



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E FÍSICO-QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA

GUILHERMINA MOREIRA RODRIGUES

**APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DESCARTADAS POR APARELHOS DE AR
CONDICIONADOS PARA FINS DE REUSO NÃO POTÁVEL**

FORTALEZA

2019

GUILHERMINA MOREIRA RODRIGUES

**APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DESCARTADAS POR APARELHOS DE AR
CONDICIONADOS PARA FINS DE REÚSO NÃO POTÁVEL**

Monografia a coordenação do curso de química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharelado em Química.

Orientador: Prof. L.D. Francisco Belmino Romero.

Co-orientador: Dra. Erika de Almeida Sampaio Braga

FORTALEZA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R613a Rodrigues, Guilhermina Moreira.
Aproveitamento das águas descartadas por aparelhos de ar condicionados / Guilhermina Moreira Rodrigues. – 2019.
49 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Química, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Belmino Romero.
Coorientação: Profa. Dra. Érika de Almeida Sampaio Braga.
1. Aproveitamento de água de ar condicionado. 2. Reúso. 3. Legislação. I. Título.
- CDD 540
-

2019

GUILHERMINA MOREIRA RODRIGUES

**APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DESCARTADAS POR APARELHOS DE AR
CONDICIONADOS PARA FINS DE REUSO NÃO POTÁVEL**

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Graduação em Química.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. L.D. Francisco Belmino Romero (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Maria das Graças Gomes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Erika de Almeida Sampaio Braga
Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC)

À Deus, e a toda a minha família, em especial ao meu Pai Edmar Moreira de Souza que sempre torceu pelo meu sucesso e é um dos maiores responsáveis pela minha caminhada, e por não me deixar desistir.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente A Deus, por ter me dado coragem, força, determinação, caminho, luz, sabedoria, paciência, orientação e oportunidade de concluir esse curso.

Ao meu Pai, Edmar Moreira de Souza, por não permitir eu desistir, a minha Mãe, Alzerina Rodrigues de Souza, que juntos foram o meu alicerce para continuar e seguir com os meus objetivos.

Ao meu filho, Antônio Guilherme, que por diversas vezes tive que está longe, e nunca reclamou a minha ausência, mostrando orgulho por saber que eu estava na faculdade para ser “cientista”.

Aos meus irmãos Alzemar Moreira Rodrigues, e Osvaldo Rodrigues Viana Neto, que de forma direta e indireta sempre acreditaram, vibraram com minhas conquistas e me ajudaram de diversas formas para essa vitória.

Ao meu esposo, Antônio Francisco, pela paciência, e compreensão nos momentos de ausência.

A minha tia, Regina Rodrigues Viana, por sempre estar ao meu lado durante todos os momentos, por ter me escolhido para ser sua filha, sempre com palavras de incentivo, conforto e muito cuidado.

A Dra. Érika Sampaio de Almeida Sampaio Braga, ter contribuído com todo conhecimento, entusiasmo, experiência e dedicação.

Ao meu orientador L.D. Francisco Belmino Romero, tive o prazer de ser aluna nas disciplinas de Físico-Química III, e Galvanoplastia, e agora me ajudando de inúmeras formas na realização desse trabalho.

A Dra. Maria das Graças Gomes, tive o prazer de ser aluna nas disciplinas de Química Analítica II e III, e que sempre ajudou na minha trajetória acadêmica, me incentivando sempre nas dificuldades.

A todos que ajudam a formar a Universidade Federal do Ceará, os professores, técnicos, funcionários e colaboradores dos diversos serviços.

Aos funcionários da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial - NUTEC, em especial aos técnicos do Laboratório de Química Ambiental, em especial as técnicas Cristiane e Eirilândia, e ao Dr. Jackson, por terem me recebido e apoiado em seus laboratórios, pela contribuição de forma autêntica, prestativa, extrovertida, sorridente, paciente e força na realização deste trabalho e aos estagiários que juntos colaboraram.

RESUMO

O estudo teve como objetivo conhecer a composição físico-química das águas descartadas por aparelhos de ar condicionados residenciais, já que o aproveitamento desse tipo de água surge como uma opção de reúso para fins não potáveis. A Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a política do reúso direto não potável da água. Para o estudo, foram coletadas oito amostras de águas descartadas por aparelhos de ar condicionados residenciais, no período de março, abril e maio de 2019, nas quais se realizaram análises físico-químicas dos parâmetros que são indicadores de qual tipo de reúso a água poderá ser utilizada. As análises físico-químicas seguiram os procedimentos descritos (APHA, 2012) e foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC).

Palavras-chave: Aproveitamento de água de ar condicionado, reúso, legislação.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the physico-chemical composition of the wastewater by residential air conditioners, since the use of this type of water appears as a reuse option for non-potable purposes. Resolution No. 54 of November 28, 2005, of the National Water Resources Council, establishes modalities, guidelines and general criteria for the policy of direct non-potable water reuse. For the study, eight samples of water discarded by residential air conditioners were collected in March, April and May 2019, in which physical-chemical analyzes of the parameters were performed, which are indicators of which type of water reuse be used. The physicochemical analyzes followed the procedures described (APHA, 2012) and were carried out in the Laboratory of Environmental Chemistry of the Nucleus of Industrial Technology of Ceará (NUTEC).

Key words: Air conditioning water use, reuse, legislation.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
2	Objetivos.....	13
2.1	Objetivos específicos.....	13
3	Revisão bibliográfica	14
3.1	Aparelhos de ar condicionados.....	17
3.2	Qualidade da água produzida no interior do aparelho de ar condicionado.....	18
3.3	Índice de RYZNAR.....	19
3.4	Parâmetros físico-químicos.....	21
3.4.1	Alcalinidade.....	21
3.4.2	Cloreto.....	21
3.4.3	Condutividade.....	22
3.4.4	Dureza Total.....	22
3.4.5	Ferro.....	23
3.4.6	Nitrato.....	24
3.4.7	Nitrito.....	25
3.4.8	Potencial Hidrogeniônico.....	25
3.4.9	Sulfato.....	26
3.4.10	Turbidez.....	26
4	Materiais e Métodos.....	26
4.1	Realização das análises físico-químicas.....	28
4.1.1	Determinação da Alcalinidade parcial (AP) e total (AT).....	28
4.1.1.1	Solução padrão de carbonato de sódio 0,02N.....	29
4.1.1.2	Solução alcóolica de fenolftaleína 0,5%.....	30
4.1.1.3	Solução de alaranjado de metila 0,1%.....	30
4.1.1.4	Solução de ácido sulfúrico 0,02N.....	30
4.1.1.5	Padronização da solução de ácido sulfúrico 0,02N.....	30
4.1.1.6	Procedimento para análise de alcalinidade.....	30
4.1.2	Determinação de Cloreto.....	30
4.1.2.1	Solução de cromato de potássio 5%.....	30
4.1.2.2	Solução padrão de cloreto de sódio 0,0141N.....	31
4.1.2.3	Solução de nitrato de prata 0,0141N.....	31

4.1.2.4	Padronização de nitrato de prata 0,0141N.....	31
4.1.2.5	Procedimento para análise de cloreto.....	31
4.1.3	Determinação da condutividade.....	32
4.1.4	Determinação de Dureza.....	32
4.1.4.1	Solução padrão de EDTA.....	32
4.1.4.2	Padronização da solução de EDTA.....	32
4.1.4.3	Dureza Total.....	33
4.1.4.3.1	Solução Tampão 10.....	33
4.1.4.3.2	Procedimento para análise de dureza total.....	33
4.1.4.4	Dureza de Cálcio.....	34
4.1.4.4.1	Solução de Hidróxido de Sódio 10%.....	34
4.1.4.4.2	Procedimento para análise de dureza de cálcio.....	34
4.1.5	Determinação de Ferro Total.....	34
4.1.5.1	Solução de cloridrato de hidroxilamina.....	34
4.1.5.2	Solução de acetato de amônio.....	34
4.1.5.3	Solução de ortofenantrolina.....	35
4.1.5.4	Procedimento para análise de ferro total.....	35
4.1.5	Determinação de Nitrato.....	36
4.1.6.1	Solução de salicilato de sódio 0,5%.....	36
4.1.6.2	Solução de hidróxido de sódio e potássio.....	36
4.1.6.3	Procedimento para análise de nitrato.....	36
4.1.7	Determinação de Nitrito.....	37
4.1.7.1	Solução colorimétrica.....	37
4.1.7.2	Procedimento para análise de nitrito.....	37
4.1.8	Determinação de Sulfato.....	39
4.1.8.1	Solução de sulfato de sódio.....	39
4.1.8.2	Solução ácido-sal.....	39
4.1.8.3	Procedimentos para análise de sulfato.....	39
4.1.9	Determinação de PH.....	40
5	Resultados e discussão.....	40
5.1	Resultados Experimentais.....	40
5.2	Cálculo do índice de RYZNAR.....	42
6	Conclusão.....	43

Referência bibliográfica.....	45
-------------------------------	----

1 INTRODUÇÃO

Em consequência da grande demanda de água, da poluição dos corpos hídricos, do clima, dentre outros fatores, principalmente em regiões afetadas pela seca e litologia do solo, torna-se necessário o aproveitamento das águas para o reúso.

As águas descartadas por ar condicionado surgem como uma opção para o aproveitamento no reúso para fins não potáveis.

A Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a política do reúso direto não potável da água.

Pesquisas realizadas já confirmaram que o aproveitamento das águas descartadas por aparelhos de ar condicionado podem ser utilizadas para diversos fins tais como: lavagens dos passeios, vaso sanitário e rega de jardins.

Baseado no contexto acima e de acordo com o que estabelece a Resolução nº 54/05, o estudo teve como objetivo geral avaliar a qualidade das águas descartadas por aparelhos de ar condicionados com a finalidade de selecionar qual tipo de reúso seria mais adequado, de acordo com os resultados da composição físico-química dessas águas.

Portanto, os objetivos específicos foram realizar análises físico-químicas dos parâmetros que são estabelecidos por uma legislação para que as águas descartadas por aparelhos de ar condicionados residenciais.

2 OBJETIVO

Avaliar a qualidade das águas descartadas por aparelhos de ar condicionados com a finalidade de selecionar qual tipo de reúso seria mais adequado, de acordo com os resultados da composição físico-química dessas águas.

2.1 Objetivos específicos

Comparar os resultados obtidos com os resultados da Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, onde estabelece critérios e diretrizes para o reúso da água.

Comparar os resultados obtidos com a Resolução nº 02, de 02 de fevereiro de 2017, do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA), dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para começar a questionar sobre reúso, deve-se ter como base os conceitos mais importantes, são eles:

- Reúso: ação de utilizar novamente;
- Água Potável: qualidade suficiente para beber e preparar alimentos;
- Água Não Potável: não exige níveis elevados de tratamento, apresenta grande diversidade de uso.

Fig:1



<http://maisengenharia.altoqi.com.br/hidrossanitario/projeto-de-reaproveitamento-de-agua-tipos-de-aguas-e-recomendacoes/>

O reúso pode ser de 3 tipos:

- Indireto: quando o efluente é tratado e disposto em águas superficiais ou subterrâneas para diluição, ou purificação natural, em seguida pode ser novamente captada;
- Direto: quando o uso é planejado dos recursos hídricos provenientes de efluentes, de tratamentos de esgotos ou captações pluviais para uso industrial;
- Reciclagem interna: após o uso, a água é tratada dentro das instalações industriais e reutilizada na própria produção, sendo esta a forma mais econômica do reúso.

A Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), considera que o reuso de água se constitui em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21, podendo tal prática ser utilizada como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos e em seu Art. 1º estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reuso direto não potável de água em todo o território nacional.

No Art. 2º desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;

II - reuso de água: utilização de água residuária;

III - água de reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

IV - reuso direto de água: uso planejado de água de reuso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;

No Art. 3º O reuso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

As diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reuso definidas nos incisos deste artigo serão estabelecidos pelos órgãos competentes.

No estado do Ceará a Resolução nº 02, de 02 de fevereiro de 2017, do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA): Dispõe sobre padrões e condição para lançamento de

efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras revoga as Portarias nº 154, de 22 de julho de 2002, da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria nº 151, de 25 de novembro de 2002, é a legislação do órgão competente que deve ser seguida.

De acordo com a COEMA nº 02/17, considerando a escassez de recursos hídricos no Estado do Ceará, a qual está relacionada aos aspectos de quantidade e qualidade;

Considerando que o reuso de água se constitui em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos; e;

Considerando as prerrogativas das Resoluções nº 54 de 2009, 121 de 2010 sobre práticas de reuso e Lei Estadual nº 16.033 de 20 de junho de 2016. Resolve:

Art. 1º. Dispor sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos receptores e em rede coletora de esgoto, em atendimento aos princípios e respectivos objetivos da Política Nacional de Meio Ambiente (Arts.2º e 3º da Lei nº 6938/1981), bem como, em consonância com a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, da Companhia Nacional do meio Ambiente (CONAMA) e Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, do CONAMA.

Art. 2º Estabelecer diretrizes, critérios e parâmetros específicos para o reúso não potável de água de acordo com as modalidades regulamentadas nesta Resolução.

Segundo a Portaria citada, as seguintes atividades devem ser utilizadas com segurança;

III Água de lavagem: água usada pela indústria nas lavagens de máquinas, tubulações e pisos, não sendo incorporada aos produtos;

IV Água de abastecimento público: água destinada ao consumo humano, sujeita a processos de tratamentos, de forma a torná-la potável;

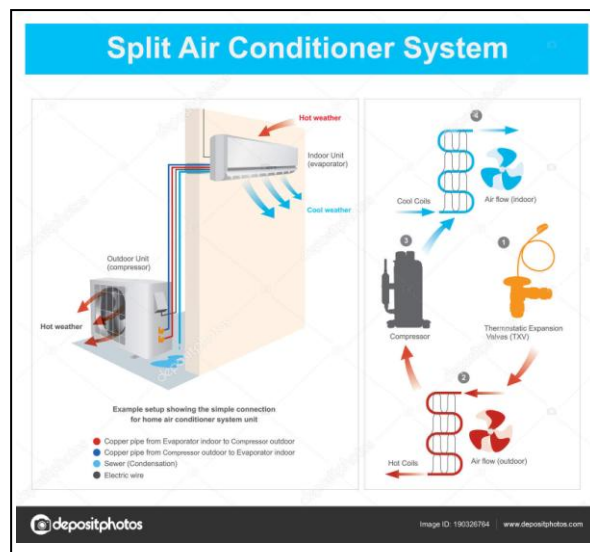
V Água de reúso: efluente que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

VI Automonitoramento: realização sistemática de medições ou observações de indicadores ou parâmetros especificados por tipo de fonte potencial ou efetivamente poluidora do meio ambiente, bem como de indicadores ou parâmetros inerentes aos compartimentos ambientais afetados ar, água ou solo cuja execução é de responsabilidade do empreendedor, com a finalidade de avaliar o desempenho dos sistemas de controle adotados e a eficácia das medidas mitigadoras dos impactos ambientais inerentes à atividade;

3.1 Aparelhos de ar condicionados

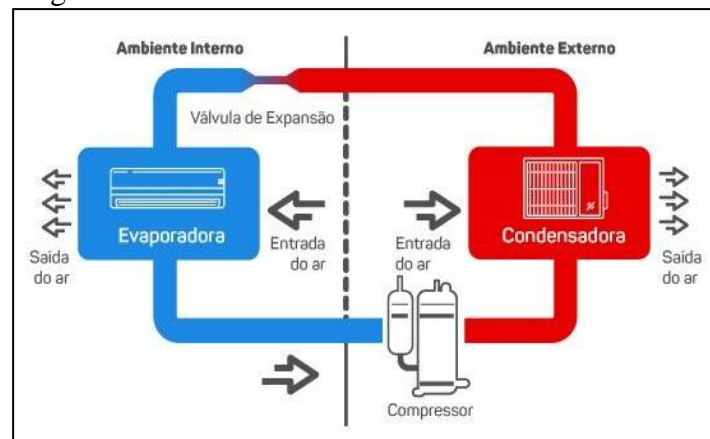
Fortes, Jardim & Fernandes (2015) afirmam que o princípio básico do funcionamento dos aparelhos de ar condicionado para posterior geração da água condensada consiste primeiramente na entrada do ar presente no ambiente interno aspirado por um ventilador. O ar passa pelas serpentinas, nas quais se faz presente um fluido refrigerante, conhecido usualmente como gás, que resfria ou aquece a depender da temperatura escolhida. As moléculas de água presentes na massa de ar sofrem condensação ao entrar em contato com as serpentinas, nesse processo ocorre a produção da água condensada, que é direcionada para as tubulações dos drenos e escoa para o ambiente externo. Após a refrigeração, o ar retorna ao ambiente, o ciclo se repete até atingir a temperatura desejada. As figuras 1 e 2 mostram como funciona um aparelho de ar condicionado.

Fig.1



Fonte: <https://pt.depositphotos.com/190326764/stock-illustration-split-air-conditioner-system.html>

Fig. 2



Fonte: <https://www.quintaldaengenharia.com/products/qual-e-o-principio-de-funcionamento-e-como-selecionar-corretamente-um-ar-condicionado/>

3.2 Qualidade da água produzida no interior do aparelho de ar condicionado

A qualidade da água produzida pelos aparelhos de ar condicionado depende muito do ambiente em que se encontram, pois, os poluentes presentes no ar podem ser agressivos aos materiais metálicos, tendo como consequências corrosões e incrustações.

Essa tendência corrosiva e incrustante das águas é característica que possui dependência direta com diversos parâmetros físico-químicos, que através de ação individual e/ou conjunta potencializam o poder corrosivo das águas, facilitando a ocorrência de reações eletroquímicas, como também, contribuem para a formação de sais insolúveis, gerando incrustações e processos de deterioração em tubulações metálicas (PABLO. 2008).

Diversos parâmetros físico-químicos da água devem ser avaliados e controlados, para evitar alguns danos durante o seu uso nos processos industriais. Os perfis de certas águas, com relação a determinados parâmetros físico-químicos como: potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade total (carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos), cloreto, dureza total (cálcio e magnésio), sólidos totais dissolvidos, sulfato, entre outros, estão intimamente relacionados ao poder corrosivo da água, como também, com a tendência da mesma em gerar incrustações de sólidos em tubulações e outros equipamentos industriais.

