

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE JUÍNA/MT

Fernanda Firmini de Lima Souza*, Simone Silva Hiraki, Josiane de Brito Gomes

* Licenciada em Ciências Biológicas – IFMT Campus Juína. e-mail: ferfirmini13@hotmail.com

RESUMO

Este estudo propôs verificar a qualidade da água ofertada pelo sistema de abastecimento público do município de Juína/MT, cujo órgão responsável é o Departamento de Água e Esgoto Sanitário (DAES/Juína) que atende 80% da população do município. Para a realização desse trabalho foram analisados dados mensais da qualidade da água ao longo do sistema de distribuição já processados pelo DAES, no período de abril de 2015 a março de 2016. As amostras foram coletadas pela equipe do departamento em pontos escolhidos aleatoriamente entre os setores da cidade. Os parâmetros de qualidade analisados foram pH, cor aparente, turbidez, cloro residual livre, cloreto, dureza total, ferro total, nitrato, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Com o intuito de verificar as possíveis variações espaciais e sazonais, foi realizada a análise de variância em nível de 1% e 5% de probabilidade. As possíveis diferenças encontradas foram comparadas por meio de teste de Tukey, também em nível de 5% de probabilidade. Os resultados das análises foram comparados com os valores máximos permitidos apresentados na Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, buscando verificar se há conformidade com os padrões legais que garantem a potabilidade da água de abastecimento. Os resultados denotaram que na maioria dos dados analisados houve conformidade com a legislação, porém o parâmetro cloro residual livre precisa ser melhor controlado, pois apresentou teor abaixo do permitido em alguns pontos, o que torna a água susceptível à contaminação microbológica. Verificou-se influência da sazonalidade para os parâmetros cloro residual livre, nitrato e turbidez. Outro fator relevante é o plano de amostragem adotado pelo DAES, o qual precisa ser revisto, pois apresenta número e frequência de amostragem inadequado para representar o município. Outro ponto desfavorável observado foi o não monitoramento de *Escherichia coli*, que constitui um dos parâmetros microbiológicos obrigatório, por ser o indicativo mais seguro de contaminação fecal. Conclui-se com esse estudo que a integridade da água ofertada não pode ser realmente assegurada, visto que foram observadas algumas inconsistências nos laudos e no plano de amostragem realizado pelo DAES. Diante de tais fatos é necessária uma adequação por parte da empresa responsável pela oferta de água tratada bem como um controle mais rigoroso por parte dos órgãos de vigilância.

PALAVRAS-CHAVE: água para consumo humano, controle da qualidade, sistema de abastecimento

INTRODUÇÃO

Atualmente são conhecidas inúmeras doenças associadas ao consumo de água com baixa qualidade, essa transmissão hídrica pode ocorrer por diversos patógenos e contaminantes. Seguindo este pressuposto, é importante que o tratamento da água seja realizado de forma adequada, garantindo os padrões de potabilidade definidos na legislação vigente, sendo esta a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. É importante destacar que em algumas circunstâncias, o tratamento é eficaz, mas a água pode perder a sua qualidade ao longo do sistema de distribuição, constituído pelos reservatórios e redes.

Assim, torna-se imprescindível uma avaliação da qualidade da água em todo o sistema de abastecimento, com o intuito de verificar possíveis falhas e garantir a potabilidade da água até aos pontos mais remotos do sistema. Assim sendo, o presente estudo surgiu da necessidade de se ampliar a abordagem que fundamenta a prática do controle da qualidade da água de abastecimento público, cujo objetivo é centrado na coleta e análise de amostras por todo o sistema, adotando-se uma visão abrangente da qualidade da água tratada que está chegando às residências.

OBJETIVOS

Avaliar a qualidade da água tratada, verificando possíveis variações nos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos ao longo do sistema de distribuição do município de Juína/MT; Comparar os resultados com os padrões de potabilidade apresentados na Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde; Averiguar a representatividade do plano de amostragem adotado no município, verificando a sua conformidade com o número mínimo de amostras e frequência exigida na legislação.

METODOLOGIA

Foram analisados os dados mensais da qualidade da água ao longo do sistema de distribuição do município de Juína - MT, no período de abril de 2015 a março de 2016, já processados pelo órgão responsável por mantê-lo o abastecimento de água do município, o Departamento de água e Esgoto Sanitário (DAES). As amostras foram coletadas mensalmente pela equipe do departamento em pontos escolhidos aleatoriamente entre os setores da cidade, adotando-se a regra de cinco amostras por coleta.

