

I-156 – ESTUDO COMPARATIVO DAS ÁGUAS ADVINDAS DE RESIDÊNCIAS SERVIDAS POR DIFERENTES TIPOS DE TUBULAÇÕES NAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO EM FORMIGA - MG

Thays Cristina Resende Ferreira⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pelo Centro Universitário de Formiga UNIFOR-MG.

Alex Almeida Magalhães⁽²⁾

Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (1996). Mestre em Química pela Universidade Estadual de Campinas (1999). Doutor em Química Analítica pela Universidade Estadual de Campinas (2003). Professor do Centro Universitário de Formiga - UNIFOR - MG.

Christiane Pereira Rocha⁽³⁾

Engenheira Química pelo Centro Universitário do sul de Minas (UNIS-MG). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia – FEQUI-UFU. Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia (FEQUI-UFU). Professora no Centro Universitário de Formiga (Unifor-MG).

Endereço⁽¹⁾: Rua Amazonas, 9/302 – Sagrado Coração de Jesus - Formiga - MG - CEP: 35570-000 - Brasil - Tel: (37) 3322-5761 / 8812-5461 - e-mail: thayscrf@hotmail.com

RESUMO

O tratamento de água pode ser definido como o conjunto de processos e operações realizados com a finalidade de adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta, com padrão organolepticamente agradável e que não ofereça riscos à saúde humana. Desse modo analisou-se a qualidade da água encontrada na cidade de Formiga – MG a fim de verificar o possível estado e a interferência de diferentes tubulações em cinco pontos diferentes. Realizou-se análises de diversos parâmetros como cor aparente, pH, turbidez, alcalinidade, acidez, temperatura, ferro, manganês, alumínio, dureza, cloreto, cloro, Coliformes totais e *Escherichia coli*. A comparação das análises das águas coletadas nestes cinco pontos pré-determinados, teve como finalidade verificar a possível alteração nesses parâmetros devido ao contato com diferentes tipos de tubulações. A interpretação dos dados obtidos foi feita pelos limites estabelecidos pela Portaria 518/2004 assim comparando os resultados encontrados nos pontos com os obtidos pela estação de tratamento. Os resultados alcançados mostram que o tipo de material da tubulação pode afetar a qualidade da água que chega às residências. Foram feitas modelagens com os dados obtidos na estação de tratamento utilizando parâmetros para estimar a interação entre os fatores no valor de pH. Foram encontrados os valores para pH: 6,8744; 6,8614; 6,8866; 6,8874; 6,9238; 6,7039; 6,9313, 6,8765; 6,9726; 6,8022.

PALAVRAS-CHAVE: Água potável, Diferentes tipos de tubulações em adutoras, Monitoramento da qualidade da água.

INTRODUÇÃO

Até os fins do século XIX, a qualidade da água para consumo humano era, em geral, aferida por sua aparência física. A partir do século XX, depois da ocorrência de vários surtos de doenças de veiculação hídrica e com o avanço do conhecimento científico, tornou-se necessário o desenvolvimento de recursos técnicos, e mais tarde legais, que, traduzissem as características que a água deveria apresentar para ser considerada potável. Assim, a qualidade da água para consumo humano passou a ser estabelecida, com base em valores máximos permitidos (VMP) para diversos contaminantes, ou indicadores da qualidade da água, reunidos em normas e critérios de qualidade de água, ou padrões de potabilidade (CEBALLOS, et al., 2009).

A escassez de água em regiões urbanas faz sofrer grandes contingentes populacionais, limita a atividade econômica, retarda o progresso. Infelizmente, essa é a realidade atual em várias cidades brasileiras, cujo abastecimento se encontra ameaçado por problemas relacionados tanto com a quantidade quanto com a qualidade da água (GONÇALVES, 2006).

Mesmo sendo o Brasil detentor de cerca de 13,7% de toda a água doce superficial, 70% desse recurso se encontram na região amazônica. Nas regiões Norte e Centro-Oeste concentra-se a maior parte dos recursos hídricos do país, onde a densidade populacional é relativamente pequena em comparação com as outras regiões. Em contrapartida, as regiões Sudeste e Nordeste concentram a menor parcela de água e são responsáveis pelo abastecimento de mais de 70% da população brasileira (IDEC, 2002).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que podem oferecer efeitos nocivos sobre seu bem estar (HELLER, 1995). A Constituição Federal dispõe sobre o meio ambiente considerando-o como um direito de todos e bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida (HELLER, 1995).

A Lei Orgânica do Município de Formiga – MG destaca que o Saneamento Básico é uma ação de saúde pública, implicando o seu direito na garantia ao cidadão de abastecimento de água em quantidade suficiente para assegurar a adequada higiene e conforto, com qualidade compatível aos padrões de potabilidade especificados na Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (Prefeitura Municipal de Formiga, 1990).

Dessa forma, pode-se salientar como o saneamento e a saúde pública são de suma importância para o bem estar da população. Por esse motivo, necessita-se de uma gestão dos serviços de saneamento para que as responsabilidades do poder público em relação a esta questão sejam cumpridas. A Resolução do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 357 de 18 de março de 2005, dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

A portaria 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. As normas e critérios de qualidade da água para consumo humano foram estabelecidos na Portaria afim de manter e controlar a qualidade da água mantida e distribuída (BRASIL, 2004).

Para que possa ser consumida, sem apresentar riscos à saúde, ou seja, tornar-se potável, a água tem que ser tratada, limpa e descontaminada, com uso de equipamentos adequados. O tratamento de águas de abastecimento pode ser definido como o conjunto de processos e operações realizados com a finalidade de adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta, isto é, como é encontrada no curso d'água, com padrão organolepticamente agradável e que não ofereça riscos à saúde humana. O padrão é determinado pelos órgãos competentes por intermédio de legislação específica (DI BERNARDO, 2003). No Brasil, a qualidade da água para consumo humano é especificada na Portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde.

