitados, formação de tubérculos, limo bacteriano e biopelículas, onde crescem livremente bactérias e fungos que ficam resistentes à ação bactericida do cloro residual presente na tubulação (MORAES; BORJA; TOSTA, 1999). As oscilações de vazão no interior da tubulação provocam o desprendimento destes materiais, aumentando a cor, turbidez e o ferro na água e favorecendo o consumo do cloro residual pelas bactérias, que por sua vez são mais resistentes à ação deste desinfetante (LAZCANO, 1998; BERZIN *et al.*, 1988). COSTA E SILVA Jr *et al.* (1989) chamam a atenção para o fato de que “a idade, o estado de conservação e os esforços aplicados a certas tubulações causam vazamentos e arrebentamentos, que aumentam a possibilidade de poluição dos mesmos”. A variação do nível d’água no reservatório de distribuição também é indicada como fator que pode comprometer a qualidade da água.

Correlações das análises físico-químicas com os parâmetros microbiológicos

Para a análise de relação entre os parâmetros foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (R).

Devido à natureza dos dados não é possível determinar a correlação entre coliformes termotolerantes e *E. coli* com os parâmetros físico-químicos, desta forma estes parâmetros foram correlacionados apenas com as contagem de bactérias heterotróficas. Apenas 2,55% das amostras apresentaram impróprias devido à presença desses microorganismos.

As análises físico-químicas não apresentaram correlações significativas com a contagem de bactérias heterotróficas, mesmo nos sistemas em que a contagem se apresentou acima do permitido por lei. Não houve problemas com a turbidez ou coloração da água e notou-se que não houve uma diminuição do volume de Cloro livre.

As correlações estão demonstradas na tabela 6, sendo que quando a correlação for negativa está representada em vermelho e quando for positiva está em preto, assim

verifica-se que não apresenta uma tendência positiva ou negativa em nenhum dos sistemas.

Tabela 6. Correlação entre parâmetros físico-químicos e bactérias heterotróficas dos sistemas.

Correlação (R²) entre parâmetros físico-químicos e bactérias heterotróficas			
	Cl livre	Turbidez	Cor
Sistema Eldorado I	0,0129	0,0337	0,0212
Sistema Inamar I	0,2162	0,4091	0,2039
Sistema Reservatório Parque Real	0,0607	0,0509	0,0365
Sistema Centro II	0,0000	0,0103	0,1256
Sistema Campanário	0,0961	0,0001	0,0513
Sistema Casa Grande II	0,1937	0,0561	-
Sistema Vila Nogueira Baixa	0,1384	0,3241	0,0182
Sistema Vila São José	0,1034	0,0001	0,0054
Sistema Jardim das Nações II	0,0441	0,2676	0,0251

O Reservatório Parque Real, sendo o ponto de referência do trabalho, não apresentou contagem de bactérias heterotróficas, coliformes termotolerantes, *E. coli* fora dos limites permitidos por lei. Também não apresentou leitura de cloro livre, turbidez e cor fora dos parâmetros. No entanto, no momento que houve elevação de contagem de bactérias heterotróficas, também houve uma elevação significativa na leitura da turbidez (Tabela 7). Esta leitura se deu num período de fortes chuvas, sendo mais um indicativo de que a rede de distribuição sofreu contaminação nesse período, por tratar-se apenas de uma leitura de turbidez mais elevada (nov-01).

A cor da água permaneceu constante em todo o período de análise, não apresentando correlação com a contagem de bactérias heterotróficas.

O comportamento do cloro livre em relação à contagem de bactérias heterotróficas foi similar ao dos outros pontos, não havendo correlação forte nem pontos de destaque.

Em relação aos sistemas hidráulicos com maiores problemas, temos o sistema Casa Grande II apresentou um dos piores pontos de contagem de bactérias (Tabela 4), apresentando a água imprópria para consumo, no entanto não apresentou problemas com turbidez e a medida de Cloro livre se manteve constante.

A correlação entre Cloro livre e bactérias heterotróficas no sistema Casa Grande II (Tabela 6) é negativa, porém fraca, conforme esperado. Isso demonstra que apesar de haver uma relação com o volume de Cloro usado no tratamento, a maior contribuição de bactérias heterotróficas não está no reservatório ou na água captada, e sim na rede de distribuição.

A turbidez manteve-se constante independente da contagem de bactérias, conforme mostrado na Tabela 6. A correlação entre esses parâmetros é praticamente nula, demonstrando que o aspecto da água não pode ser considerado um bom indicador de contaminação por esse tipo de microrganismo.

No sistema Centro II, observa-se que o aumento da turbidez e da cor em um dos pontos prejudicou a análise das bactérias heterotróficas (Tabela 2). No entanto, nos pontos em que apresenta contagem de bactérias heterotróficas acima do limite permitido e no ponto que apresenta além de bactérias heterotróficas também apresenta contagem de coliformes termotolerantes acima do permitido, tornando a água imprópria, nota-se que a turbidez e a cor mantiveram-se constantes (Tabela 6).

A correlação entre Cloro livre e bactérias heterotróficas neste sistema se mostrou nula (Tabela 6). Observa-se que os valores elevados de bactérias heterotróficas não podem ser atribuídos à falta ou excesso de Cloro livre. O mais provável é que haja problemas na rede de distribuição, agravada por uma forte chuva ocorrida no período de novembro de 2013, que causou transbordamentos dos córregos do município, comprometendo a qualidade da água.

Tabela 7. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos encontrados durante o período de julho a dezembro/ 2013 no município de Diadema no Sistema Reservatório Parque Real.

