

ALESSANDRO ESPÍNDOLA ESCOBAR

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS TUBULARES
NA REGIÃO URBANA DE CHAPECÓ - SC

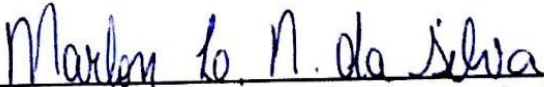
Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Federal da
Fronteira sul.

Orientador: Prof. Dr. Arlindo Cristiano Felipe

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e
aprovado pela banca em: 04 / 12 / 2014

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Arlindo Cristiano Felipe - UFFS


Prof. Me. Marlon Luiz Neves da Silva - UFFS


Prof. Me. Leandro Bassani - UFFS

Análise da qualidade da água de poços tubulares na região urbana de Chapecó - SC

Alessandro Espíndola Escobar*
Arlindo Cristiano Felipe**

Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar a qualidade da água de poços tubulares na região urbana de Chapecó, através da determinação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, seguindo as orientações da *American Public Health Association* (APHA), e da legislação vigente quanto aos padrões de potabilidade, constantes na Portaria nº 2.914, do Ministério da Saúde (MS), de 12 de dezembro de 2011. Foram realizadas três coletas em três poços da cidade, denominados Ponto A, Ponto B e Ponto C, considerando que o acesso à água nesses locais é livre à população, a qual procura por uma água de qualidade para o consumo. As análises consistiram na avaliação dos parâmetros de temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, cor aparente, condutividade elétrica, alcalinidade total, acidez, dureza total, cloretos, coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia Coli*). Os resultados obtidos para a água do Ponto A estiveram de acordo com a legislação, sendo recomendado seu uso para consumo humano. No Ponto B, os resultados das análises com relação aos parâmetros de Coliformes totais e Termotolerantes (*Escherichia Coli*), mostraram-se positivos em 100 mL de amostra, contrariando o que preconiza a legislação vigente, que prevê a ausência dos parâmetros microbiológicos citados em 100 mL de amostra. Por isso, é desaconselhável seu uso para consumo humano, pois a ingestão dessa água poderá causar danos à saúde. Outro parâmetro considerado fora dos padrões da legislação foi o pH da água ofertada no Ponto C, considerado muito ácido, já que em média apresentou um pH de 5,4, enquanto a legislação preconiza um pH entre 6,0 e 9,5 como o ideal para consumo humano. Recomenda-se que sejam efetuadas mais análises nos Pontos B e C, para que se tenha a confirmação dos dados apresentados por este trabalho, e a partir disso possam ser providenciadas medidas corretivas em relação aos resultados fora dos padrões exigidos por lei.

Palavras-chave: Águas subterrâneas. Qualidade da água. Poços tubulares. Parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Introdução

A água encontra-se disponível de várias formas na natureza, sendo o estado líquido a principal delas e a mais comum, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. Todos os organismos necessitam de água para sobreviver, dessa forma, torna-se necessário conhecer suas condições físicas, químicas e biológicas para que a utilização pelos seres vivos não seja prejudicada. Para fazer o levantamento dessas condições devemos ter em mente o conceito de qualidade da água, que

* Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul – engambescobar@gmail.com

** Professor de Química da Universidade Federal da Fronteira Sul – arlindocfelippe@uffs.edu.br

envolve de uma maneira geral, as condições naturais e o uso e ocupação do solo de uma determinada bacia hidrográfica. Mesmo preservadas as condições naturais, a qualidade da água é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, fatores que são potencializados pela interferência humana no ambiente. Por isso, é importante que se faça análises nas águas usadas para abastecimento humano, com o intuito de verificar se elas apresentam características sanitárias e toxicológicas adequadas. Outra preocupação é com a aparência, já que para o consumidor uma água que apresenta melhor aspecto parece-lhe com melhor qualidade e nem sempre isso é verificado na prática. (BRAGA et al., 2005; VON SPERLING, 2005).

Do volume total de água existente no planeta, estima-se que 95% seja água salgada e 5% seja água doce. Somente 0,3% da água doce pode ser diretamente aproveitada, com predominância da água subterrânea. Baseado nisso, as águas subterrâneas vêm sendo largamente utilizadas pelos setores econômicos dominantes da sociedade e se encontram ainda desprotegidas jurídica e institucionalmente, tanto a nível federal, estadual e municipal. (DI BERNARDO, 2005; REBOUÇAS, 2006).

Com o crescimento das cidades e o aumento da demanda por água, os problemas envolvendo a manutenção da qualidade e da quantidade das águas superficiais e subterrâneas tendem a se agravar. No Brasil, os problemas mais comuns relacionados a águas subterrâneas são a superexploração e a poluição. (BRASIL, 2007).

A superexploração, ou seja, quando a extração de água ultrapassa o volume infiltrado, pode afetar o escoamento básico dos rios, secar nascentes, influenciar os níveis mínimos dos reservatórios, provocar subsidência (afundamento) dos terrenos, induzir o deslocamento de água contaminada, salinizar, provocar impactos negativos na biodiversidade e até mesmo exaurir completamente o aquífero de onde está sendo retirada. (FEITOSA, 2000).