O sistema de abastecimento geralmente compreende: captação, adução, recalque, tratamento, reservação e distribuição. Essa sequência portanto não é obrigatória, assim como podem não existir algumas partes (GARCEZ, 1976).

A rede de distribuição é a estrutura do sistema mais integrada à realidade urbana, e a mais dispendiosa. É constituída de um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo água aos pontos de consumo (BARROS, 1995). A distribuição é a principal responsável pelos altos índices de perdas, tanto as físicas como as aparentes, sendo verificados problemas de ordem técnica (PIZA, 2006).

As tubulações ou condutos que formam a rede de distribuição podem ser classificadas em condutos principais, que são os de maior diâmetro e responsáveis pela alimentação dos condutos secundários; e os condutos secundários, que são os de menor diâmetro e abastecem diretamente os pontos de consumo (BARROS, 1995). O sistema de distribuição de água, com adutoras e redes, é em geral o componente mais caro de um sistema de abastecimento, e freqüentemente apresenta mais de 80% das despesas envolvidas. A deterioração das tubulações resulta em custos elevados de manutenção, redução da qualidade de água, reclamações dos consumidores dentre outros (LEAL, 2009). Na rede de distribuição, os materiais mais utilizados são o PVC e o ferro fundido. A escolha do material é feita de acordo com as exigências do projeto como a vazão e a pressão (BARROS, 1995).

Os materiais usados nas tubulações para distribuição da água devem ter algumas características como resistência adequada para absorver as cargas externas resultantes do reaterro das valas e movimento do terreno,

causados por veículos ou pela instabilidade do solo; alta resistência para atender às pressões internas; habilidade para absorver impactos que podem ocorrer no transporte, manuseio e assentamento; paredes internas lisas, resistentes à corrosão; paredes externas que não sejam afetadas por solos agressivos ou água subterrânea; e possibilidade de ser provido com juntas estanques e ser, facilmente, preparado para receber ligações domiciliares (HAMMER, 1979).

Portanto, este estudo objetiva a comparação das análises da água coletada em pontos pré-determinados tendo por finalidade verificar a possível alteração em parâmetros devido ao contato com diferentes tipos de tubulações. Tais análises serão feitas através de estudos que irão comparar os parâmetros da água que saem da estação de tratamento com a dos pontos coletados, tendo por base a portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Muitas estações de tratamento de água brasileiras encontram-se ou trabalhando acima de sua capacidade ou produzindo água com qualidade insatisfatória. Procurando suprir a demanda sempre crescente de água, mantendo sua qualidade, defronta-se com a escassez de recursos. A partir de tal constatação, faz-se necessário que se investiguem em laboratório novas tecnologias, que permitam estudar as inúmeras possibilidades de se obter água em quantidade mantendo a qualidade e custos baixos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A cidade de Formiga localiza-se no Centro Oeste de Minas Gerais e está situada a uma distância de 186 Km da capital do Estado. O relevo do município é predominantemente ondulado com presença de montanhas e a vegetação predominante é a típica do cerrado. O clima tropical com duas estações bem definidas, com temperatura média anual entre 21 e 23°C. O índice pluviométrico anual é de 1272mm. O município se localiza segundo as coordenadas geográficas de 20°27'45" de latitude sul, e de 45°25'40" de longitude oeste. Entre os principais rios destacam-se o Rio Santana, Rio Mata Cavalo e Rio Pouso Alegre. Entretanto, o mais importante rio da cidade é o Rio Formiga, que se forma a cerca de 5 km da região central da cidade, a partir da confluência de 2 outros rios: Rio Padre Trindade e Ribeirão Boa Vista (Prefeitura Municipal de Formiga).

No município de Formiga o tratamento é feito pelas seguintes etapas: captação, adução, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e reservação.

PONTOS COLETADOS

Na avaliação da qualidade e do controle da água observou-se basicamente, o cumprimento do padrão de potabilidade da água para abastecimento humano, além de investigação e monitoramento de fatos relacionados a anormalidades do padrão de qualidade da água.

A área abrangida neste estudo inclui os bairros Santa Tereza, Santa Luzia, Engenho de Serra e Centro que se situam em área urbana do município de Formiga – MG. As coletas foram feitas nas ruas Jovino Mendes do bairro Centro, Praça da Matriz do bairro Centro, Ides Edson de Resende no bairro Engenho de Serra, Padre Leão João Dehon no bairro Santa Tereza e Cristóvão Sorragi no bairro Santa Luzia.

Foram escolhidos estes cinco pontos de coleta (FIG. 1) na cidade de Formiga por possuírem diferentes tipos de tubulações, são elas: de ferro fundido antiga, de ferro fundido mais nova, uma rede mista de ferro fundido e PVC, uma de PVC, e a de tubulação mais precária de ferro fundido.

- Ponto 1 – tubulação de ferro fundido mais antiga
Local: Praça da Matriz que é da rede do Rosário
- Ponto 2 – tubulação de ferro fundido mais precária
Local: Rua Jovino Mendes que é da rede do Rosário
- Ponto 3 – tubulação mista de ferro fundido e PVC
Local: Bairro Santa Tereza que é da rede do Cristo
- Ponto 4 – tubulação de PVC
Local: Bairro Engenho de Serra da rede do próprio bairro
- Ponto 5 – tubulação de ferro fundida mais nova
Local: Bairro Santa Luzia da rede do próprio bairro
(Informações cedidas pelo funcionário do SAAE José Omero).