Os parâmetros de qualidade analisados foram pH, cor aparente, turbidez, cloro residual livre, cloreto, dureza total, ferro total, nitrato, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, coliformes totais, coliformes termotolerantes.

Os dados dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos na saída da Estação de Tratamento de Água (ETA) e no cavalete das residências nas diferentes zonas amostradas foram comparados quantitativamente, por meio de análise de variância, em nível de 5% de probabilidade, para identificar as variações nos valores encontrados nas quatro diferentes áreas do município e em duas épocas do ano (períodos de seca e chuvoso). Dessa forma, adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, representado por quatro zonas e dois períodos temporais. As possíveis diferenças encontradas foram comparadas por meio de teste de Tukey, também em nível de 5% de probabilidade.

Os resultados cujos coeficientes de variação (CV) ultrapassaram 30% foram transformados para $\sqrt{\quad}$ ou $\sqrt{+1}$ conforme necessidade, mantendo a homocedasticidade e normalidade dos dados. Os resultados das análises foram comparados com os valores máximos permitidos apresentados pela Portaria nº 2.914/2011, permitindo o cálculo das possíveis diferenças absolutas e relativas encontradas.

O plano de amostragem adotado pelo município foi analisado com o intuito de verificar a sua conformidade com os requisitos mínimos contidos na legislação atual. Para isto, foram analisados os anexos XII e XIII da Portaria 2.914/2011, que apresenta o número mínimo de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento. Com base nos números mínimos de amostras para garantir a representatividade da população do município, foi calculada a quantidade de amostras dos diferentes parâmetros para o sistema de distribuição do município de Juína.

RESULTADOS

Os resultados das análises do monitoramento da qualidade da água para análise qualitativa em sua maioria apresentaram oscilações consideradas normais, mantendo-se abaixo dos valores máximos permitidos apresentados na Portaria nº 2.914/2016 para os parâmetros pH, cor aparente, turbidez, cloreto, dureza total, ferro total, nitrato, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, coliformes totais e coliformes termotolerantes, sugerindo que não houve contaminação por nenhuma fonte externa.

No entanto, apesar da conformidade dos demais parâmetros, a concentração de cloro residual livre na saída da ETA e no sistema de distribuição, apresentou resultados relevantes a serem analisados de forma cautelosa. A Tabela 1 apresenta os resultados das análises de cloro residual livre no período de abril de 2015 a março de 2016.

Tabela 1. Análise do parâmetro cloro residual livre da água de abastecimento público do município de Juína – MT, Brasil, no período de abril de 2015 a março de 2016.

| Cloro Residual Livre (mg/L) | | | | | | | VMP* |
|-----------------------------|------|---------|---------|---------|---------|-------|--------|
| Mês | ETA | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 | Média | |
| Abr | 1,2 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,76 | 5 mg/L |
| Mai | - | - | - | - | - | - | |
| Jun | 0,67 | 0,72 | 0,53 | 0,75 | 0,92 | 0,7 | |
| Jul | 0,3 | <0,01 | <0,02 | 0,81 | 0,2 | 0,4 | |
| Ago | 1,25 | 1,26 | 0,73 | 0,79 | 1,22 | 1,1 | |
| Set | 0,06 | 0,53 | 0,59 | 0,5 | 0,16 | 0,4 | |
| Out | 1,3 | 1 | 0,8 | 1,3 | 0,5 | 1,0 | |
| Nov | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 1,0 | |
| Dez | 1,2 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,5 | 0,8 | |
| Jan | 1,2 | 0,9 | 0,3 | 0,8 | 1 | 0,8 | |

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| Fev | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| Mar | 1 | 1,5 | 0,5 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | |

*O VMP expressa o valor máximo permitido apresentado na Portaria 2.914/2011.

Fonte: Dados da pesquisa da autora (2016).

A Portaria 2.914/2011 elucida que na saída do tratamento é necessário que haja uma quantidade mínima de 0,5 mg/L de cloro residual livre; nas redes e reservatórios este valor mínimo é de 0,2 mg/L. Já o valor máximo permitido é de 5 mg/L. Concentrações inferiores ao preconizado pela portaria de potabilidade tornam a água de abastecimento susceptível ao desenvolvimento de colônias de micro-organismos patogênicos, o que implicaria em problemas na saúde pública.