Semana	Cl livre (mg/l)	Turbidez (uT)	Cor (uH)	Coli termotolerantes (UFC 100 mL ⁻¹)	E. coli (UFC 100 mL ⁻¹)	Heterotróficas (UFC mL ⁻¹)
jul – 04	0,50	0,40		Ausentes	Ausentes	0
ago – 01	2,00	0,40	2	Ausentes	Ausentes	
ago – 02	1,50	0,60		Ausentes	Ausentes	8
ago – 03	1,50	0,37	2	Ausentes	Ausentes	121
ago – 04	0,20	0,15	1	Ausentes	Ausentes	
out – 01	2,00	0,12	1	Ausentes	Ausentes	158
out – 02	1,50	0,33	2	Ausentes	Ausentes	165
out – 03	1,00	0,15	2	Ausentes	Ausentes	166
out – 04	1,00	0,50	1	Ausentes	Ausentes	147
nov – 01	0,50	2,00	2	Ausentes	Ausentes	489
nov – 02	1,00	0,47	1	Ausentes	Ausentes	489
nov – 03	1,50	0,19	2	Ausentes	Ausentes	486
nov – 04	1,00	0,50	1	Ausentes	Ausentes	469
dez – 01	1,50	0,43	2	Ausentes	Ausentes	484
dez – 02	1,00	0,32	1	Ausentes	Ausentes	455
dez – 03	0,50	0,37		Ausentes	Ausentes	478
dez – 04	1,50	0,42	1	Ausentes	Ausentes	460
dez – 05	0,50	0,40	1	Ausentes	Ausentes	477

CONCLUSÃO

A análise dos dados obtidos permite concluir que a qualidade do tratamento de água do município de Diadema é satisfatória, porém há sérios problemas na rede de distribuição. Houve um número considerável de leituras não realizadas pela falta de água, além da rede apresentar indícios de que pode ser contaminada facilmente.

Segundo dados históricos de precipitação, a primeira semana de novembro de 2013 foi muito chuvosa no município, fato que desencadeou enchentes e transbordamentos. Como a rede de distribuição provavelmente apresenta pontos de vazamento, uma quantidade significativa de água acumulada externamente à tubulação tem grande chance de contaminar a água potável que passa dentro dos tubos, afetando diretamente a qualidade da água disponível para a população. Esse efeito é duradouro e difícil de ser combatido, pois ao contaminar a rede o tratamento perde sua eficácia.

A situação se agrava pelo fato da geografia do município ter muitos córregos, quase todos sem canalização, onde é despejada diariamente uma grande quantidade de poluentes. Com os córregos poluídos e obstruídos, a chance de inundações aumenta e a contaminação gera ainda mais problemas a população, podendo causar doenças gastrointestinais.

No período do estudo o município não apresentou nenhum tipo de contingenciamento formal de água. Mesmo assim, algumas coletas deixaram de ser realizadas por falta de água no ponto de amostra. Isso mostra que o município precisa melhorar em grande parte a gestão da sua estrutura hídrica.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. New York: APHA, 2011.

BRASIL. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Legislação para águas de consumo humano. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 dez. 2011. Seção 1.

CAMPOS, J. A. D. B.; FARACHE FILHO, A.; FARIA, J. B. Uso de reservatórios domiciliares e conhecimento da população. **Rev. Alim. Nutr.**, v. 14, n. 2, p. 171-175, 2003.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia de Coleta e Análises de ÁGUA**. São Paulo: CETESB, 2011.

CHARRIERE, G.; MOSSEL, D. A. A.; BEAUDEAU, P. Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of Enterobacteriaceae and of a selection of *Enterococcus* spp. for the official monitoring of drinking water supplies. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 76, p. 336-344, 1996.

COSTA e SILVA Jr et al. Aplicação do controle da qualidade da água em tempo real em sistemas de abastecimento. Anais do 15º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belém, 1989.

DIAS, M. F. F. **Qualidade microbiológica de águas minerais em garrafas individuais comercializadas em Araraquara-SP**. Araraquara: Universidade Estadual Paulista, 2008. (Dissertação de Mestrado em Ciências dos Alimentos).

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano - desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, n. 10, v. 4, p. 993-1004, 2005.

LAZCANO, C. A. Fallas y problemas de la desinfeccion urbana para el simposio sobre calidad de agua: desinfeccion efectiva. **Anais do Simposio Regional Sobre Calidad Del Agua: Desinfección Efectiva**, Lima, 1998.

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.

MORAES, L. R. S; BORJA, P. C.; TOSTA, C. S. Qualidade de água da rede de distribuição e de beber em assentamento periurbano: estudo de caso. **Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Salvador, 1999.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE. Água e Saúde. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/ambiente/UploadArq/água.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2009

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Qualidade da água**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/Default.aspx>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

SILVA, N; NETO, R. C.; JUNQUEIRA A. C. V.; SILVEIRA, A. F. N. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. São Paulo: Varela, 2005.

TAVARES, D.; GRANDINI A. A. Prevalência e aspectos epidemiológicos de enteroparasitoses na população de São José da Bela Vista, S.P. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, v. 32, p. 63-65, 1999.

TORRES, D. A. G. V.; CHIEFFI, P. P.; COSTA, W. A.; KUDZIELICS, E. Giardíase em creches mantidas pela prefeitura do Município de São Paulo, 1982/1983. **Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo**, v. 33, p. 137-141, 2000.

ZIESE, T., ANDERSON, Y., JONG, B., LOFDHAL, S., RAMBERG M. Surto de *Escherichia coli* O157 na Suécia. **Relatório de Investigação de Surtos**, v. 1, n. 1, 10 p., 1996.