Estas complicações são extremamente indesejáveis por promoverem deterioração dos equipamentos industriais, devido aos processos corrosivos, e também a redução da eficiência destes equipamentos, sendo necessário o controle rotineiro das características

físico-químicas da água utilizada nos processos industriais. (DANTAS, 1988)

A avaliação prática da tendência corrosiva e incrustante das águas pode ser executada de maneira eficaz, através dos índices de estabilidade da água: Índice de Langelier, Ryznar, de Larson e Skold e Índice de Puckorius. (DANTAS, 1988)

Os índices de estabilidade são dependentes dos parâmetros físico-químicos citados anteriormente, sendo calculados após a análise destes parâmetros. A conclusão sobre a tendência corrosiva e/ou incrustante das águas analisadas é baseada no estudo comparativo do valor obtido para cada índice com os intervalos de valor estabelecidos na literatura.

3.3 Índice de Ryznar

O Índice de estabilidade de Ryznar (RI) é uma modificação do índice de Langelier (LSI) para proporcionar uma melhor indicação da tendência da formação de incrustações de carbonato de cálcio (CaCO_3). Ryznar detectou que águas de baixa dureza e alta dureza puderam ter (LSI) similares. Por isso, modificou a fórmula para a seguinte equação 1:

$$\text{RSI} = 2\text{pH}_s - \text{pH} \quad (1)$$

O pH de saturação (pH_s) é calculado a partir da temperatura em graus centígrados ($^{\circ}\text{C}$), do teor de sólidos totais dissolvidos (STD), da dureza de cálcio ($\text{mg de CaCO}_3\text{L}^{-1}$) e da alcalinidade total ($\text{mg de CaCO}_3\text{L}^{-1}$), através das seguintes equações 2 : (BECKER, 2008)

$$\text{pH}_s = (9,3 + A + B) - (C + D) \quad (2)$$

Em que:

$$A = \log(\text{STD}) - 1/10$$

$$B = -13,12 \log(T + 273) + 34,55$$

$$C = \log(\text{dureza de cálcio}) - 0,4$$

$$D = \log(\text{alcalinidade})$$

Onde pH_s é o pH teórico de saturação calculado pelo diagrama de Langelier e pH é o pH medido da água na temperatura considerada. A tabela a seguir é aplicada no estudo do índice de Ryznar quando a temperatura se encontra entre 0 e 60 $^{\circ}\text{C}$, indicando as diferentes tendências de uma água, sempre com um valor positivo. (DANTAS, 1988)

Tabela 1

ÍNDICE	TENDÊNCIA
4-5	Forte incrustação
5-6	Pequena incrustação
6-7	Equilíbrio
7-7,5	Ligeira corrosividade
7,5-8,8	Elevada corrosividade

As análises das características físico-químicas e bacteriológicas são de fundamental importância a fim de indicar se a água contemplará substâncias tóxicas ou microorganismos patogênicos inviáveis para seu uso e informar a necessidade de tratamento posterior à captação.

A composição físico-química das amostras inclui a determinação dos parâmetros que são importantes na questão do reuso por caracterizar as águas residuais, indicando através do padrão de qualidade apresentado em qual atividade essa água pode ser reutilizada.

Dependendo da qualidade físico-química e da tendência agressiva ou corrosiva da água descartada pelos drenos de aparelhos de ar condicionados, elas poderão ser aproveitadas para usos não potáveis.

Diversas são as atribuições para usos não potáveis, com fins:

- Agrícolas;
- Industriais;
- Urbanos;
- Aquicultura;
- Manutenções de vazões;
- Recarga de aquífero subterrâneo.

O uso para irrigação de jardins e para vasos sanitários, foram os usos estudados nessa pesquisa.

Uma avaliação da tendência corrosiva ou incrustante da água foi feita através de um dos índices de estabilização da água, o índice de Ryznar, com a finalidade de prevenir e ou realizar manutenções necessárias ao bom funcionamento do equipamento.

Os resultados obtidos também foram comparados com os valores estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, porque nos usos citados, as pessoas podem entrar em contato com a água por meio da pele e,

se a água qualidade potável, essas pessoas não estarão expostas a riscos de contraírem doenças.

3.4 Parâmetros físico-químicos

Com base nos índices de estabilidade os parâmetros selecionados para o estudo foram os seguintes:

3.4.1 Alcalinidade

A alcalinidade é gerada pela presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, dos elementos cálcio, magnésio, potássio e sódio. Este parâmetro indica a capacidade de neutralizar ácidos ou minimizar variações de pH. Esta análise tem grande importância para instalações de tratamento de água, pois está relacionada com o processo de coagulação com floculantes, etapa do processo de tratamento de água convencional, permitindo a prevenção de incrustações e corrosão de canalizações de ferro fundido.

a) Reações de dióxido de carbono



3.4.2 Cloretos

Um dos principais constituintes aniônicos das águas e efluentes é o cloreto. Ele ocorre naturalmente ou devido a poluição em águas doces. As descargas de esgotos sanitários em águas superficiais e efluentes domésticos são fontes importantes. Cada pessoa expele através da urina aproximadamente 6 g de cloreto ao dia, logo, os esgotos apresentam concentrações de cloreto que ultrapassam 15 mg/L, assim esse íon pode funcionar como indicador de poluição por parte de esgotos sanitário (BECKER, 2010).

Concentrações elevadas de cloretos na água a tornam corrosiva, podendo causar danos a tubulações metálicas e estruturas de concreto. Nos processos de tratamento o teor de cloreto não é afetado, pode ser apenas reduzido por diluição ou eliminado por trocadores

iônicos, osmose reversa ou evaporação (POHLING, 2009). Devido a boa solubilidade dos cloretos em água, elas não causam incrustações.

3.4.3 Condutividade

A condutividade é um parâmetro que mede a capacidade da solução de conduzir corrente elétrica através de íons dissociados. Os compostos inorgânicos são relativamente bons condutores, enquanto os orgânicos são de difícil dissociação.

A importância desta análise mostra a possível concentração de íons, onde pode se avaliar a existência de uma alta concentração desses íons presentes na amostra, evidenciando possíveis incrustações e corrosões.

3.4.4 Dureza

A dureza é um parâmetro característico da qualidade de água. Ela é provocada pela presença principalmente de sais de cálcio e magnésio, a formação de compostos insolúveis impede o desenvolvimento de espuma. Assim a água dura representa problemas para lavagens em geral. (POHLING, 2009).

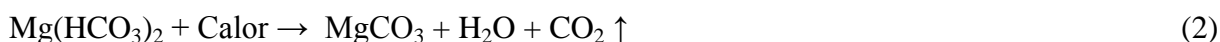
Existe uma classificação para a dureza de acordo com os constituintes envolvidos:

- a) dureza Total: é a dureza provocada pela presença de íons cálcio e magnésio;
- b) dureza de Cálcio: ocasionada somente por sais de cálcio;
- c) dureza de Magnésio gerada apenas por sais de magnésio;
- d) dureza de Carbonato: provocada por bicarbonato.

Há ainda designação de dureza temporária e permanente. A dureza é denominada permanente, quando desaparece com o calor. Ou melhor, através de aquecimento da água que apresenta bicarbonato de cálcio e/ou magnésio, ocorre liberação de CO_2 e precipitação de carbonato de cálcio e/ou magnésio, sendo removida (POHLING, 2009). Já a dureza permanente é aquela que não pode ser removida por aquecimento, nela os íons cálcio e magnésio são apresentados na forma dos ânions cloretos, nitrato, sulfatos, sendo removidos apenas por ação de substâncias como hidróxido de sódio e cálcio entre outros que promovem

o abrandamento. A dureza é expressa em mg de CaCO_3 por litro. As reações 1 e 2 para a dureza temporária e as reações 3, 4 e 5 para a dureza permanente estão representadas a seguir:

a) Reações da dureza temporária:



b) Reações da Dureza permanente:



A classificação da água com a dureza (tabela 2), na escala americana está representada abaixo:

Tabela 2 - Escala de dureza da água em graus alemães

1DH° (grau alemão)= 10 mg de CaCO_3 L=10 pp de CaO	Grau de dureza
2 – 4 DH°	Muito branda
4 – 8 DH°	Branda
8 – 12 DH°	Semi-dura
12 – 18 DH°	Dura
18 – 30 DH°	Bastante dura
> 30 DH°	Muito dura

3.4.5 Ferro total

As águas naturais contêm pequena e variável quantidade de ferro. Apesar de sua abundância e distribuição serem significativas. A presença de ferro em águas subterrâneas está associada a dissolução deste minério por gás carbônico da água. Em águas superficiais, o nível de ferro aumenta com as chuvas, devido ao carreamento do solo. Efluentes industriais, principalmente de indústrias metalúrgicas, que realizam o processo de decapagem; processo de remoção da camada oxidada, antes do uso das peças. Nas estações de tratamento o emprego de coagulantes a base de ferro podem aumentar seu teor na água (POHLING, 2009).