Ao analisar a Tabela 1, observa-se uma conformidade com os valores mínimos e máximos necessários para a garantia de manutenção de potabilidade para a maioria dos meses e pontos amostrados. Não obstante, nota-se que os meses de julho e setembro de 2015 apresentaram valores de cloro residual livre abaixo da quantidade mínima necessária na saída da estação de tratamento que é de 0,5 mg/L de cloro, conforme estabelecido na Portaria 2.914/2011, com níveis de 40% e 88% respectivamente, abaixo do mínimo necessário.

Denotou-se também, valores inferiores ao estabelecido para redes e reservatórios nos pontos 2 (aproximadamente 98 % abaixo do necessário) e 3 (aproximadamente 96 % abaixo do necessário) no mês de julho. Mesmo com os valores reduzidos as amostras indicaram ausência de coliformes, mantendo a potabilidade da água, nos locais em que as amostras foram coletadas. Contudo, é válido ressaltar que com quantidades tão reduzidas de cloro a potabilidade não pode ser assegurada devido às inúmeras formas de contaminação existentes ao longo do sistema de distribuição.

De forma abrangente, todos os parâmetros mantiveram-se dentro do preconizado pela legislação brasileira na, o que denota que o tratamento de ciclo completo realizado pelo DAES tem apresentado eficácia, garantindo a potabilidade de água, o que assegura segurança, saúde e bem estar da população abastecida.

Os resultados da análise de variância dos dados nas diferentes zonas amostradas e nas épocas do ano, em nível de 5% e de 1% de probabilidade e estão apresentados na Tabela 2. Os parâmetros cloreto e cor apresentaram diferença significativa nas diferentes zonas, em nível de 1% de probabilidade, no caso da cor, e de 5%, no caso do cloreto. Tais diferenças indicam que houve alteração na sua concentração nas diferentes localidades.

Tabela 2. Resumo da análise de variância com valores de F para cloreto, cloro residual, cor, dureza, ferro, nitrato, pH, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos e turbidez nas zonas e épocas analisadas e sua interação.

| Fontes de variação | GL ^a | Cloreto | Cloro residual | Cor | Dureza | Ferro | Nitrato | pH | Sólidos totais | Sólidos totais dissolvidos | Turbidez |
|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| Zonas | 3 | 3,55* | 1,6 ^{ns} | 4,94** | 0,79 ^{ns} | 0,89 ^{ns} | 1,03 ^{ns} | 0,33 ^{ns} | 1,67 ^{ns} | 1,37 ^{ns} | 0,32 ^{ns} |
| Épocas | 1 | 1,29 ^{ns} | 4,84* | 1,07 ^{ns} | 2,07 ^{ns} | 3,03 ^{ns} | 18,59* | 2,93 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 3,26 ^{ns} | 4,86* |
| Zonas* Épocas | 3 | 1,17 ^{ns} | 1,63 ^{ns} | 0,70 ^{ns} | 0,74 ^{ns} | 0,76 ^{ns} | 1,06 ^{ns} | 0,46 ^{ns} | 0,64 ^{ns} | 1,99 ^{ns} | 0,69 ^{ns} |
| CV (%) | | 25,21 ¹ | 22,56 ¹ | 28,5 ² | 15,37 ¹ | 4,55 ² | 13,92 ² | 7,63 | 17,71 ¹ | 17,77 | 17,97 ² |
| Média | | 7,97 | 0,8 | 1,77 | 30,19 | 0,1 | 0,38 | 6,81 | 75,25 | 29,11 | 0,54 |

^a Graus de liberdade; * e ** indicam valores de F significativos a $p \leq 0,05$ e $p < 0,01$; ^{ns} indica valores de F não significativos em nível de 0,05; ¹ valor obtido a partir de dados transformados para \sqrt{x} ; ² valores obtidos a partir de dados transformados para $\sqrt{x+1}$.

Fonte: Dados da pesquisa da autora (2016).

Tais diferenças apresentadas foram corroboradas pelo teste de Tukey em nível de 0,05. A Tabela 3 apresenta os valores médios para os teores de cloreto e cor nas zonas analisadas, sendo que os valores seguidos de letras distintas na coluna diferem significativamente entre si.

Tabela 3. Valores médios para os teores de cloreto e cor nas zonas analisadas.

| Zonas | cloreto (mg/L) | cor (uH) |
|--------|----------------|----------|
| Zona 1 | 6,20 b | 2,71 a |
| Zona 2 | 7,03 ab | 2,53 a |
| Zona 3 | 10,17 a | 0,33 b |
| Zona 4 | 8,50 ab | 1,52 ab |

Valores médios seguidos de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05
 Fonte: Dados da pesquisa da autora (2016).