As contaminações das águas subterrâneas têm origens diversas, as de maior ocorrência são ligadas as atividades industriais, domésticas e agrícolas. Devido às baixas velocidades de infiltração e aos processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo e na zona não saturada, os aquíferos são naturalmente mais protegidos da poluição. No entanto, ao contrário das águas superficiais, uma vez ocorrida a poluição, as baixas velocidades de fluxo tendem a promover uma recuperação muito lenta da qualidade. Dependendo do tipo de contaminante, essa recuperação pode levar muitos anos, e pode custar muito caro, o que proíbe muitas vezes, investimentos na recuperação. O risco de contaminação de um determinado aquífero está relacionado ao tipo de contaminante e suas características, como: litologia (tipo de rocha), hidrogeologia, gradientes hidráulicos (diferença de pressão entre dois pontos), entre outros. A poluição/contaminação da água subterrânea pode ocorrer de forma direta ou indireta e ambas podem estar relacionadas com as atividades humanas e/ou por processos naturais. (BRASIL, 2007).

Segundo Colvara (2009), em áreas urbanas, o destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem representam as maiores fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, além do surgimento de substâncias orgânicas e inorgânicas.

Diante disso, busca-se com este trabalho, conhecer as condições de potabilidade das águas subterrâneas na região urbana de Chapecó, Santa Catarina,

através da coleta de água em três poços tubulares da cidade, analisando os parâmetros físicos, químicos e biológicos, e comparando-os com os padrões de potabilidade previstos na Portaria/MS nº 2.914/2011, que versa sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade.

Materiais e métodos

Foram escolhidos três poços tubulares na cidade, os quais oferecem acesso a população que queira dispor dessa água para consumo humano. Os pontos de coleta estão localizados em dois postos de combustíveis e em uma instituição militar, conforme mostra a Figura 01.

Figura 01 – Locais de coleta em um mesmo plano, por imagem de satélite.



Fonte: Google Earth.

A Tabela 01 apresenta algumas informações retiradas da base de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), da Companhia de Recursos Minerais (CPRM), para os pontos mencionados.

Tabela 01 - Dados dos poços tubulares analisados

Local	Data da instalação	Profundidade (m)	Data da coleta	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	pH
Ponto A	14/06/99	150	21/09/05	143	20	6,5
Ponto B	07/01/99	135	-	289	21	7,2
Ponto C	07/12/84	101	19/09/05	156	18	6,3

Fonte: Adaptado do SIAGAS

Os parâmetros de condutividade elétrica, temperatura e pH relacionados na Tabela 01 serão comparados com os resultados obtidos nas análises.

Foram realizadas três coletas em cada ponto, nos dias 08 e 23 de outubro e no dia 05 de novembro de 2014, com a utilização de frascos específicos, previamente esterilizados em autoclave da marca PHOENIX LUFERCO, modelo AV-75 a 120 °C durante 25 minutos. Fez-se o uso de luvas para manusear os equipamentos durante a coleta, evitando assim, a contaminação das amostras. Antes da coleta, as torneiras foram higienizadas com álcool 70% tanto interna como externamente, e em seguida, abertas por um período de aproximadamente cinco minutos com o objetivo de eliminar a água da canalização e resíduos contaminantes. Logo após coletadas, as amostras foram colocadas ao abrigo da luz e em seguida, procedeu-se os registros das informações de campo, com identificação do ponto de amostragem, temperatura, data e hora da coleta e condições meteorológicas das últimas 24 horas. Para o transporte, as amostras foram acondicionadas em caixa térmica com barras de gelo (BRASIL, 2009; BRASIL, 2011).

Posteriormente, os parâmetros analisados além da temperatura, foram o pH, a turbidez, a cor aparente, a condutividade elétrica, a alcalinidade total, a acidez, a dureza total e os cloretos, além dos coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia Coli*), todos em duplicata. Esses parâmetros foram escolhidos por contemplarem as principais exigências da Portaria 2.914/MS de 2011, e também adequarem-se a disponibilidade de materiais e soluções dos laboratórios de química e microbiologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

Temperatura

A temperatura é uma condição ambiental importante nos estudos relacionados ao monitoramento da qualidade de águas. Quando ocorre a elevação desse parâmetro, também ocorre o aumento da velocidade das reações, entre elas as de decomposição de compostos orgânicos. Por outro lado, diminui-se a solubilidade de gases dissolvidos na água, em particular o oxigênio, base para a decomposição aeróbia. Desta forma, a definição da temperatura em estudos de autodepuração natural faz-se necessária para a correção das taxas de desoxigenação e de reaeração, normalmente obtidas para a temperatura de referência de 20 °C. A amplitude térmica das águas subterrâneas em geral é baixa, variando aproximadamente 1 °C a cada 30 metros, e independe da temperatura atmosférica (DI BERNARDO, 2005; PIVELLI, 2005).