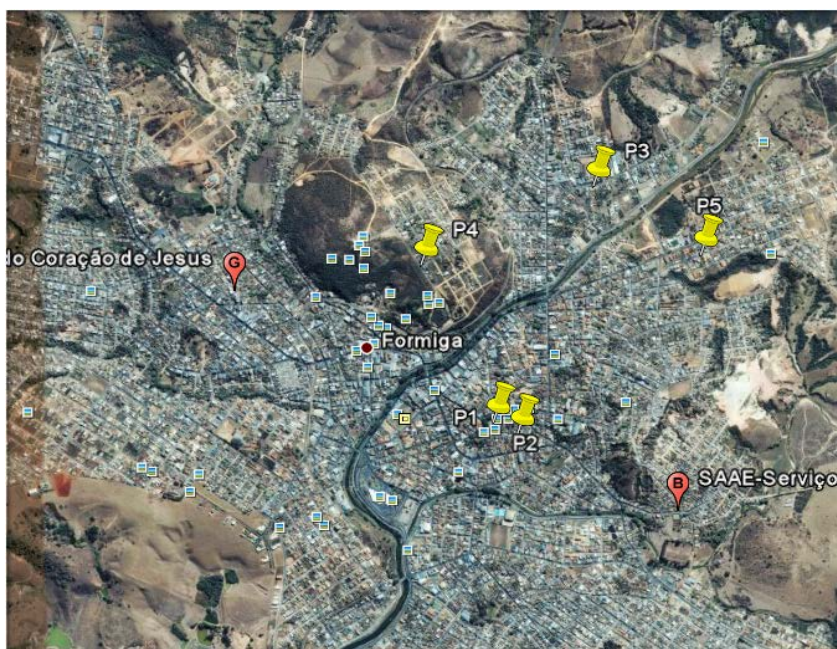


Figura 1: Pontos de amostragem escolhidos

O sistema de distribuição de água em Formiga é feito para reservatórios localizados em pontos estratégicos da cidade, são eles: Engenho de Serra, Cidade Nova, Picolé, Maringá, Mangabeiras, Novo Horizonte, Novo Santo Antonio, Rosário, Santa Luzia, Nossa Senhora de Lourdes, Ércio Rocha, Alvorada.

No Bairro Rosário o reservatório é de caixa de alvenaria e tem capacidade de 800 m^3 . Possui duas redes adutoras de ferro fundido, uma com diâmetro de 200 mm e a outra com 150 mm sendo que sua extensão é de aproximadamente 750 m. A sua distribuição é de ferro fundido com diâmetro de 150 mm e a extensão é de 600 m até a Praça da Matriz e de 700 metros até a Rua Jovino Mendes.

No Bairro Santa Tereza (Cristo) o reservatório é de caixa de alvenaria com capacidade de 600 m^3 . Sua rede adutora é de 200 mm de diâmetro e sua extensão é de aproximadamente 1400 m, sendo que 400 m são de ferro fundido e os outros 1000 m são de PVC. A sua distribuição é de PVC com diâmetro de 150 mm e sua extensão até o ponto coletado é de 100 m.

No Bairro Santa Luzia o reservatório é de caixa de alvenaria e tem capacidade de 100 m^3 . Sua rede adutora tem diâmetro de 150 mm de ferro fundido e outra parte de 85 mm de PVC e sua extensão é de 600 m de ferro e PVC. A sua distribuição tem diâmetro de 75 mm e é de PVC, com extensão de 200 m até o ponto coletado.

No Bairro Engenho de Serra o reservatório é de taça metálica e tem capacidade de 80 m^3 . Sua rede adutora tem diâmetro de 110 mm e extensão de 800 m de PVC. A sua distribuição é de 75 mm de diâmetro e extensão de 400 m de PVC até o ponto coletado.

AMOSTRAS COLETADAS

As coletas das amostras foram feitas nos dias: 09 de abril, 29 de abril, 14 de maio, 10 de junho, 24 de junho, 07 de julho, 29 de julho, 11 de agosto, 02 de setembro e 15 de setembro do ano de 2010; obtendo um total de 10 amostras que foram coletadas às 7 horas da manhã nessas respectivas datas.

Para a coleta foram utilizados alguns materiais, que foram: caixa de isopor para conservação das amostras, frascos de plásticos de 500 ml padronizados e esterilizados, frascos de vidro para coleta das amostras microbiológicas e caneta.

Durante a coleta, os frascos foram lavados com a própria água da torneira para garantir que não houvesse interferência nos resultados e somente após esta lavagem é que a amostra foi coletada, enchendo as garrafas completamente e imediatamente fechando-as e colocando-as na caixa de isopor para conservação.

Todas as análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas no mesmo dia da coleta, pela autora deste trabalho no laboratório de análises do SAAE de Formiga.

INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A interpretação dos dados foi feita pelos limites estabelecidos pela Portaria 518/2004, assim comparando os resultados encontrados nos pontos com os obtidos pela estação de tratamento.

Para a realização deste trabalho, os dados obtidos nas análises foram tabulados no programa *Microsoft Excel*, versão 2010 e a partir destes, foram elaborados gráficos para facilitar o entendimento.

De posse dos dados das análises, foi possível proceder às interpretações que levaram aos resultados e conclusões, de acordo com os objetivos propostos.

PARÂMETROS ANALISADOS

O monitoramento foi exercido para os parâmetros determinados abaixo como também as metodologias utilizadas:

- Cor – medida direta no aparelho Multiparametro
- Turbidez – medida direta em turbidímetro
- pH – medida direta no pHmetro
- alcalinidade – método titulométrico
- acidez – método titulométrico
- temperatura – medida no pHmetro
- alumínio – medida no aparelho Multiparametro
- ferro e manganês – medida no aparelho Multiparametro
- cloreto – método titulométrico
- dureza – método titulométrico
- cloro – medida no aparelho Multiparametro
- *Escherichia coli* e coliformes totais – método dos tubos múltiplos

MODELAGEM REALIZADA

Foi feito um estudo fatorial em relação aos dados coletados entre os dias 09/abril e 15/setembro de 2010 utilizando o programa de modelagem *Modreg* na qual se executa em DOS. Neste programa inseriu-se os dados de entrada e em outra tela inseriu-se os dados de saída (NETO, 2003).