O ferro está presente na água em seus estados de oxidação Fe^{2+} (íon férrico) e Fe^{3+} (íon ferroso) e geralmente está associado ao manganês. O ferro ferroso é mais solúvel portanto é responsabilizado pelos inconvenientes na água. O ferro, embora não seja tóxico, causa problemas aos sistemas de abastecimento, por conferir cor e sabor a água, provocar manchas em roupas e utensílios. Causa ainda deposição em canalizações e o desenvolvimento de ferro-bactérias, que provocam contaminação biológica. Logo, o ferro é um padrão que indica a potabilidade das águas, a Portaria de Consolidação, de 05 de setembro de 2017, do Ministério da saúde estabelece $0,3 \text{ mgFeL}^{-1}$ como limite aceitável de Ferro. Com relação aos esgotos, no Estado de São Paulo o limite é de $15,0 \text{ mgFeL}^{-1}$ presente em efluentes descarregados nas redes de esgotos (BECKER, 2010).

O ferro é determinado em água, comumente, por meio de espectrometria. Através de reação de complexação com a ortofenantrolina. Na determinação de ferro total é necessária a redução de Fe^{3+} a Fe^{2+} , antes da determinação espectrofotométrica. Para isso são adicionados hidroxilamina em meio ácido sob aquecimento. Para a remoção pode ser realizada por filtros, osmose reversa ou precipitação do Fe^{3+} (POHLING, 2009).

3.4.6 Nitrato

O nitrato é um composto comumente presente nas águas do subsolo. E está presente em traços nas águas superficiais. Para a água ser considerada potável deve ter concentração inferior a $10 \text{ mgNO}_3\text{L}^{-1}$, pois pode causar doença letal para as crianças, meta-hemoglobinemia infantil. O nitrato chega aos aquíferos devido ao esgoto doméstico, adubação do solo, e também por serem amplamente usados como defensivos agrícolas e fertilizantes. (PIVELLI, 2005).

Apesar de o nitrogênio ser abundante na superfície terrestre, os níveis naturais de seus compostos na natureza são baixos. Vê-se ciclo biogeoquímico do nitrogênio, que as bactérias são responsáveis pela decomposição de substâncias orgânicas e captação de nitrogênio para posteriores transformação em nitrito e nitrato. Os nitratos são extremamente solúveis e não evaporam podendo permanecer na água até retornarem as plantas e outros organismos (POHLING, 2009).

3.4.7 Nitritos

O nitrito é uma forma oxidada do nitrogênio, presente nas águas devido as decomposições de compostos orgânicos nitrogenados provenientes de esgotos. (BECKER, 2010).

O nitrito é frequentemente usado em processos químicos industriais, por exemplo, na preservação de alimentos. Entretanto, deve haver cuidados com esse uso, pois há o risco da formação de nitrosaminas, substância que é prejudicial a saúde do homem e de outros animais. Teores elevados na água são indícios de poluição.

3.4.8 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH), indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade, neste caso, da água, através da concentração de íons H^+ presentes. O pH é determinado através de uma escala que tem intervalo de 0 a 14, obtida através da expressão matemática para o potencial hidrogeniônico. Matematicamente o pH representa a atividade de H^+ na água, de forma logaritmizada. (SOUSA, 2013). Expressão matemática para pH: $pH = -\log_{10}[H^+]$.

É um parâmetro importante a ser avaliado no controle de qualidade das águas, já que interfere em equilíbrios químicos e operações unitárias no tratamento das águas. A desinfecção pelo cloro, a precipitação química de metais pesados, oxidação química de cianeto, quebra de emulsões oleosas são exemplos de processos no tratamento de água e efluentes que dependem das variações de pH.

O pH é um padrão de potabilidade, de acordo com Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, as águas para abastecimento público devem apresentar valores entre 6,0 e 9,5. As restrições de pH são estabelecidas para várias classes de águas, permitindo variação moderada do valor de pH igual a 7,0, pela legislação federal, por meio da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e legislação do estado de São Paulo (Decreto nº 8468). O pH ideal para a água está entre 7,0 e 7,5 (BRASIL, 2006).

O pH pode ser determinado precisamente por intermédio de eletrodo seletivo que constitui aparelho pHmetro. Essa medida é importante tanto por interferir no grau de solubilidade de diversas substâncias como pela acidez das águas estarem relacionada a problemas corrosão. (SOUZA, 2013).

3.4.9 Sulfatos

O sulfato é um ânion abundante naturalmente. Ocorrendo pela dissolução de rochas, oxidação de sulfetos. As fontes de sulfato em águas superficiais são esgotos domésticos e efluentes das indústrias. (BECKER, 2010).

O sulfato pode provocar incrustações em caldeiras e trocadores de calor, e na água tratada sua ingestão tem efeito laxativo. Na rede de esgotos pode haver a transformação se sulfato em sulfeto, havendo liberação de gás sulfídrico que é tóxico e gera problemas relacionados a corrosão. Os lavadores de gases e curtumes são responsáveis pela elevação do teor de sulfato em aquíferos.

3.4.10 Turbidez

A turbidez é um aspecto que define a clareza da água para consumo humano, e para a indústria, onde o aspecto transparente é importante para aceitação da água.

Partículas finamente dividida que formam uma suspensão coloidal é o que origina a turbidez na água, onde subjetivamente demonstra a presença de diversos materiais, sendo orgânicos ou inorgânicos, até mesmo micribiota.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas em oito diferentes aparelhos de ar condicionados do modelo split, sendo quatro deles residenciais, três de ambiente escolar, e um de clínica protética.

Todas as amostras foram coletadas em frascos adequados para os parâmetros analisados e conservadas em caixas de isopor com gelo até a chegada ao laboratório.





Para as análises físico-químicas dos parâmetros dureza total, cálcio, cloretos, pH à 25°, condutividade à 25°C, ferro total, nitritos e turbidez foram seguidos os procedimentos descritos em no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater. (APHA, 2012), para nitratos (J. RODIER, 1998), para sulfatos (LUTZ, 2005) e para alcalinidade (MACEDO, 2003).

O método titulométrico foi utilizado para as análises dos parâmetros alcalinidade total e parcial, dureza total, cálcio e cloretos.

O método espectrofotométrico foi utilizado para as análises dos parâmetros ferro total, nitratos, nitritos e sulfatos. O equipamento utilizado foi o espectrofotômetro marca Thermo Scientific, modelo Orion Aquamate 8000. Foram construídas curvas de calibração de soluções padrões de concentrações conhecidas de cada parâmetro versus a leitura da absorbância para o cálculo da concentração através da regressão linear, para obter a equação da reta, construída pelo próprio equipamento, que também, já mostra o valor da concentração diretamente no visor.

Os reagentes utilizados para o preparo das soluções necessárias para as análises foram de pureza analítica (P.A.) de procedência Merck e Vetec.

Figura 3 - Parâmetros, equipamentos e métodos.

PARÂMETROS	EQUIPAMENTOS	MÉTODOS	REAGENTES
Alcalinidade ($\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$)		MACEDO, 2003	Solução padrão de Ácido sulfúrico, 0,02 N Alaranjado de metila 0,01%
Cloretos ($\text{mgCl}\cdot\text{L}^{-1}$)		4500 Cl- B - APHA, 2012	Solução padrão de AgNO_3 , 0,0141 M Cromato de potássio 5%
Condutividade		2510 CONDUCTIVITY- B - APHA, 2012	Solução padrão $1412 \mu\text{S}^{-1}$
Dureza total ($\text{mgCaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$)		2340 DT – APHA, 2012	Solução padrão de EDTA 0,01 M Solução tampão pH 10 Trietanolamina Negro de Eriocromo T

Ferro total (mgFe.L ⁻¹)		3500 Fe – APHA, 2012	Solução padrão de Ferro de 10,0 ppm HCl concentrado Cloridrato de hidroxilamina Acetato de amônia Ortofenantrolina
Nitratos (mgNNO ₃ .L ⁻¹)		COLORIMÉTRICO SALICILATO DE SÓDIO, RODIER, 1990	Solução padrão de KNO ₃ de 100,0 ppm, salicilato de sódio, ácido sulfúrico e tartarato de sódio e potássio
Nitritos (mgNNO ₂ .L ⁻¹)		4500-NO ₂ B COLORIMÉTRICO N- NAFTIL	Reagente colorimétrico
pH à 25°C		4500 H· B – APHA, 2012	Soluções tampões pH 4,0 e 7,0
Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ .L ⁻¹)		214/IV, LUTZ, 2005	Solução padrão de SO ₄ ²⁻ de 100,0 ppm, ácido-sal e cloreto de bário
Turbidez		2130 TURBIDITY – APHA, 2012	Solução padrão de 0,1 NTU, 0,8 NTU, 80 NTU, 1000 NTU

Fonte: elaborado pelo autor

4.1 Realização das análises físico-químicas

4.1.1 Determinação da Alcalinidade parcial (AP) e total (AT)

A determinação da alcalinidade foi realizada através da titulação de neutralização da amostra com ácido sulfúrico (H₂SO₄), utilizando-se os indicadores, fenolftaleína e alaranjado de metila. Utilizou-se o indicador fenolftaleína para determinação da alcalinidade

parcial que é referente a alcalinidade gerada pela presença de íons hidróxidos e carbonatos e para a alcalinidade total, que indica a presença de íons bicarbonatos, o indicador alaranjado de metila. As reações 8, 9, 10, 11 e 12 abaixo ilustram as reações ocorridas durante a análise:

a) Alcalinidade de hidróxidos

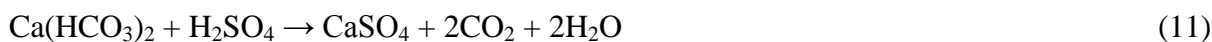


b) Alcalinidade de carbonatos



Em seguida, adicionou-se o indicador alaranjado de metila e então foi continuada a titulação.

c) Alcalinidade devido a presença de bicarbonatos



d) a alcalinidade total será expressa em $\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$, segundo a equação 1:

$$\text{AT (mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}) = V \times f \times N \times 1000 / V_{\text{amostra}} \quad (1)$$

Onde:

V = volume médio gasto da solução de H_2SO_4 0,02 N gasto na titulação

F = fator de correção da solução de H_2SO_4 0,02 N

N = concentração da solução de H_2SO_4 0,02 N

3.1.1.1 Solução padrão de carbonato de sódio 0,02 N

Pesou-se, com o auxílio de um becker, 1,0599 g de carbonato de sódio (Na_2CO_3) previamente seco. Com o auxílio de um bastão, dissolveu-se o cloreto de potássio em 500 ml água destilada ou deionizada. Transferiu-se para balão de 1 L e aferiu-se.