As temperaturas das amostras foram verificadas logo após as coletas, com o auxílio de um termômetro digital de vareta da marca ICEL, modelo TD-100, devidamente higienizado com álcool 70%. O procedimento para aferição da temperatura consistiu na inserção da vareta do termômetro na amostra de água, ligando-se o aparelho e aguardando até a sua estabilização. Então, verificou-se o valor da temperatura através da leitura direta no visor do termômetro (BRASIL, 2009).

Coliformes

Os coliformes totais são bactérias do grupo coliforme, que apresentam bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase negativos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24 - 48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros

Escherichia, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo. Os coliformes termotolerantes são um subgrupo de bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal. A *E. coli* produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal e de eventual presença de organismos patogênicos. (BRASIL, 2009).

Para indicar a presença de coliformes totais e *E. Coli* foram utilizados Kits COLItest®, os quais foram desenvolvidos para verificar a presença ou ausência em 100 mL de amostra dos parâmetros biológicos citados, através da técnica da cultura. A técnica consiste em adicionar-se 100 mL de amostra em frascos integrantes do kit, e em seguida, inserir-se o meio de cultura COLItest® e homogeneizar até a mistura adquirir a coloração púrpura. Após realizar o procedimento em duplicata nas três amostras, elas foram incubadas em estufa bacteriológica a 37 °C, por um período de 18 horas. Após esse tempo, verificou-se a positividade do teste, a qual se dá pelo aparecimento da cor amarela, devido à fermentação da lactose. As amostras que apresentaram essa mudança de cor são consideradas positivas para coliformes totais, enquanto as que não apresentaram mudanças de cor são negativas para o teste e permaneceram até 48 horas incubadas para confirmação. Além das amostras, foram realizados dois testes para controle positivo e negativo, utilizando-se cepas de *E. Coli* para o teste positivo e *Staphylococcus aureus* para o teste negativo. A presença ou ausência de *E. Coli* é determinada pela exposição da mistura, após a mudança de cor, a luz ultravioleta, a qual deve apresentar fluorescência azul para o teste ser considerado positivo para *E. Coli* (Instruções Kit COLItest®, 2014).

Condutividade elétrica

A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água, sendo aproximadamente proporcional a sua quantidade. Quando há a presença de elevados teores de sais nas águas, há também, o aumento da solubilidade dos precipitados de alumínio e ferro, bem como a formação de precipitado de carbonato de cálcio, favorecendo a corrosão (DI BERNARDO, 2005).

A Tabela 02 mostra a classificação das águas devido aos valores em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ da condutividade elétrica.

Tabela 02 - Valores e classificação da água quanto a condutividade elétrica

Valores de condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Classificação
De 1,0 a 2,0	Água bidestilada
De 10,0 a 30,0	Água da chuva
De 50,0 a 40.000,0	Águas superficiais e subterrâneas
Acima de 50000	Água do mar

Fonte: Extraído de Laurenti (1997).

Para determinar-se esse parâmetro foi utilizado um béquer de 50 mL e um condutímetro da marca GEHAKA, modelo CG-1800, tomando-se o cuidado para que a célula eletrolítica do aparelho ficasse completamente coberta pela água, além

de realizar-se movimentos circulares com a célula, para que a leitura do aparelho fosse correta. O cálculo da condutividade elétrica é resultado da equação 1:

$$K (\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}) = \frac{K_m \cdot C}{1 + 0,019 \cdot (T - 25)} \quad (\text{Equação 1})$$

onde K é a condutividade elétrica, K_m é a condutividade medida em μS , C a constante da célula em cm^{-1} e T a temperatura da amostra em $^{\circ}\text{C}$ (LAURENTI, 1997).

Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons hidrogênio (H^+) na água. Varia de 0 a 14 e quando for 7 é considerado neutro, abaixo de 7 ácido e acima de 7 básico. O pH em águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5. Águas com baixo pH são corrosivas, enquanto valores elevados tendem a formar incrustações. A Portaria/MS nº 2.914/2011 recomenda que o pH da água seja mantido entre 6,0 e 9,5 para consumo humano. (VON SPERLING, 2005; BRASIL, 2009).

Para aferir o pH das amostras foi utilizado o método potenciométrico, através de um pHmetro digital da marca MS TECNOPON, modelo mPA-210. Antes das análises foi realizada a calibração do aparelho usando-se soluções padrão com pH 4, 7 e 10. Além disso, teve-se o cuidado de lavar-se os eletrodos com água destilada antes e depois do uso, e em seguida secá-los. A aferição do pH deu-se pela inserção do eletrodo na amostra, colocada em um béquer de 50 mL, e aguardando-se até a estabilização completa, com leitura direta no aparelho (LAURENTI, 1997; BRASIL, 2009).

Turbidez

A turbidez deve-se a presença de materiais sólidos em suspensão na água, diminuindo sua transparência. Também pode ocorrer pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica, além de outras substâncias como o ferro, zinco, manganês e areia, devidas a erosão ou despejos domésticos e industriais. Segundo a Portaria/MS nº 2.914/2011 o Valor Máximo Permitido (VMP) é de 1,0 uT (Unidade de turbidez) em 95% das amostras para água subterrânea desinfectada e de 5,0 uT como padrão para consumo humano. (DI BERNARDO, 2005; VON SPERLING 2005, BRASIL, 2009).