As modelagens foram feitas com os dados obtidos na estação de tratamento de água de Formiga - MG (SAAE). Na primeira modelagem utilizou-se os parâmetros turbidez, alcalinidade e acidez, já na segunda temperatura, alumínio e ferro, e na terceira cloreto, dureza e cloro, afim de realizar uma estimativa de pH considerando todos os parâmetros em valores não escalonados. Salienta-se que o parâmetro manganês não foi utilizado por não ter resultados detectados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras coletadas para a realização deste trabalho apresentaram algumas diferenças entre si devido a diferença nas tubulações. Assim, os resultados obtidos nos cinco pontos foram comparados com os parâmetros que saíam da estação de tratamento e verificados se estavam em conformidade com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados das 10 coletas realizadas foram utilizados para obter um gráfico dos resultados desses parâmetros citados anteriormente para maior entendimento.

Cor aparente

A cor foi obtida em Unidade Internacional de Hanzen (uH), que é o mesmo que 1mgPt-Co/L (concentração de platina e cobalto da água).

Percebe-se que, comparando os valores dos pontos 2 (Jovino Mendes), 3 (Santa Tereza) e 4 (Engenho de Serra) com o valor da água que saiu da estação de tratamento, estão bem acima do esperado. Isso pode ser explicado devido ao fato das tubulações apresentarem algum tipo de contaminação devido ao seu material. No ponto 2, onde a rede é de ferro fundido mais antigo observamos que chegou a 22 uH. No ponto 3, onde a rede é mista sendo uma parte de PVC e a outra de ferro fundido obtivemos um valor de 49 uH. No ponto 4, onde a rede é toda de PVC obtivemos um valor de 25 uH. No ponto 2,3 e 4 tivemos uma das análises que ultrapassou o limite estabelecido pela portaria 518/2004. É importante salientar que a análise de cor é muito sensível podendo ter tido alteração devido a qualquer fator não identificado. Apesar de não apresentar risco direto à saúde a alteração obtida pode colocar em questionamento a confiabilidade do tratamento.

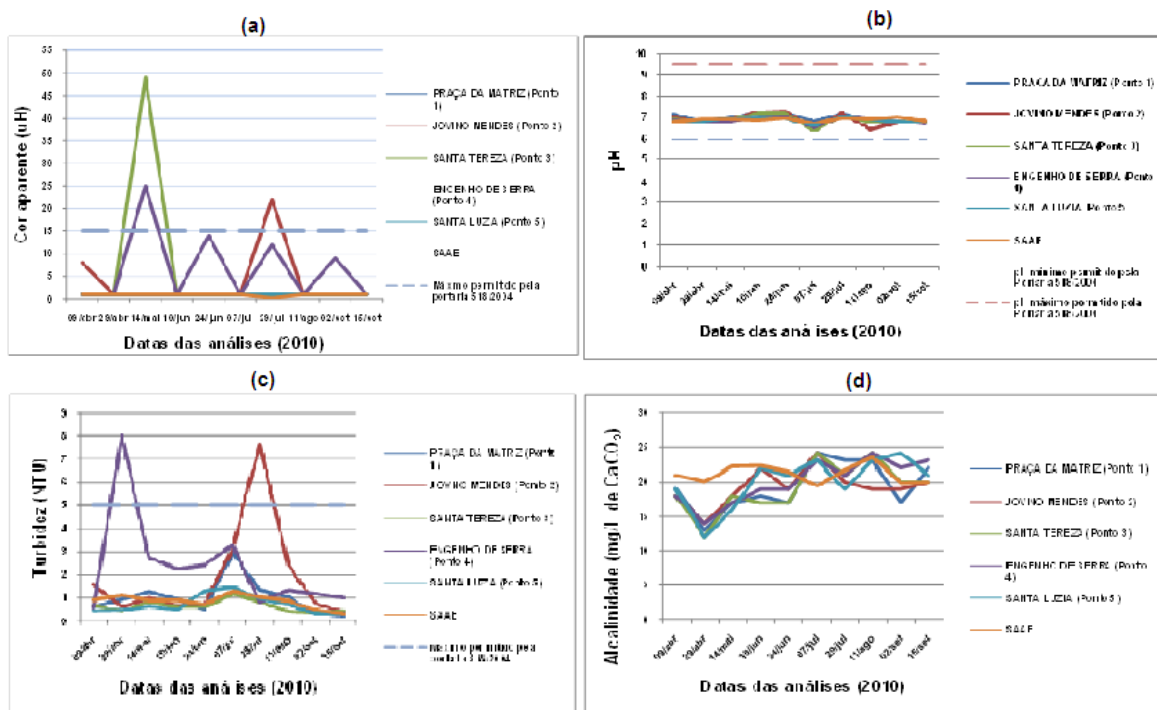


Figura 2: Resultados das análises para os parâmetros: Cor aparente (uH) (a), pH (b), turbidez (NTU) (c) e alcalinidade (mg/L de CaCO_3) (d) nas dez diferentes datas analisadas para as redes de distribuição em estudo

pH

No presente trabalho observa-se que todos os pontos analisados obtiveram um pH dentro do máximo e mínimo estabelecidos pela portaria 518/2004. Comparando os pontos com o pH da água que saiu da estação, percebemos que estes apresentaram a mesma faixa de valores.