4.1.1.2 Solução alcoólica de fenolftaleína 0,5%

Dissolveu-se 1 g de fenolftaleína em 199 ml de álcool etílico.

4.1.1.3 Solução de alaranjado de metila 0,1 %

Com o auxílio de um becker, pesou-se 0,1 g de alaranjado de metila; a seguir foi feita a diluição em 50 ml de água quente. Após esfriar completou-se o volume para 100 ml com água destilada.

4.1.1.4 Solução de ácido sulfúrico 0,02 N

Pipetou-se 0,6 ml de ácido sulfúrico concentrado, transferindo para balão volumétrico de 1000 ml e aferiu-se com água destilada ou deionizada.

4.1.1.5 Padronização da solução de ácido sulfúrico 0,02 N

Transferiu-se 20,0 ml da solução padrão de carbonato de sódio 0,02 N para um erlenmeyer de 250 ml, adicionou-se 0,5 ml de alaranjado de metila 0,1 %. Titulou-se com a solução de ácido sulfúrico até a mudança de coloração amarela para rosa alaranjado.

4.1.1.6 Procedimento para análise de alcalinidade

Pipetou-se 50 ml de amostra, transferiu-se para um erlenmeyer, de 250 ml, adicionou-se 6 gotas de fenolftaleína 0,5%, havendo mudança de coloração do incolor para rosa, titulou-se com ácido sulfúrico até o completo desaparecimento da cor rosa, em seguida, adicionou-se 9 gotas de alaranjado de metila 0,1%, continuou-se a titulação até o aparecimento da cor rosa alaranjado.

4.1.2 Determinação de Cloretos

4.1.2.1 Solução de cromato de potássio 5 %

Pesou-se 5 g de cromato de potássio fez-se diluição com água milliQ transferiu-se para um balão volumétrico de 100 ml e aferiu-se.

4.1.2.2 Solução padrão de cloreto de sódio – 0,0141 N

Secou-se o reagente cloreto de sódio (NaCl) por 2 horas em estufa à temperatura de 100-105°C, esfriou-se em dessecador por 30 minutos e pesou-se 0,8240 g. Transferiu-se para balão volumétrico de 1 L e aferiu-se com água milliQ.

4.1.2.3 Solução de nitrato de prata – 0,0141 N

Pesou-se 2,395 g de nitrato de prata, dissolveu-se com água miliQ , em seguida a solução foi transferida para um balão volumétrico de 1L e aferiu-se.

4.1.2.4 Padronização da solução de nitrato de prata – 0,0141N

Pipetou-se 20 ml da solução padrão de cloreto de sódio - 0,0141N, transferiu-se para um erlenmeyer de 250 ml. Adicionou-se 1 ml de cromato de potássio 5% e foi realizada titulação com a solução de nitrato de prata até mudança de coloração de amarelo para marrom telha. O cloreto será expresso em (mg Cl⁻.L⁻¹), segundo a equação 4

$$\text{Cl}^- (\text{mg Cl}^- \cdot \text{L}^{-1}) = V \times f \times N \times 500 / V_{\text{amostra}} \quad (4)$$

Onde:

V = volume médio gasto da solução AgNO₃ – 0,0141 N de gasto na titulação

F = fator de correção da solução de AgNO₃ – 0,0141 N

M = concentração da solução de AgNO₃ – 0,0141 N

4.1.2.5 Procedimento para análise de cloreto

Por meio de volumetria direta, utilizando-se o método de Mohr, foi determinado a concentração de cloretos das amostras. Foi adicionado 1 ml da solução de cromato de potássio (K₂CrO₄) - 5 % em 50 ml ou um volume diluído da amostra e em seguida titulou-se com

nitrate de prata (AgNO_3) – 0,0141 N até a mudança de coloração amarela para a cor marrom telha. As reações 15 e 16 ilustram as reações ocorridas durante a análise:

Para o cloreto, reação da titulação direta formando precipitado branco cloreto de prata (AgCl):



Reação do nitrate de prata com o indicador cromato de potássio, reação que indica o ponto final formando o precipitado marrom avermelhado cromato de potássio (Ag_2CrO_4):



4.1.3 Determinação da Condutividade

Ajustou-se o equipamento com soluções de $[\] = 1412\mu\text{S}$ segundo o manual de instruções do fabricante.

Transferiu-se uma quantidade da amostra homogeneizada para um bécker de 100 mL. Lavou-se o eletrodo com água destilada e enxugou-se com um papel macio, em seguida fez-se a imersão do eletrodo no bécker contendo a amostra. Aguardou-se estabilização e anotou-se o resultado mostrado no visor do condutivímetro.

4.1.4 Determinação da dureza

4.1.4.1 Solução padrão de EDTA 0,01 M

Pesou-se 3,723 g de EDTA P.A. que foi dissolvido em água destilada. Transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L e aferiu-se.

4.1.4.2 Padronização da solução de EDTA 0,01 M

Pipetou-se, em duplicata, 20 mL da solução padrão de óxido de zinco 0,01M utilizando uma pipeta volumétrica que foi transferido para um erlenmeyer. Adicionou-se 20mL de água destilada a seguir acrescentou-se 5 mL de hidróxido de amônio P.A. por fim,

foi adicionada uma pitada de negro de eriocromo T e Titulou-se com a solução de EDTA 0,01 M até mudança de coloração de rosa para azul.

a) a dureza de cálcio será expressa em (mg Ca⁺⁺.L⁻¹), segundo a equação 2:

$$\text{Ca}^{++} \text{ (mg Ca}^{++}\text{.L}^{-1}\text{)} = V \times f \times M \times 400 / V_{\text{amostra}} \quad (2)$$

Onde:

V = volume médio gasto da solução EDTA 0,01 M de gasto na titulação

F = fator de correção da solução de EDTA 0,01 M

M = concentração da solução de EDTA 0,01 M

4.1.4.3 Dureza total (DT)

4.1.4.3.1 Solução tampão pH 10

Inicialmente pesou-se 67,5 g de cloreto de amônio, dissolvendo-o em 570 ml de hidróxido de amônio. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 1L e aferiu-se com água destilada.

4.1.4.3.2 Procedimentos para análise de dureza total

A presença de sais de cálcio e magnésio são responsáveis pela dureza da água. A partir da determinação da concentração total de Ca²⁺ e Mg²⁺ verifica-se o grau da dureza total de cada amostra, através da volumetria de complexação. Inicialmente 50 ml ou um volume diluído da amostra foi tamponada para pH 10 com solução tampão (hidróxido de amônio e cloreto de amônio). Em seguida adicionou-se o indicador negro de eriocromo T e titulou-se com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA). – 0,01 M, até mudança de coloração de vinho para azul.

As reações 13 e 14 abaixo, ilustram as reações de complexação ocorridas durante a análise:



a) a dureza total será expressa em ($\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$), segundo a equação 3

$$\text{DT} (\text{mgCaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}) = V \times f \times M \times 1000 / V_{\text{amostra}} \quad (3)$$

Onde:

V = volume médio gasto da solução EDTA 0,01 M de gasto na titulação

F = fator de correção da solução de EDTA 0,01 M

M = concentração da solução de EDTA 0,01 M

4.1.4.4 Dureza de Cálcio (3500 Ca⁺⁺ B – APHA, 2012)

4.1.4.4.1 Solução de hidróxido de sódio 10%

Inicialmente, pesou-se 10 g de NaOH P.A, diluiu em um mínimo de água possível, após a transferiu-se para um balão volumétrico de 100 mL e aferiu-se com água destilada.

4.1.4.4.2 Procedimentos para análise de dureza de cálcio

Para determinação de Ca²⁺ foi realizada a titulação de 50 ml da amostra ou de um volume diluído, adicionados com 2 ml de uma solução de hidróxido de sódio 10%, para ajustar o pH para 7 e o indicador murexida, até a mudança de coloração de róseo para lilás.

4.1.5 Determinação de Ferro Total

4.1.5.1 Solução Cloridrato de hidroxilamina

Dissolveu-se 50 g de cloridrato de hidroxilamina em água destilada. Transferiu-se para um balão volumétrico de 500 ml e aferiu-se.

4.1.5.2 Solução de Acetato de amônio

Dissolveu-se 250 g de acetato de amônio em 150 ml de água destilada e adicionou-se 700 ml de ácido acético glacial concentrado.