Foi usado o método nefelométrico para verificar a turbidez das amostras, utilizando-se um turbidímetro da marca POLICONTROL, modelo AP-2000 iR e uma proveta de 25 mL. O turbidímetro foi devidamente calibrado anteriormente, com a utilização das soluções padrão que o acompanham. Posteriormente, procedeu-se a análise com a introdução das amostras no aparelho e realização da leitura no visor de forma direta (LAURENTI, 1997; BRASIL, 2009).

Cor aparente

A cor aparente da água é proveniente de matéria orgânica, bem como de metais como o ferro e o manganês, além de resíduos industriais fortemente coloridos. Para o consumo humano, a cor é esteticamente indesejável, por isso sua medida é importante, já que a água que apresenta cor provoca a rejeição do

consumidor, levando-o muitas vezes, a procurar outras fontes para consumo, nem sempre seguras. A Portaria/MS nº 2.914/2011 estabelece para cor aparente um VMP de 15 uH (Unidades Hazen) como padrão de aceitação para consumo humano. (DI BERNARDO, 2005; VON SPERLING 2005; BRASIL, 2009)

De posse de um colorímetro da marca DEL LAB, modelo DLA-COR e uma proveta de 25 mL, verificou-se a cor aparente das amostras. O colorímetro foi devidamente calibrado com a utilização das soluções padrão que o acompanham. Posteriormente, procedeu-se a análise com a introdução das amostras no aparelho e realização da leitura de forma direta (LAURENTI, 1997).

Alcalinidade total

A alcalinidade total origina-se da dissolução das rochas ou da reação do dióxido de carbono (CO₂) advindo da atmosfera ou ainda, da decomposição de matéria orgânica com a água. A alcalinidade é definida como a capacidade que a água possui de neutralizar os ácidos. É expressa em termos de carbonato de cálcio (CaCO₃) e representa a soma das concentrações de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos. A alcalinidade das águas está associada à dureza, sendo responsável pela precipitação de carbonatos principalmente em sistemas de águas quentes, provocando a formação de incrustações. Não é padrão de potabilidade, ficando este em função do pH. (VON SPERLING, 2005; BRASIL, 2009; PIVELLI 2005).

Segundo Laurenti (1997), uma água que possui alta alcalinidade apresenta valores acima de 2000 mg.L⁻¹ de CaCO₃ e uma água que possui baixa alcalinidade apresenta valores abaixo de 20 mg.L⁻¹ de CaCO₃.

Para avaliar a alcalinidade total foi utilizada a metodologia de titulação com ácido sulfúrico (H₂SO₄), da marca VETEC. Os materiais usados foram uma proveta de 100 mL, um erlenmeyer de 250 mL, dois béqueres de 25 mL e uma bureta de 25 mL. A análise consistiu em adicionar-se 3 gotas da solução indicadora de alaranjado de metila, marca VETEC, em uma amostra de 50 mL de água, que tomou a coloração amarela, em seguida, titulou-se gota a gota com a solução de ácido sulfúrico com normalidade (N) de 0,0197, agitando-se com o auxílio de um agitador magnético, marca CIENLAB, modelo AA-01, até a mudança da cor amarela para a cor laranja, anotando-se o volume deslocado na bureta. A alcalinidade foi dada pela equação 2:

$$\text{Alcalinidade (mg.L}^{-1}\text{ de CaCO}_3\text{)} = \frac{V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot 50000}{V_{\text{Amostra}}} \quad (\text{Equação 2})$$

onde N é a normalidade e V o volume (LAURENTI, 1997; BRASIL, 2009).

Acidez

Acidez é a capacidade que um meio aquoso possui de reagir quantitativamente com uma base forte a um pH definido. A água com teor acentuado de acidez pode provocar corrosão no meio em que circula ou nos recipientes onde fica armazenada, também influem na velocidade das reações químicas e processos biológicos. Os ácidos fortes, ácidos fracos como o ácido carbônico e ácido acético, sais hidrolisáveis como sulfato de ferro ou alumínio, são os mais comuns causadores de acidez nas águas. Do ponto de vista ambiental o problema mais

grave reside no derramamento de efluentes industriais sem prévio tratamento na natureza (LAURENTI, 1997).

Para determinar-se a acidez foi utilizada a metodologia de titulação com hidróxido de sódio (NaOH), marca ALPHATEC. As vidrarias usadas foram uma proveta de 100 mL, um erlenmeyer de 250 mL, dois béqueres de 25 mL e uma bureta de 25 mL. A análise consistiu em adicionar-se 3 gotas da solução indicadora de *fenolftaleína*, marca VETEC, em uma amostra de 100 mL de água, a qual continuou incolor. Em seguida, titulou-se gota a gota com a solução de hidróxido de sódio 0,0183 N, agitando-se com o auxílio de um agitador magnético, marca CIENLAB, modelo AA-01, até a mudança da cor, de incolor para o rosa, anotando-se o volume deslocado na bureta. A acidez foi dada pela equação 3:

$$\text{Acidez (mg.L}^{-1} \text{ de CaCO}_3) = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot 50000}{V_{\text{Amostra}}} \quad (\text{Equação 3})$$

onde N é a normalidade e V o volume (LAURENTI, 1997; BRASIL, 2009).