Turbidez

Nas análises realizadas neste trabalho, é possível perceber a diferença dos pontos 2 (Jovino Mendes) e 4 (Engenho de Serra) em relação aos demais. No ponto 2 (Jovino Mendes) a turbidez chegou em 7,6 NTU, e no ponto 4 (Engenho de Serra) chegou a 8 NTU. Esse fato pode ser explicado por significar que há presença de sólidos em suspensão nessas redes de ferro fundido mais precárias e a rede toda de PVC levando em consideração outros fatores que podem ter interferência. Os pontos 1 (Praça da Matriz), 3 (Santa Tereza) e 5 (Santa Luzia) apresentaram a mesma faixa de valores que observamos na saída da estação de tratamento.

A turbidez pode estar sendo causada por compostos tóxicos e organismos patogênicos, pondo em risco a saúde da população.

Alcalinidade

Os resultados encontrados para alcalinidade mostra-nos que é um parâmetro com valores praticamente constantes. Observa-se que os pontos seguiram a faixa de valores que saem da estação de tratamento. O valor máximo de 24 mg/L de CaCO_3 foi atingido por todos os pontos em uma das análises e a menor alcalinidade foi de 12 mg/L de CaCO_3 no ponto 5 (Santa Luzia). Não há na portaria 518 de 2004 um padrão para alcalinidade nas águas de abastecimento por não ter significado sanitário.

Acidez

Nos resultados obtidos para acidez, podemos perceber que o maior valor obtido foi 6,7 mg/L de CaCO_3 no ponto 1 (Praça da Matriz) que apresenta rede de ferro fundida e este valor foi quase alcançado pelos pontos 2 (Jovino Mendes) e 3 (Santa Tereza) que apresentam redes de ferro fundido mais antigo e uma parte da rede de ferro fundido e PVC, respectivamente. A acidez mais baixa foi encontrada no ponto 2 (Jovino Mendes) de 1,3 mg/L de CaCO_3 . Não há na portaria 518 de 2004 um padrão estabelecido para a acidez nas águas de abastecimento por ter pouco significado sanitário. Em termos de tratamento e abastecimento público de água a acidez e o pH estão inter-relacionados. Se o pH for maior que 8,2 temos ausência de CO_2 livre. Se o pH estiver entre 4,5 e 8,2 teremos acidez carbônica, e se estiver menor que 4,5 teremos acidez por ácidos minerais fortes que usualmente são resultantes de despejos industriais (VON SPERLING, 2005).

Contudo a acidez encontrada nas análises neste caso, não está relacionada com o pH, tão pouco com a alcalinidade pois estes parâmetros mantiveram-se estáveis. Os resultados mais altos de acidez deveu-se ao alto consumo de água, pois a ETA opera sobrecarregada não possibilitando a troca gasosa e assim a água fica com alta concentração de gás carbônico. A adição de hidróxido de cálcio diminui um pouco a acidez, porém não podemos dosar mais pelo motivo de a água alcalina se tornar incrustante.

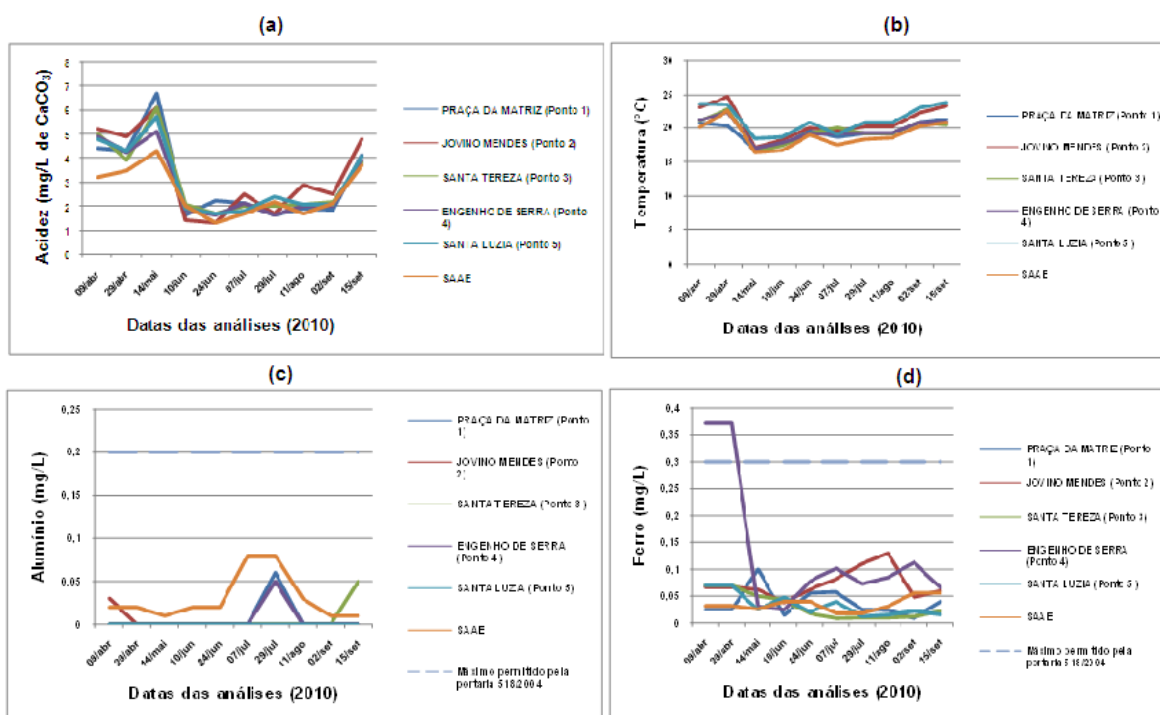


Figura 3: Resultados das análises para os parâmetros: Acidez(mg/L de CaCO_3) (a), temperatura (°C) (b), Alumínio (mg/L) (c) e Ferro (mg/L) (d), nas dez diferentes datas analisadas para as redes de distribuição em estudo

Temperatura

Observa-se que nos meses de maio a agosto, a temperatura esteve abaixo da média dos 20°C devido a estação do inverno no município de Formiga. Nos outros meses a temperatura esteve dentro da média dos 23°C. Na portaria 518 de 2004 não há um padrão estabelecido para a temperatura, assim variando de acordo com a

região onde a água está sendo tratada. Observa-se que o valor mínimo obtido foi de 16,4°C na saída da estação de tratamento e o máximo foi de 24,8°C no ponto 2 (Jovino Mendes) onde a rede é de ferro fundido mais precário.