A análise de variância corroborada pelo teste de Tukey (Tabelas 2 e 3) apresentou diferenças significativas entre as zonas do município, para os parâmetros cor e cloreto. Tais diferenças indicam que houve alteração na sua concentração nas diferentes localidades.

No entanto, é importante considerar que a amostragem realizada pelo DAES não foi satisfatória. Os pontos amostrados mensalmente não são os mesmos, não havendo uma quantidade satisfatória de dados de um mesmo ponto para inferir com um grau satisfatório de confiança. As zonas divididas são compostas por bairros extensos, com características distintas de extensão, declividade, uso e ocupação do solo, não exprimindo a realidade. Assim sendo, a análise das diferenças espaciais é comprometida por essas inconformidades na logística de amostragem. Uma análise eficaz da variação espacial dos parâmetros da qualidade será possibilitada com uma amostragem adequada, que abranja uma maior quantidade de pontos e com uma frequência apropriada.

Os parâmetros cloro residual e turbidez apresentaram diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso, em nível de 5% de probabilidade. O nitrato também variou significativamente entre os períodos, em nível de 1% de probabilidade, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios para os teores de cloro residual, nitrato e turbidez no período de seca e chuvoso.

| Período | Cloro residual (mg/L) | Nitrato (mg/L) | Turbidez (uT) |
|---------|-----------------------|----------------|---------------|
| Seca | 0,70 b | 0,65 a | 0,76 a |
| Chuvoso | 0,89 a | 0,12 b | 0,33 b |

Valores médios seguidos de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05
 Fonte: Dados da pesquisa da autora (2016).

As análises estatísticas indicaram diferenças sazonais significativas para os parâmetros cloro residual, turbidez e nitrato, não obstante, os valores não ultrapassam o limite permitido (Tabela 4). O nitrato e turbidez mais elevados na seca podem ser decorrentes da menor disponibilidade hídrica no rio, o que aumenta a concentração desses componentes. Com o início das chuvas, a quantidade desses componentes não aumenta, mas a quantidade de água sim, o que altera a sua concentração no meio. O monitoramento da qualidade da água bruta é imprescindível para verificar estas alterações e implementar melhorias no sistema de tratamento da água.

Para o parâmetro cloro residual livre constatou-se um aumento significativo no período chuvoso, tal acréscimo é corroborado pela afirmativa do DAES de que nesta estação é utilizado um teor maior de cloro no processo de desinfecção por acreditarem que a água bruta esteja com uma pior qualidade. Medidas como esta são justificáveis somente quando há constatação por meio das análises da qualidade da água bruta.

Tais alterações decorrentes da sazonalidade devem ser consideradas mediante análise da água bruta, revisando-se constantemente as dosagens de produtos a serem aplicadas no tratamento diante das alterações constatadas, para que se tenha além de uma água tratada de melhor qualidade, um melhor uso de produtos utilizados na estação de tratamento.

Na portaria de potabilidade encontra-se nos anexos XII e XIII a tabela com os valores mínimos de amostras e a frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento. O primeiro parâmetro observado no anexo XII é a cor, onde o número mínimo é de 1 análise a cada duas horas na saída da ETA e no mínimo 10 amostras mensais para uma população abastecida menor que 50.000 habitantes.

Constata-se que essa quantidade não é adotada adequadamente pelo DAES. Como visto nos dados apresentados anteriormente são analisados mensalmente apenas quatro pontos entre os bairros da cidade, mais a saída de estação de

tratamento, descumprindo o estabelecido na portaria. Já no pós tratamento da água, o departamento informou que é realizada a medição da cor a cada hora, cumprindo até acima do que é exigido.

O pH e o fluoreto devem ser mensurados a cada duas horas na saída da ETA e sua medição é dispensada no sistema de distribuição. A princípio não é feito controle de fluoreto devido o DAES não empregar esta etapa no tratamento. Com relação ao pH, é feito um controle interno também a cada uma hora imediatamente após o tratamento. No sistema de distribuição, mesmo sendo dispensado pela portaria, é realizado o monitoramento mensal em quatro pontos do município.