Dureza total

É a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos em carbonato de cálcio (CaCO₃). A dureza pode ser temporária ou permanente. A temporária é causada pela presença de bicarbonato de cálcio e magnésio e resistente a ação dos sabões e provoca incrustações. Chama-se temporária porque os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam. A dureza permanente, é devida a presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à ação dos sabões, no entanto, não produz incrustações por serem seus sais mais solúveis em água e não se decompõe pela ação do calor. Segundo a Portaria/MS nº 2.914/2011, o VMP para o consumo humano e de 500 mg.L⁻¹ de CaCO₃. (VON SPERLING, 2005; DI BERNARDO, 2005; BRASIL, 2009).

A Tabela 03 mostra a classificação das águas quanto ao grau de dureza, segundo Libânio (2010).

Tabela 03 - Classificação do grau de dureza das águas

mg.L ⁻¹ de CaCO ₃	Grau de dureza
0 – 75	Branda ou mole
75 – 150	Moderadamente dura
150 – 300	Dura
Acima de 300	Muito dura

Fonte: Extraído de Libânio (2010).

Para a determinação da dureza total da água foi utilizada a volumetria de complexação, com o sal dissódico do ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), da marca DINÂMICA, usando como indicador metalocrômico o preto de eriocromo-T, da marca VETEC. Para a análise, utilizou-se uma proveta de 100 mL, um erlenmeyer de 250 mL, dois béqueres de 25 mL, uma bureta de 25 mL e uma pipeta pasteur de 1 mL. Antes do procedimento de análise, adicionou-se 100 mL de amostra no erlenmeyer, e ajustou-se o pH com 0,5 mL de solução tampão NH₃/NH₄⁺ (pH = 10), da marca NALGON. Após, introduziu-se 5 gotas do indicador na amostra e titulou-se

gota a gota com a solução de EDTA 0,0200 N, agitando-se com o auxílio de um agitador magnético, marca CIENLAB, modelo AA-01, até que a coloração mudasse de vermelho-vinho para azul, anotando-se o volume deslocado na bureta. O cálculo do teor de dureza foi determinado pela equação 4:

$$\text{Dureza (mg.L}^{-1}\text{ de CaCO}_3\text{)} = \frac{V_{\text{EDTA}} \cdot N_{\text{EDTA}} \cdot 1000}{V_{\text{Amostra}}} \quad (\text{Equação 4})$$

onde N é a normalidade e V o volume (LAURENTI, 1997; BRASIL, 2009).

Cloretos

São o resultado da dissolução dos minerais ou intrusão de águas salinas. Sua presença pode indicar alguma forma de poluição, além disso, conferem sabor salino às águas e podem interferir na coagulação. A Portaria/MS nº 2.914/2011 estipula para cloretos, um VMP para consumo humano de 250 mg.L⁻¹ de CaCO₃.

Para verificar a presença de cloretos nas amostras foi usada a volumetria de precipitação (argentometria), utilizando-se uma solução padrão de nitrato de prata (AgNO₃), marca PLAT-LAB, como titulante. Para a análise, utilizou-se uma proveta de 100 mL, um erlenmeyer de 250 mL, dois béqueres de 25 mL, uma pipeta pasteur de 1 mL e uma bureta de 25 mL. O procedimento consistiu em inserir-se com o uso da pipeta pasteur, 1 mL do indicador cromato de potássio (K₂CrO₄), marca VETEC, em 100 mL da amostra de água, a qual adquiriu uma coloração amarela. Em seguida, titulou-se gota a gota com o nitrato de prata previamente inserido na bureta até o aparecimento de um precipitado levemente avermelhado. Anotou-se então o volume deslocado na bureta e calculou-se o teor de cloretos através da equação 5:

$$\text{Cloretos (mg.L}^{-1}\text{ de CaCO}_3\text{)} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \cdot N_{\text{AgNO}_3} \cdot 1000 \cdot 35,45}{V_{\text{Amostra}}} \quad (\text{Equação 5})$$

onde N é a normalidade e V o volume (LAURENTI, 1997; BRASIL, 2009).

Resultados e Discussões

Após as análises das amostras coletadas nos poços tubulares situados nos Pontos A, B e C, estruturou-se os dados obtidos em tabelas, por data de coleta e média aritmética, para comparação dos resultados com os da Tabela 01, realizados em 2005, e se eles estão de acordo com o que preceitua a legislação vigente. Os resultados obtidos serão discutidos separadamente por ponto de coleta, devido ao número elevado de dados e diversidade dos parâmetros analisados.