Alumínio

Observa-se que na saída da estação de tratamento encontramos os maiores valores para alumínio, 0,08 mg/L. Felizmente, todos os resultados para alumínio estão em conformidade com a portaria 518/2004 que estabelece padrão máximo de 0,2 mg/L. Obtivemos no ponto 1 (Praça da Matriz) um valor de 0,06 mg/L onde a rede é de ferro fundido. No ponto 3 (Santa Tereza) onde a rede é parte de ferro fundido e parte de PVC e no ponto 4 (Engenho de Serra) onde a rede é de PVC, encontramos 0,05 mg/L. No ponto 2 (Jovino Mendes) onde a rede é de ferro fundido mais precária obtivemos 0,03 mg/L. Neste trabalho foi realizada análises em todas as amostras, entretanto não foi detectado a presença de alumínio em algumas das amostras, levando em consideração o limite de quantificação que é de 0,01 mg/L.

Ferro

Observa-se que a maioria dos valores de ferro obtidos estão em conformidade com a portaria 518/2004. O maior valor encontrado foi de 0,371 mg/L no ponto 4 (Engenho de Serra) onde a tubulação é de PVC. O menor valor encontrado foi de 0,009 mg/L no ponto 1 (Praça da Matriz) onde a rede é de ferro fundido, e no ponto 3 (Santa Tereza) onde a rede é parte de ferro fundido e parte de PVC. Percebe-se que os valores de ferro encontrados podem ter tido alguma alteração que não foi possível ser identificada e salientado que o limite de quantificação é de 0,001 mg/L.

Manganês

Podemos perceber que os maiores valores para manganês encontrados foram 0,1 mg/L nos pontos 1 (Praça da Matriz), 2 (Jovino Mendes), 3 (Santa Tereza) e 4 (Engenho de Serra). Todos os valores encontrados estão dentro dos padrões estabelecidos pela portaria 518/2004, que é 0,1 mg/L. Neste trabalho foi realizada análises em todas as amostras, entretanto não foi detectado a presença de manganês em algumas das amostras, levando em consideração o limite de quantificação que é de 0,1 mg/L.

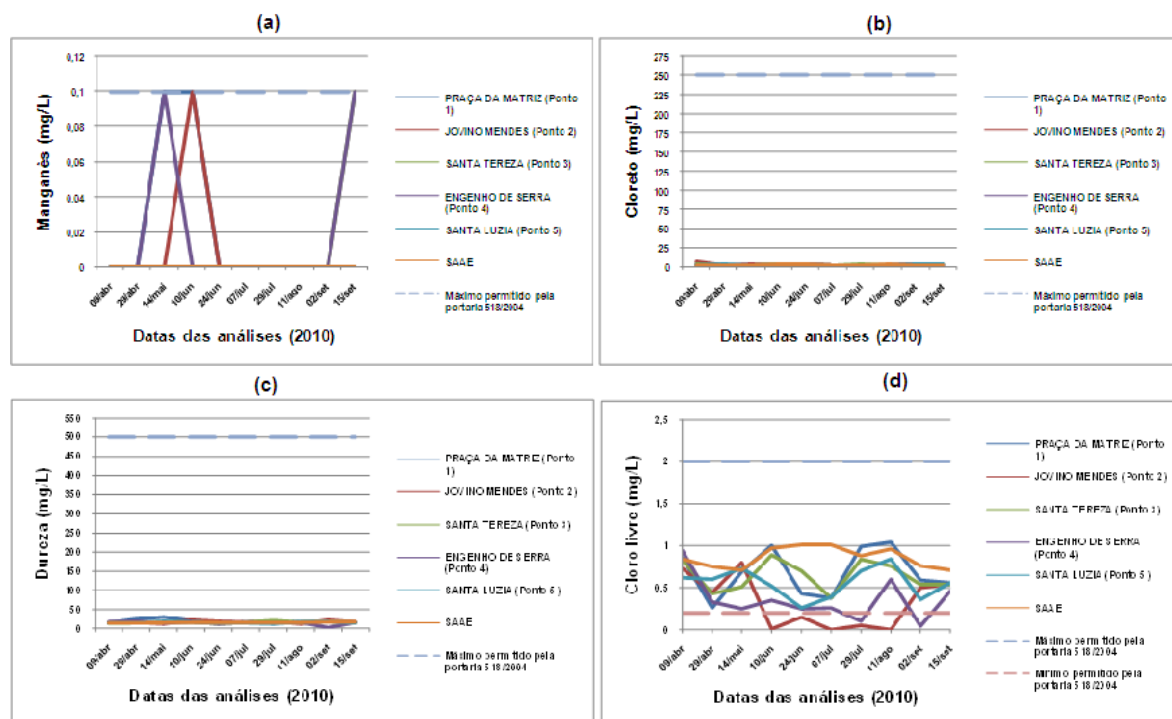


Figura 4: Resultados das análises para os parâmetros: Manganês (mg/L) (a), Cloreto (mg/L) (b), Dureza (mg/L em sais de Ca e Mg) (c), Cloro residual livre (mg/L) (d), nas dez diferentes datas analisadas para as redes de distribuição em estudo

Cloreto

Observa-se nas análises de cloreto que todas estão dentro dos limites da portaria 518/2004 que é de 250 mg/L. O menor valor encontrado foi de 1,6 mg/L no ponto 3 (Santa Tereza) onde a tubulação é parte de ferro fundido e parte de PVC, e 1,6 mg/L no ponto 5 (Santa Luzia) onde a rede é de ferro fundido. O maior valor encontrado para cloreto foi de 6,4 mg/L no ponto 2 (Jovino Mendes) onde a tubulação é de ferro fundido mais precária. Os outros valores e pontos obtiveram a mesma média que saiu da estação de tratamento.