Para os parâmetros cloro residual livre e turbidez, é exigido na saída da ETA, no mínimo uma análise a cada duas horas, este requisito tem sido cumprido devidamente pela entidade responsável, visto que as análises são realizadas a cada uma hora. Todavia, para o sistema de distribuição, conforme preconizado no § 3º do art. 41, em todas as amostras coletadas para análises microbiológicas, deve ser efetuada medição de turbidez e de cloro residual livre. Assim sendo, o número de amostras mensais para análise dos parâmetros turbidez e cloro será igual o número de amostras para análise dos parâmetros microbiológicos.

Para garantir a representatividade de um município com população na faixa de 20.000 a 250.000 habitantes, o número mínimo de amostras para análise microbiológica no sistema de distribuição é de $30 + 1$ para cada 2.000 habitantes. O município de Juína possui 39.688 habitantes (IBGE, 2010), assim, seguindo o proposto pela portaria, é possível obter o número mínimo de 50 análises mensais para os parâmetros microbiológicos, cloro residual livre e turbidez (Equação 1).

Número mínimo = $30 + 1$ para cada 2000

Número mínimo = $30 + 19,84$

Número mínimo = ≈ 50 amostras

equação (1)

A análise do padrão de amostragem adotado no município denota que para alguns parâmetros, não há número e/ou frequência adequada de coleta e análise, não sendo possível garantir que a água de abastecimento esteja potável.

Para os parâmetros turbidez, cloro residual livre e coliformes termotolerantes, a quantidade de amostras empregada em Juína não atende o número mínimo necessário para garantir a representatividade do município, estando em inconformidade com a legislação vigente. Na saída de ETA também é observado uma insuficiência no monitoramento dos parâmetros microbiológicos, visto que na prática é realizada uma análise mensal, e para o cumprimento do requisito legal, seriam necessárias pelo menos duas amostras semanais.

Outro fator relevante consiste no fato de a Portaria 2.914/2011 considerar obrigatório o monitoramento específico de coliformes totais e *E. coli*, e o município analisa os parâmetros coliformes totais e termotolerantes. A *E. coli* é a bactéria do grupo coliformes mais específica do intestino de animais de sangue quente, sendo, portanto, o indicativo mais seguro de contaminação fecal. A ascendência fecal da *E. coli* é incontestável, o que valida o seu papel de indicador preciso na identificação de águas contaminadas, seja ela tratada ou de origem natural (FUNASA, 2014).

Para o monitoramento dos demais parâmetros, é necessária apenas uma amostra semestral na saída da estação de tratamento, dispensando análises no sistema de distribuição quando não detectado nenhuma alteração na saída da ETA. Apesar de esta frequência de amostragem ser a aceita pela portaria, é bastante insuficiente e não exprime a realidade, sobretudo das condições sazonais.

Assim, constata-se que para a maioria dos parâmetros físico-químicos, o DAES realiza análises, tanto na saída da ETA, quanto no sistema de distribuição, com maior frequência do que o mínimo necessário proposto pela portaria da potabilidade. Em contrapartida, o departamento tem deixado de investir em análises, sobretudo no sistema de distribuição, de outras variáveis determinantes à garantia da qualidade da água e da saúde pública, como a cor, turbidez, cloro, coliformes totais e *E. coli*.

CONCLUSÕES

Conclui-se com este trabalho que a maioria dos parâmetros analisados encontram-se dentro do limite estipulado pela legislação. No entanto, alguns pontos desfavoráveis precisam ser adequados, como o plano de amostragem que



apresenta algumas falhas e inconsistências de acordo com o exigido pela portaria de potabilidade e a não medição de parâmetros obrigatórios como *E. coli*. Diante de tais fatos a qualidade da água ofertada não pode ser assegurada.

O caráter preventivo é um desafio aos órgãos e profissionais de vigilância de qualidade da água visto que esse controle é dinâmico, sendo realizado ao mesmo tempo em que a água é tratada e distribuída. Contudo, é importante que a entidade responsável pelo tratamento de água do município de Juína, reveja seu plano de amostragem e adeque seu monitoramento para que não haja falhas na coleta de dados a serem analisados, visto que, este é o único meio de se ter uma garantia da qualidade da água ofertada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. p.112. Disponível em: < http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf >. Acesso em: 14 fev. 2016.
2. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 29 jan. 2016.
3. DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO SANITÁRIO – DAES. **Relatos autorais**. Juína/MT, 2016.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Infográficos: dados gerais do município**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510515&search=mato-grosso%7Cjuina>>. Acesso em: 01 mar. 2016.