Ponto A

No Ponto A, está localizado um poço tubular que fornece água a instituições militares, além de pessoas que porventura possam querer dispor dessa água para consumo. Os resultados das análises para esse ponto de coleta estão apresentados na Tabela 04.

Tabela 04 - Resultados obtidos para o poço tubular localizado no Ponto A

Data das Análises	08/10/14	23/10/14	05/11/14	Média	VMP (Port. 2.914/11)
Temperatura (°C)	20,8	18,6	18,7	19,4	-
Cor Aparente (uH)	4,4	0,0	2,3	2,2	15
Turbidez (uT)	0,0	0,0	1,0	0,3	5
pH	6,1	6,7	6,7	6,5	(6,0 - 9,5)
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	193,5	193,0	193,1	193,2	-
Cloretos ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de Cl^{-})	14,4	15,8	16,7	15,6	250
Acidez ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de CaCO_3)	27,9	26,5	35,0	29,8	-
Alcalinidade Total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de CaCO_3)	70,9	77,8	70,3	73,0	-
Dureza total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de CaCO_3)	68,0	67,0	72,3	69,1	500,0
Coliformes Totais (em 100 mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Escherichia Coli</i> (em 100 mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Autor.

Conforme foi observado na Tabela 04, a água coletada nesse local apresentou ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL de amostra, em todas as análises, estando de acordo com o VMP recomendado pelo Anexo I da Portaria/MS nº 2.914/2011. Dessa forma, é recomendado o uso dessa água para o consumo humano em relação aos parâmetros biológicos mencionados.

O Anexo X da Portaria/MS nº 2.914/2011, versa sobre o padrão organoléptico de potabilidade da água, para os parâmetros cloreto, cor aparente, dureza total e turbidez. Como foi mostrado na Tabela 04, nenhum dos resultados para os parâmetros mencionados superaram o VMP estipulado pela legislação. Ainda com relação à dureza total, essa água apresentou um valor médio de 69,1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de CaCO_3 e foi classificada como “água branda ou mole”, segundo a Tabela 03.

A alcalinidade total apresentou em média, 73 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de CaCO_3 , valores que estão mais próximos de uma água com baixa alcalinidade, além disso, o pH médio encontrado foi de 6,5, portanto, dentro do padrão recomendado, e igual ao apresentado nas análises químicas do poço tubular, realizadas em 2005, observadas na Tabela 01.

Os resultados para condutividade elétrica apresentaram em média, o valor de 193,2 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, isso a caracteriza como “águas superficiais e subterrâneas”, conforme mostrado na Tabela 02. No entanto, esse valor é um pouco superior aos 143 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ apresentados nas análises físicas do poço tubular, realizadas em 2005, observadas na Tabela 01.

A temperatura apresentou em média, 19,4 °C, bem próximo dos 20 °C apresentados nas análises físicas do poço tubular, realizadas em 2005, observadas na Tabela 01.

Ponto B

A Tabela 05 apresenta os resultados obtidos após as análises das águas do poço tubular situado em um posto de combustível, denominado nesse trabalho de Ponto B. O acesso a água é livre, pois há duas torneiras no pátio do posto, onde a população capta água para o consumo.

Tabela 05 - Resultados obtidos para o poço tubular situado no Ponto B

Data das Análises	08/10/14	23/10/14	05/11/14	12/11/14	Média	VMP (Port. 2.914/11)
Temperatura (°C)	22,0	23,5	21,6	-	22,4	-
Cor Aparente (uH)	5,8	0,0	2,4	-	2,7	15
Turbidez (uT)	0,0	0,0	1,0	-	0,3	5
pH	7,6	7,5	8,2	-	7,8	(6,0 - 9,5)
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	359,0	357,0	351,0	-	355,7	-
Cloretos (mg.L^{-1} de Cl^-)	21,5	25,6	23,5	-	23,5	250
Acidez (mg.L^{-1} de CaCO_3)	5,9	5,3	5,5	-	5,6	-
Alcalinidade Total (mg.L^{-1} de CaCO_3)	130,0	131,0	126,6	-	129,2	-
Dureza total (mg.L^{-1} de CaCO_3)	30,5	33,8	31,3	-	31,9	500,0
Coliformes Totais (em 100 mL)	<i>Presente</i>	<i>Ausente</i>	<i>Presente</i>	<i>Presente</i>	<i>Presente</i>	<i>Ausente</i>
<i>Escherichia Coli</i> (em 100 mL)	<i>Presente</i>	<i>Ausente</i>	<i>Presente</i>	<i>Presente</i>	<i>Presente</i>	<i>Ausente</i>

Fonte: Autor.

Os resultados evidenciados pela Tabela 05, informam a ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL de amostra, em apenas uma das três primeiras análises efetuadas. Por isso, realizou-se mais uma coleta somente nesse ponto no dia 12 de novembro de 2014, onde constatou-se pela terceira vez a presença dos parâmetros biológicos citados. Diante disso, e considerando o que preceitua o Anexo I da Portaria/MS nº 2.914/2011, que preconiza a ausência de coliformes totais e *E. coli*, não se recomenda o uso dessa água para o consumo humano, devido ao risco à saúde.