Dureza

Nas análises de dureza observa-se que todas as análises feitas estão em conformidade com a portaria 518/2004, na qual tem padrão estabelecido de 500 mg/L em sais de Ca e Mg. O maior valor para dureza encontrado foi de 30 mg/L em sais de Ca e Mg no ponto 1 (Praça da Matriz), que é considerada uma água mole por ter menos que 50 mg/L de CaCO_3 , na qual a tubulação é de ferro fundido mais antiga. O menor valor encontrado foi de 12 mg/L em sais de Ca e Mg nos pontos 2 (Jovino Mendes), 3 (Santa Tereza), 4 (Engenho de Serra) e 5 (Santa Luzia).

Cloro

Os resultados para cloro obtidos neste trabalho foram bastante variados. O menor valor encontrado foi de 0 mg/L no ponto 2 (Jovino Mendes) onde a tubulação é de ferro fundido mais precária. O maior valor encontrado foi de 1,04 mg/L no ponto 1 (Praça da Matriz) onde a tubulação é de ferro fundido. Os outros pontos variaram bastante a maioria das vezes acompanhando as alterações da estação de tratamento. A maioria das análises estão dentro dos padrões estabelecidos pela portaria 518/2004, que tem como mínimo 0,2 mg/L e máximo 2 mg/L. Alguns valores, como no ponto 2 (Jovino Mendes) e no ponto 4 (Engenho de Serra), deram abaixo do limite permitido. Esse fato pode ter acontecido por fatores como não obediência do tempo ou contato mínimo pode ter feito com que a água não tenha o limite mínimo exigido.

Coliformes totais e *Escherichia Coli*

No monitoramento das análises microbiológicas para Coliformes totais e *Escherichia coli* nos pontos observados encontrou-se em todas o resultado de ausência para tais micro-organismos.

MODELAGEM REALIZADA

Na matriz 1 foi inserida os resultados obtidos na estação de tratamento (SAAE) dos parâmetros turbidez (x_1), alcalinidade (x_2) e acidez (x_3) para que fosse estimado a influência sobre o pH (Inf. pH). Os resultados gerados para a modelagem foram:

Tabela 1: Resultados encontrados na modelagem

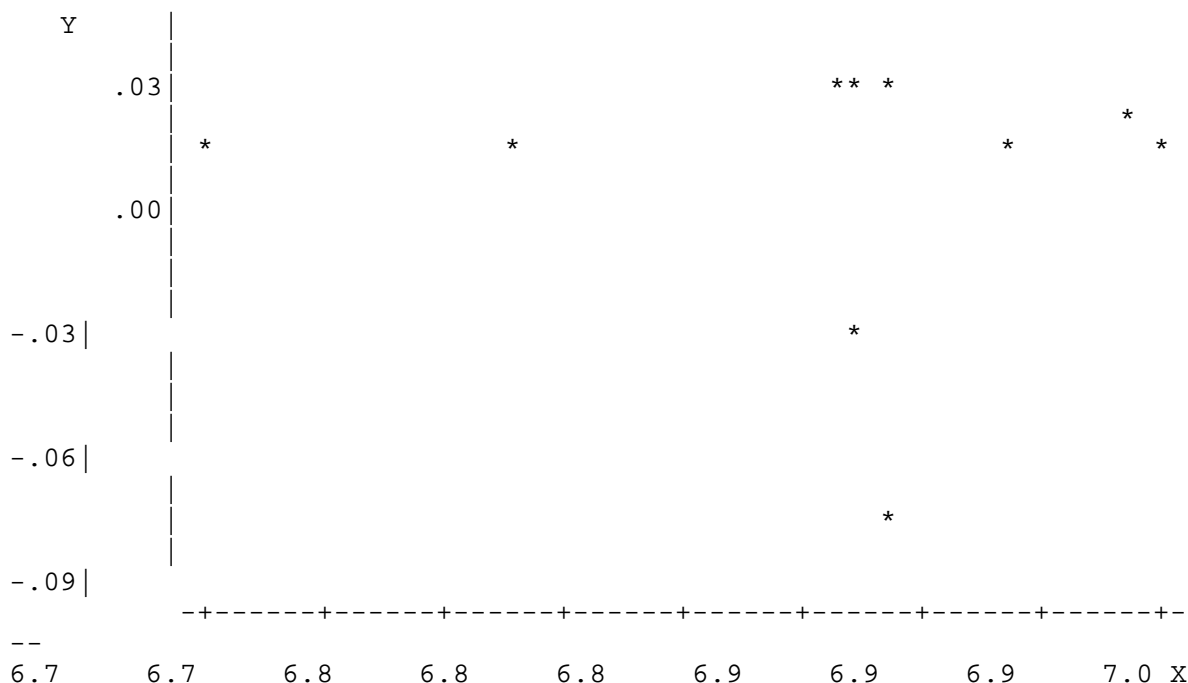
ENSAIO	RESPOSTA	RESPOSTA PREVISTA	RESÍDUO
1	6.7900	6.8744	-0,08445
2	6.8900	6.8614	0,02865
3	6.9100	6,8866	0,02344
4	6.8500	6,8874	-0,03740
5	6.9300	6,9238	0,00619
6	6.7100	6,7039	0,00609
7	6.9500	6,9313	0,01875
8	6.9000	6,8765	0,02354
9	6.9800	6,9726	0,00738
10	6.8100	6,8022	0,00776

Na modelagem gerou-se coeficientes, na qual obteve-se a Equação (1).

$$\text{Inf. pH} = 8,07X_1 + 0,37X_2 + 6,27X_3 - 0,43X_1X_2 - 7,29X_1X_3 - 0,32X_2X_3 + 0,37X_1X_2X_3 \quad (1)$$

A modelagem gerou um gráfico dos resíduos (eixo y) contra as respostas previstas (eixo x).