4.1.5.3 Solução de ortofenantrolina

1 g de ortofenantrolina P.A. foi dissolvida com água destilada a quente, esfriou-se e então adicionaram-se 2 gotas de ácido clorídrico. Transferiu-se para balão de 1 L e aferiu-se.

4.1.5.4 Procedimento para análise de Ferro total

Para a realização desta determinação é necessário a presença do íon Fe^{2+} , para tanto foram adicionados 2 ml de ácido clorídrico (HCL) P.A. e 1 ml de cloridrato de hidroxilamina em 50 ml da amostra e, em seguida a amostra foi aquecida. Esperou-se esfriar, e então acrescentaram-se 10 ml da solução de acetato de sódio e 4 ml da solução de ortofenantrolina. Fez a leitura no espectrofotômetro em comprimento de onda = 510 nm. A concentração de ferro é obtida segundo a equação da reta abaixo, equação 5:

$$C (\text{mgFe.L}^{-1}) = ((\text{Abs} - A) / B) \times F \quad (5)$$

Onde:

Abs = absorvância da amostra

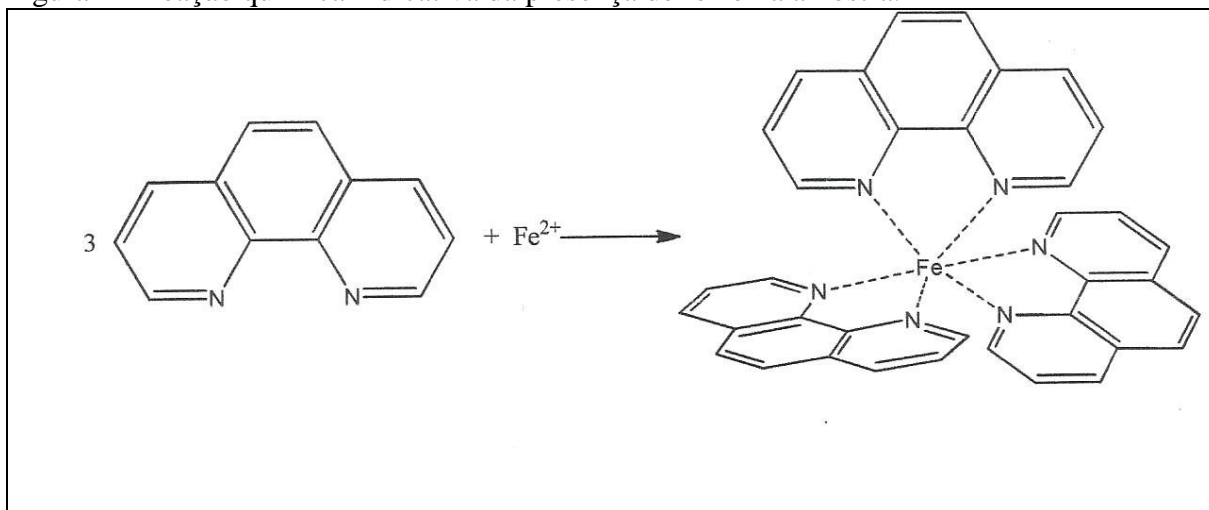
A = coeficiente linear da reta

B = coeficiente angular da reta

F = fator de diluição da amostra, se existir

A figura 4 abaixo mostra a reação ocorrida durante a análise.

Figura 4 - Reação química indicativa da presença de ferro na amostra.



Fonte: Souza (2013).

4.1.6 Determinação de Nitratos

4.1.6.1 Solução de salicilato de sódio 0,5 %

Pesou-se 5 g de salicilato de sódio P.A foi dissolvido com água destilada e transferido para balão volumétrico de 100 ml e aferiu-se.

4.1.6.2 Solução de hidróxido de sódio com tartarato de sódio e potássio

Diluiu-se 400 g de hidróxido de sódio em de 600 ml de água destilada, aguardou-se o esfriamento. Pesou-se 60g de tartarato de sódio e potássio tetra hidratado e dissolveu-se em 200 ml de água destilada. Após o esfriamento as soluções foram então misturadas em balão de 1 L e aferiu-se.

4.1.6.3 Procedimento para análise de Nitratos

Em um becker de 125 ml, pipetou-se um volume de 10 ml da amostra, foi adicionado 1 ml da solução de salicilato de sódio 1%, que foi colocado em chapa aquecedora até a evaporação. Seguidamente a etapa de evaporação, foram adicionados 2 ml de ácido sulfúrico P.A., depois de frio, adicionou-se 15 ml de água destilada e depois o mesmo volume de solução de tartarato de sódio e hidróxido de sódio, que tem a função de complexar os interferentes metálicos, neutralizando-os. A solução foi agitada para completa homogeneização e, então foi feita a leitura da concentração no espectrofotômetro em comprimento de onda = 420 nm. A concentração de nitratos é obtida segundo a equação da reta abaixo, equação 6:

$$C (\text{mg NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}) = ((\text{Abs} - A) / B) \times F \quad (6)$$

Onde:

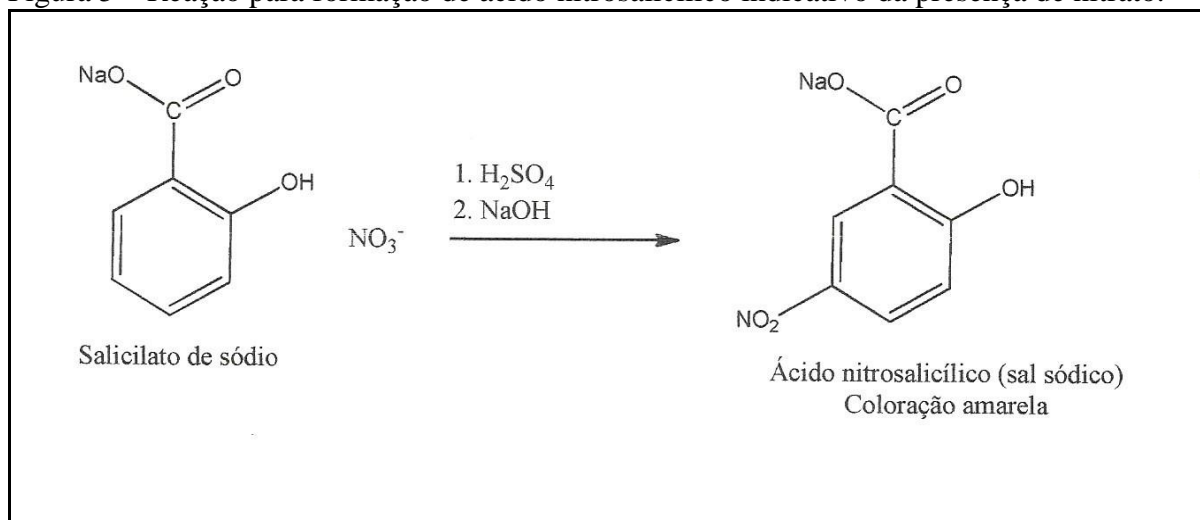
Abs = absorvância da amostra

A = coeficiente linear da reta

B = coeficiente angular da reta

F = fator de diluição da amostra, se existir

Figura 5 – Reação para formação de ácido nitrosalicílico indicativo da presença de nitrato.



Fonte: Souza (2013)

4.1.7 Determinação de Nitritos

4.1.7.1 Solução colorimétrica

Dissolveu-se 5 g de sulfanilamida em 50 ml de ácido fosfórico, em seguida pesou-se 0,5 g de α -naftil, misturou-se com a solução acima até dissolver. Transferiu-se para um balão volumétrico de 500 ml, aferiu-se com água destilada.

4.1.7.2 Procedimento para análise de Nitritos

Para a determinação da concentração de nitrito, adicionou-se 0,4 ml de solução colorimétrica (sulfanilamida + N-1-naftil etilenodiamino) a 10 ml da amostra. O sal diazônico, que apresenta coloração vermelho púrpura é formado. Este sal é proporcional a concentração de nitrito na amostra. Fez-se a leitura no espectrofotômetro, em comprimento de onda = 543 nm (figura 20). A concentração de nitritos é obtida segundo a equação da reta abaixo, equação 7:

$$C (\text{mgNO}_2^- \cdot \text{L}^{-1}) = ((\text{Abs} - A) / B) \times F \quad (7)$$

Onde:

Abs = absorvância da amostra

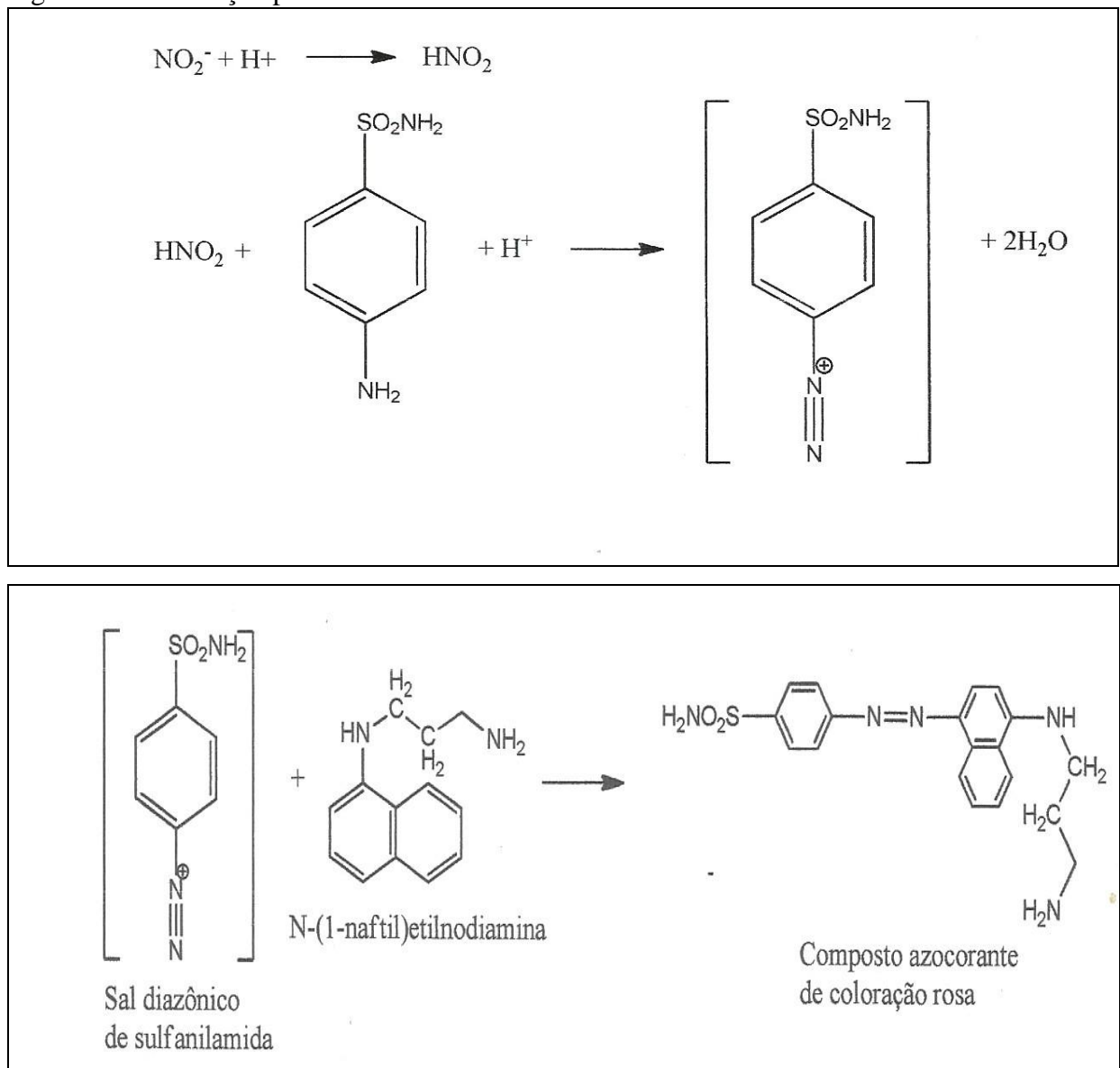
A = coeficiente linear da reta

B = coeficiente angular da reta

F = fator de diluição da amostra, se existir

As figuras 6 e 7 mostram as reações que ocorrem durante a análise.

Figuras 6 e 7 - Reação para formar sal diazônico



Fonte: Souza (2013).

4.1.8 Determinação de Sulfatos (SO_4^{2-})

4.1.8.1 Solução de sulfato de sódio

Pesou-se 0,1479 g de sulfato de sódio seco e esfriado em dessecador, transferiu-se para um balão volumétrico de 1000 ml e aferiu-se a solução.

4.1.8.2 Solução ácido-sal

Em 900 ml de água destilada foram adicionados 20 ml de ácido clorídrico (HCl) P.A. e dissolvidos 240 g de cloreto de sódio (NaCl). Aguardou-se esfriar. E então transferiu-se para balão de 1 L.

4.1.8.3 Procedimento para análise de Sulfatos

Adicionou-se a 50 ml da amostra, 10 ml da solução sal-ácido, preparada com cloreto de sódio e ácido clorídrico, e meia espátula do reagente cloreto de bário P.A., formando o precipitado sulfato de bário (BaSO_4^{-2}). Fez-se a leitura no espectrofotômetro em comprimento de onda de 420 nm.

A concentração de sulfatos é obtida segundo a equação da reta abaixo, equação 8:

$$C (\text{mg SO}_4^{2-} \cdot \text{L}^{-1}) = ((\text{Abs} - A) / B) \times F \quad (8)$$

Onde:

Abs = absorvância da amostra

A = coeficiente linear da reta

B = coeficiente angular da reta

F = fator de diluição da amostra, se existir

A reação química ocorrida na análise é ilustrada na reação 17 abaixo:



4.1.9 Determinação de pH à 25°C

Ajustou-se o equipamento com soluções tampões pH = 4,00 e 7,00 segundo o manual de instruções do fabricante.

Transferiu-se uma quantidade da amostra homogeneizada para um bécker de 100 mL. Lavou-se o eletrodo com água destilada e enxugou-se com um papel macio, em seguida fez-se a imersão do eletrodo no bécker contendo a amostra. Aguardou-se estabilização e anotou-se o resultado mostrado no visor do pHmetro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados experimentais

Todas as análises foram feitas em triplicatas, sendo calculado as médias e os desvios padrões, pois aumenta a confiabilidade dos resultados.

As tabelas 3 e 4 apresentam os resultados da análise físico-química em comparação com os limites estabelecidos pela PRC nº 07/2017 MS. Os dados mostram que todos os parâmetros analisados respeitaram os limites estabelecidos pela legislação e comprovam a água como fonte viável e segura para o reúso.

Tabela 3 – Resultados médios obtidos

Parâmetros	Resultados Médios e Desvio Padrão			
	Amostra 1 ¹	Amostra 2 ¹	Amostra 3 ¹	Amostra 4 ²
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	39,9±0,050	20,1±0,058	20,0±0,050	18,0±0,000
Bicarbonatos (mgHCO ₃ L ⁻¹)	36,5±0,050	4,9±0,000	24,3±0,050	21,9±0,050
Carbonatos (mgCO ₃ L ⁻¹)	7,2±0,050	9,5±0,050	≤ LQ	≤ LQ
Hidróxidos (mgOHL ⁻¹)	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ
Dureza total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ
Cálcio (mgCa ²⁺ L ⁻¹)	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ
Cloretos (mgCLL ⁻¹)	2,0±0,000	3,0±0,000	2,0±0,000	2,5±0,050
Ferro total (mgFeL ⁻¹)	0,31±0,008	0,36±0,006	0,33±0,014	3,13±0,029
Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ L ⁻¹)	53,4±0,050	47,3±0,050	46,2±0,058	≤ LQ
Nitratos (mgNNO ₃ L ⁻¹)	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ
Nitritos (mgNNO ₂ L ⁻¹)	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ
Turbidez (NTU)	0,6±0,00	0,4±0,00	0,5±0,00	21,0±0,00
pH a 25°C	7,37±0,00	7,55±0,000	6,65±0,000	7,18±0,000
Condutividade (microS.cm ⁻¹)	75,33±0,000	31,78±0,000	23,58±0,000	29,70±0,000

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 4 – Resultados médios obtidos para as amostras de água descartadas

Parâmetros	Resultados Médios e Desvio Padrão			
	Amostra 5 ²	Amostra 6 ²	Amostra 7 ³	Amostra 8 ¹
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	18,0±0,000	51,9±0,050	14,0±0,050	16,1±0,050
Bicarbonatos (mgHCO ₃ L ⁻¹)	21,9±0,050	53,6±0,000	17,0±0,050	19,6±0,058
Carbonatos (mgCO ₃ L ⁻¹)	≤ LQ	4,7±0,050	≤ LQ	≤ LQ
Hidróxidos (mgOHL ⁻¹)	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ
Dureza total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	≤ LQ	11,1±0,050	≤ LQ	≤ LQ
Cálcio (mgCa ²⁺ L ⁻¹)	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ
Cloretos (mgCLL ⁻¹)	3,0±0,000	3,5±0,050	2,0±0,050	2,5±0,050
Ferro total (mgFeL ⁻¹)	1,01±0,005	0,69±0,005	0,09±0,005	0,12±0,005
Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ L ⁻¹)	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	5,1±0,050
Nitratos (mgNNO ₃ L ⁻¹)	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ	≤ LQ
Nitritos (mgNNO ₂ L ⁻¹)	0,2±0,001	≤ LQ	≤ LQ	0,004±0,000
Turbidez (NTU)	0,3±0,00	3,21±0,00	≤ LQ	≤ LQ
pH a 25°C	7,18±0,000	7,18±0,00	4,28±0,004	7,19±0,004
Condutividade (microS.cm ⁻¹)	28,41±0,000	102,66±0,000	45,37±0,00	46,20±0,000

Fonte: elaborada pela autora.

O pH é um indicativo importante na avaliação da conformidade da água para irrigação, Almeida (2010) afirma que o intervalo usual de pH da água deve estar entre 6,0 e 8,5 e a condutividade elétrica entre 0 - 300 µS/cm para usos de irrigação. Os resultados obtidos para o pH e condutividade foram 6,27 e 27,5 µS/cm, respectivamente, valores coerentes com o proposto pela literatura. Vale salientar que, além das características físico-químicas, fatores associados ao manejo de irrigação, condições climáticas, tipo de solo e a tolerância das culturas também devem ser analisados em conjunto na avaliação da adequabilidade da água para irrigação (SILVA *et al.*, 2011).