Com relação aos parâmetros cloreto, cor aparente, dureza total e turbidez, observou-se na Tabela 05 que nenhum dos resultados superaram o VMP estipulado pela legislação. A dureza total média apresentada pela água foi de 31,9 mg.L^{-1} de CaCO_3 o que a classifica como “água branda ou mole”, conforme a classificação observada na Tabela 03.

Ainda conforme a Tabela 05, o valor médio para a alcalinidade total foi de 129,2 mg.L^{-1} de CaCO_3 , valor que está mais próximo de uma água com baixa alcalinidade, enquanto o valor médio de acidez de 5,6 mg.L^{-1} de CaCO_3 , foi o mais baixo dos três pontos avaliados neste estudo.

O pH apresentado foi em média de 7,8, portanto, dentro do padrão recomendado, e um pouco acima dos 7,2 apresentados nas análises químicas do poço tubular, observadas na Tabela 01. Os resultados para a condutividade elétrica, apresentaram em média, o valor de 355,7 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, caracterizando a água desse ponto como “águas superficiais e subterrâneas”, conforme classificação da Tabela 02. No entanto, esse valor é um pouco superior aos 289 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ apresentados nas análises físicas do poço tubular, observadas na Tabela 01.

A temperatura da água nesse ponto apresentou em média, 22,4 °C, um pouco acima dos 21 °C apresentados nas análises físicas do poço tubular, observadas na Tabela 01.

Ponto C

Os resultados apresentados na Tabela 06 são referentes ao poço tubular situado em um posto de combustível, denominado nesse trabalho de Ponto C, onde há o acesso da população para captação da água, através de uma torneira no pátio do posto.

Tabela 06 - Resultados obtidos para o poço tubular situado no Ponto C

Data das Análises	08/10/14	23/10/14	05/11/14	Média	VMP (Port. 2.914/11)
Temperatura (°C)	21,3	23,0	22,9	22,4	-
Cor Aparente (uH)	4,2	0,0	2,1	2,1	15
Turbidez (uT)	0,0	0,0	0,0	0,0	5
pH	4,9	5,5	5,7	5,4	(6,0 - 9,5)
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	147,2	146,0	142,1	145,1	-
Cloretos (mg.L^{-1} de Cl^-)	17,7	21,8	21,5	20,4	250
Acidez (mg.L^{-1} de CaCO_3)	47,6	32,9	47,5	42,7	-
Alcalinidade Total (mg.L^{-1} de CaCO_3)	10,8	17,7	15,0	14,5	-
Dureza total (mg.L^{-1} de CaCO_3)	26,0	38,5	30,8	31,8	500,0
Coliformes Totais (em 100 mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Escherichia Coli</i> (em 100 mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Autor.

Assim como no Ponto A, a água coletada nesse ponto apresentou ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL de amostra, em todas as análises, estando de acordo com o que preceitua o VMP do Anexo I da Portaria/MS nº 2.914/2011. Dessa forma, também é recomendado o seu para o consumo humano em relação aos parâmetros biológicos mencionados.

Observou-se na Tabela 06, que os parâmetros cloreto, cor aparente, dureza total e turbidez, não superaram o VMP estipulado pela legislação. O valor médio da dureza total foi de $31,8 \text{ mg.L}^{-1}$ de CaCO_3 , o que classifica essa água como “água branda ou mole”, conforme a Tabela 03.

A alcalinidade total medida nesse ponto, obteve um valor médio de $14,5 \text{ mg.L}^{-1}$ de CaCO_3 , ou seja, uma água com baixa alcalinidade. Isso se explica pelo fato do pH ser muito ácido, em média, 5,4, refletindo também nos valores de acidez, em média, $42,7 \text{ mg.L}^{-1}$ de CaCO_3 , o mais alto dos três pontos avaliados neste estudo.

Como dito anteriormente, o valor médio de pH encontrado neste poço tubular foi de 5,4, estando abaixo do padrão recomendado, e também abaixo do valor de 6,3 obtido nas análises químicas do poço tubular, realizadas em 2005, observadas na Tabela 01.

Com relação aos resultados de condutividade elétrica, observou-se na Tabela 06 o valor médio de $145,1 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para este parâmetro. Isso caracteriza esta amostra de água como “águas superficiais e subterrâneas”, conforme a classificação da Tabela 02. No entanto, esse valor é ligeiramente inferior aos $156 \mu\text{S.cm}^{-1}$ apresentados nas análises físicas do poço tubular, realizadas em 2005, observadas na Tabela 01.

O valor médio da temperatura nesse ponto foi de $22,4 \text{ }^\circ\text{C}$, o que significa $4,4 \text{ }^\circ\text{C}$ acima dos $18 \text{ }^\circ\text{C}$ apresentados nas análises físicas do poço tubular, realizadas em 2005, observadas na Tabela 01.