GRAFICO DOS RESIDUOS CONTRA AS RESPOSTAS PREVISTAS



Percebe-se que a turbidez (x_1) interfere no pH de forma a aumentá-lo, já a alcalinidade (x_2) também interfere mas em menor grau. A acidez (x_3) interfere de forma a aumentar o pH. As interações entre turbidez (x_1) e alcalinidade (x_2) afetam negativamente a resposta, contudo com pouca significância matemática, já a interação entre a turbidez (x_1) e acidez (x_3) afetam negativamente com significância maior. A alcalinidade (x_2) e acidez (x_3) juntas interferem negativamente e a interação entre a turbidez (x_1), alcalinidade (x_2) e acidez (x_3) interferem positivamente a resposta do pH. Essa modelagem explica 81,95% de tudo o que acontece em relação ao pH envolvendo as variáveis turbidez, alcalinidade e acidez.

Na matriz 2 e 3 inseriu-se os resultados obtidos na estação de tratamento (SAAE) para os parâmetros temperatura (x_1), alumínio (x_2) e ferro (x_3) e, cloreto (x_1), dureza (x_2) e cloro (x_3), respectivamente. Foram realizadas modelagens de todas as formas possíveis e observou-se que não existe modelagem para essas matrizes, devido ao fato de não existir relação entre as variáveis ou o número de experimentos teria sido insuficiente para estabelecer qualquer relação entre tais parâmetros.

CONCLUSÕES

Uma vez realizada a amostragem da água em cinco pontos diferentes e, posteriormente as análises dos parâmetros de qualidade propostos neste trabalho, observou-se que os tipos de tubulações podem interferir nos mesmos.

Assim, como era proposto avaliar a qualidade dessas águas que chegam nas residências por diferentes tipos de tubulações, nota-se que em cada ponto fatores como tipo de material possa ter causado algum tipo de interferência nos resultados.

Os parâmetros como cor, pH, turbidez, alcalinidade, acidez, temperatura, alumínio, ferro, manganês, cloreto, dureza e cloro, observados encontraram-se dentro das normalidades esperadas. As análises microbiológicas como coliformes totais e *Escherichia coli* apresentaram o resultado de ausência por ser água tratada.

A modelagem foi feita de forma a comparar o quanto os parâmetros interferem na estimação do valor para pH. Na primeira modelagem o parâmetro que interfere mais no valor para pH é a turbidez, na segunda e terceira não foi possível estabelecer a relação pois o número de experimentos não foram suficientes ou não existe relação entre as variáveis.

Espera-se que este trabalho seja somente o primeiro passo para o monitoramento da qualidade da água que chegam às residências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, R. T. V.; et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. vol. 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
2. BRASIL, Leis, decretos, etc... Resolução CONAMA nº 357, de 18 de março de 2005.
3. BRASIL, Leis, decretos, etc... Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25 de março de 2004.
4. CEBALLOS, Beatriz Suzana Ovruski, et al. Tratamento de Água para consumo humano: panorama mundial e ações do Prosab. In: PÁDUA, Valter Lúcio de. **Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Cap.1.
5. DI BERNARDO, Luiz. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta**. Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003.
6. GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2ªed. São Paulo: Editora Blucher, 1976.
7. GONÇALVES, Ricardo F. **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
8. HAMMER, Mark J. **Sistemas de Abastecimento de água e esgotos**. Cap. 7, p. 238-311. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.
9. HELLER, Léo. Saneamento e o Município. In: BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos, et AL. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Cap. 1, p. 13-32. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
10. IDEC (2002) - Consumo sustentável: **Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ Disponível em: <http://www.idec.org.br/esp_ma_manualconsumo.asp>. Acesso: 08 set. 2010.
11. LEAL, Felipe Gautério. **Determinação do tempo ótimo de substituição de tubulações de sistemas de abastecimento de água**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2009. Disponível em: <<http://www.resan.ufsc.br/~funasa/data/downloads/TCC%20Felipe%20Gauterio.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2010.
12. NETO, Benício de Barros; SCARMINIO, Ieda Spacino; BRUNS, Roy Edward. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.
13. PIZA, Francisco José de Toledo. Uma proposta de indicadores. In: GALVÃO JÚNIOR, Alceu de Castro; SILVA, Alexandre Caetano da. **Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto**. Cap.6. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda, 2006.
14. PREFEITURA MUNICIPAL DE FORMIGA. **Lei Orgânica do Município de Formiga Estado de Minas Gerais**. Câmara Municipal de Formiga, mar/1990. Disponível em:

- http://www.formiga.mg.gov.br/index.php?base_principal=base&id_busca=176&id_base=55&tag=LEI+ORGÂNICA+DO+MUNICÍPIO+DE+FORMIGA Acesso em: 08 ago. 2010.
15. PREFEITURA MUNICIPAL DE FORMIGA. **Dados geográficos do Município.** Disponível em: http://www.formiga.mg.gov.br/index.php?base_principal=base&id_base=13 Acesso em: 08 set. 2010
16. VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. 3ª ed