Conclusões

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a água disponibilizada nas torneiras do Ponto B, situado no pátio de um posto de combustível, não são próprias para o consumo humano, levando-se em consideração que três das quatro amostras analisadas acusaram presença de coliformes totais e *E. coli*. Portanto, aconselha-se a realização de mais estudos para identificar a fonte de contaminação, e se possível, eliminá-la. Outra forma de correção do problema é que se adote um meio de desinfecção.

Outro parâmetro considerado fora dos padrões foi o pH da água oriunda da torneira do Ponto C, que também se localiza em um posto de combustível, a qual apresentou em média, um pH de 5,4, abaixo do mínimo recomendado pela legislação para consumo humano, caracterizando-se em um pH ácido. Recomenda-se um acompanhamento desse parâmetro por mais tempo, verificando-se com isso, se os valores não foram objeto de ocorrência sazonal. Se for confirmada a alteração do parâmetro, pode-se fazer o uso de composto químico capaz de elevar o pH da água, antes de disponibilizá-la para a população.

Os demais parâmetros analisados estão em conformidade com a legislação vigente para o consumo humano, com destaque para a água ofertada na torneira do Ponto A, situada em uma instituição militar, a qual enquadrou-se dentro dos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria/MS nº 2.914/2011.

Por se tratar da análise de águas subterrâneas em área urbana, onde há a ocorrência de muitos poços tubulares, nota-se a importância da continuidade dos estudos, coletando-se amostras de mais pontos, durante mais tempo, cobrindo-se com isso, uma área maior e evitando o problema da sazonalidade.

A qualidade da água deve ser objeto prioritário de fiscalização por parte das organizações públicas e dever de todos o cuidado para evitar a contaminação dos lençóis freáticos. Espera-se que este trabalho sirva de alerta a população que procura água para consumo em poços tubulares, pensando estar livre das contaminações, bem como oriente novos trabalhos na área.

Analysis of the quality of water from tubular wells in the urban region of Chapecó – SC

Abstract

The objective of this study was to analyze the water quality of tubular wells in the urban region of Chapecó, by determining the physical, chemical and biological parameters, following the guidelines of the American Public Health Association (APHA), and the applicable law regarding the standards potability contained in Ordinance No.2914, of December 12, 2011. Three samples were taken in three city wells, called Point A, Point B and Point C, considering that access to water these local is free to the population, which searches for a water of the quality for consumption. Analyses consisted of a review of the parameters of temperature, hydrogen potential (pH), turbidity, apparent color, electrical conductivity, total alkalinity, acidity, total hardness, chloride, total and fecal coliforms (E. coli). The results of the water from point A were in accordance with the law, and should be used for human consumption. In point B, the results of analysis in relation to total coliforms and thermotolerant parameters (E. coli), were positive in 100 mL of sample, contrary to what advocates the current legislation, which recommends the absence of microbiological parameters mentioned in 100 ml of sample. Therefore, its use is not recommended for human consumption, because this water can cause damage to health. Another parameter considered outside the standards of legislation was the pH of the water supplied in the Point C, considered too acidic, as showed on average a pH of 5.4, while the law recommends a pH between 6.0 and 9.5 as the ideal for human consumption. It is recommended that further analysis will carried at the points B and C, in order to have the confirmation of the data presented in this work and from that can be provided corrective measures regarding the results outside the standards required by law.

Keywords: Groundwater. Water Quality. Tubular Wells. Physicochemical and biological Parameters.

REFERÊNCIAS

APHA (American Public Health Association). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 th ed. Washington, DC: APHA, 1998. 1183 p.

BRAGA, Benedito. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRASIL. Agência Nacional de águas (ANA). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB, 2011. 325 p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual prático de análise de água**. 3ª edição. Brasília, DF: Funasa, 2009. 141 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas: Um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília, DF, 2007. 40 p.

BRASIL. Portaria 2914, 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**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2011.

COLVARA, J. G.; LIMA A. S.; SILVA W. P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Braz. J. Food. Technol.** Preprint Series, n. 02, 2009.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**. Disponível em:<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/detalhe_poco.php?ponto=4300004613>. Acesso em: 10/11/2014.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**. Disponível em:<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/detalhe_poco.php?ponto=4300005390>. Acesso em: 10/11/2014.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**. Disponível em:<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/detalhe_poco.php?ponto=4300004523>. Acesso em: 10/11/2014.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2ª edição. São Carlos: Rima, 2005. v. 1.

FEITOSA, Fernando A. C.; FILHO, João Manoel. **Hidrogeologia: Conceitos e aplicações**. 2ª edição. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000.

GOOGLE EARTH – SOFTWARE. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 05/11/2014.

LAURENTI, Ariane. **Qualidade de água I**. Florianópolis: Imprensa Universitária, 1997. 89 p.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 2. ed. Campinas: Átomo, 2010. 444 p.

LKP Diagnósticos. **Instruções de uso do Kit COLItest®**. Disponível em: <<http://www.lkpdagnosticos.com.br/COLItest.pdf>> Acesso em: 01/10/2014.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. 1ª edição. São Paulo/SP: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. v. 01. 285p.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G. **Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. 3ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. v. 1. 452 p.