Quanto à condutividade, não há restrições na presente na legislação, Cunha *et al.* (2014) afirma que valores de condutividade altos sugerem a presença de íons, que por sua vez podem ser misturados com a água durante o processo de condensação, ao passo que para valores baixos, a água é considerada ultrapura e instável, absorvendo contaminantes do meio para se estabilizar. Entretanto, os resultados da análise de metais/cátions indicam que as concentrações estão muito abaixo dos limites exigidos pela legislação.

Os resultados obtidos por Rocha (2017), para pH = 6,27 e condutividade = 27,5 MicroSiemens/cm, colaboram com os resultados obtidos nesse estudo.

¹Ar cond. residencial; ²Ar cond. escola; ³Ar cond.clinica protética

Tratando-se de água descartada por dreno, não há portaria ou lei que regularize os limites, considerou-se assim como efluente, cujos limites devem ser obedecidos de acordo com a COEMA 02/2017.

5.2 Cálculo do índice de Ryznar

Para determinar o índice de Ryznar (RI), foi utilizado a tabela de Ryznar stability index calculator, segundo descrito em WATER TREATMENT SOLUTIONS (lenntech.com), indicado na tabela 5.

Tabela 5 – Ryznar stability index calculator

PARÂMETROS	AMOSTRAS							
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8
pH a 25°C	7,4	7,6	6,7	7,2	7,2	7,2	4,3	7,2
Condutividade (microscm ⁻¹) ou Sólidos totais dissolvidos (TDS)(mgL ⁻¹)	57,0	24,0	18,0	22,0	21,0	77,0	34,0	35,0
Cálcio (mgCa ²⁺ L ⁻¹)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Bicarbonatos (mgHCO ₃ L ⁻¹)	37,0	5,0	24,0	22,0	22,0	4,8	17,0	20,0
Temperatura da água (°C)	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
pH de saturação (pHs)	9,6	10,0	9,8	9,8	9,8	10,0	9,9	9,9
Índice de Ryznar (RI)	12	13	13	12	12	14	16	13

Fonte: Ryznar Stability Index Calculator

Os critérios usados para dar uma indicação sobre a agressividade da água são comparados na tabela 6.

Ryznar dá uma indicação sobre a agressividade da água, e Carrier dar uma indicação sobre a escala e o potencial de corrosão da água.

Tabela 6 – escala e o potencial de segundo (CARRIER, 1965)

ÍNDICE DE RYZNAR (RI)	INDICAÇÃO (CARRIER, 1965)
4,0 - 5,0	Heavy scale
5,0 - 6,0	Light scale
6,0 - 7,0	Little scale or corrosion
7,0 - 7,5	Corrosion significant
7,5 - 9,0	Heavy corrosion
>9,0	Corrosion intolerable

Fonte: Ryznar Stability Index Calculator

Assim, quando é calculado o índice de agressividade, é possível correlacionar os dois resultados, concluindo em qual parâmetro se enquadra melhor, para direcionar o tipo de tratamento mais adequado, onde minimiza a agressão da água em equipamentos, tubulações e etc.

6 CONCLUSÃO

O estudo mostrou que o investimento em sistemas de reúso da água proveniente de aparelhos de ar condicionados para fins não potáveis, como a irrigação, é uma alternativa viável diante do contexto da escassez hídrica e da adversidade das condições de abastecimento de água à população urbana no Brasil. Os resultados obtidos são bastante satisfatórios, uma vez que possibilita adequar a qualidade da água de fontes alternativas para usos menos restritivos das edificações de modo comprometido com ações sustentáveis.

As análises físico-químicas indicaram que a água drenada pelos ar condicionados, são uma fonte viável e segura de reúso direto para fins não potáveis, como irrigação e lavagens. Os objetivos propostos inicialmente foram alcançados, primeiramente ao avaliar a qualidade das águas descartadas por aparelhos de ar condicionados com a finalidade de selecionar qual tipo de reúso seria mais adequado, de acordo com os resultados da composição físico-química dessas águas, e ao comparar os resultados obtidos com os resultados da Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, onde estabelece critérios e diretrizes para o reúso da água, e comparar também os resultados com a Resolução nº 02, de 02 de fevereiro de 2017, do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA), dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras.

Dessa maneira o estudo confirma a qualidade dessa água. Além dos benefícios esperados, outro fator de grande relevância é a contribuição sobre ações ambientalmente inteligentes para formação de futuros profissionais e o incentivo a novas práticas de conservação e uso sustentável dos recursos hídricos, bem como a facilidade de manter a qualidade da água dentro dos padrões aceitáveis para reúso.

Porém, apesar de estar dentro dos parâmetros para reúso, a análise de ferro total deve ser observada, pois quando este estar acima de $0,3 \text{ (mgFeL}^{-1}\text{)}$, pode ocorrer de modificar as características organolépticas, como cor e sabor da água, bem como a ocorrência de manchas em roupas e em louças sanitárias, além de possíveis depósitos no interior dos equipamentos ou desgastes dos mesmos, devido a reações de reduções ou oxidações,

dependendo dos fatores externos, essas modificações e reações podem ser causadas por contaminação biológica, principalmente com a presença de ferro-bactérias, conhecidas por se alimentarem de ferro ferroso dissolvidos e transforma-lo em óxido férrico, o processo ocorre com concentrações acima de 1 mg/l de ferro, mas necessitando de pelo menos 3 ppm de oxigênio dissolvido. A presença de ferro destaca também uma provável alteração no interior do equipamento, como uma possível corrosão, sendo teoricamente calculada pelos índices de RYZNAR, e descartada as incrustações pela baixa concentração dos carbonatos presentes nas amostras.

A conservação, a limpeza, e o ambiente em que se encontram os aparelhos de ar condicionados, são de extrema importância, minimiza as contaminações, sejam elas inorgânicas, orgânicas ou microbiológicas, e de possíveis danos no próprio equipamento, pois as amostras que foram coletadas do ambiente domiciliar e escolar, onde o ar possui pH dentro do limite tendendo a neutralidade, não houve discrepância considerável nos resultados, enquanto que a água coletada em ambiente industrial, onde é feito uso de diversos compostos químicos para fabricação de próteses dentárias, foi confirmada a presença de íons solúveis na água justificada pelo pH que foi muito abaixo do esperado, índice que não pode ser julgado apenas por ele, mas que demonstra a ligação entre diversos fatores, entre eles a absorção de gases presentes no ambiente, sugere-se análises complementares para caracterização desses possíveis contaminantes.

REFERÊNCIAS

- AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e social-IPARDES, 2001, 260p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A História do Uso da Água no Brasil. Do descobrimento ao século XX**. [S.L.] Athalaia, 2007. Disponível em : http://www.tratamentodeagua.com.br/a1/artigo/livro_historia_agua.pdf. Acesso em : 24 fev. 2013
- ALMEIDA, G. M. **Aspectos legais para a água de reúso**. VÉRTICES. Campos dos Goytacazes/RJ, V. 13, n. 2, p. 31-43, maio/ago.2011.
- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- APHA. Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater. American Public Associations. 21th Washington DC. 2005.
- ASSIRATI, L.; PEREIRA, A. C.; NUNES, O. A. L. **Sistema de refrigeração cíclico para utilização em destilador térmico**. Quím. Nova, 2011, Vol. 34, Nº 2, p. 344-345.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação: Referências. Elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.
- BASTOS, Cleverson Leite; KELLER, Vicente. **Aprendendo a aprender**: introdução à metodologia científica. 19. ed. Petrópolis: Vozes, 2006.
- BECKER, H. S.; **Apostila de Controle Analítico de Águas** – 5ª versão, Fortaleza, 2010.
- BIASOLI, WANDER MENDES. **Água e saúde**. Fortaleza. 2000. 224 p.
- BILICH, M. R.; LACERDA, M. P. C. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF), por meio de geoprocessamento. In: XII **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 16-21 abril 2005, Goiânia. **Anais**: Goiânia: INPE, 2005.
- BITTAR, Eduardo Carlos Bianca. **Linguagem jurídica**. São Paulo: Saraiva, 2001.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 20 maio 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da água para consumo humano**/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212p. – (Série B. Textos Básicos em Saúde)
- CAVALCANTE, D. P. ; SABINO, L.B.S. ; BEZERRA, K. M. ; TORRES, G. R. ; GOMES,

M.G. e CASTILHO, M. G. G. ; BORGES, S.S.S. **Avaliação do Desperdício de Água de Refrigeração dos Destiladores Usados em Laboratório de Graduação.** In: 62ª Reunião Anual da SBPC, 2010, Natal. CD-ROOM, 2010.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos.** Fortaleza, 1992.

CHOI, Y. S.; CHO, S.; LEE, C.; LUU, H.M.D.; GUO, J. **Contamination of ultrapure water with bisphenol A leached from polysulfone ultrafilter.** *Talanta*. vol.94. 2012. p.353-355.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

CORCORAN, E., C. NELLEMAN, E. BAKER, R.BOS, D. OSBRON, H. SAVELLI (EDS). **Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development: A Rapid Response Assessment.** [S.I.]. United Nations Environment Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal. 2010. Disponível em: <http://www.grida.no/publications/rr/sickwater/>. Acesso em: 23 fev. 2014.

COSTA, Regina Pacca; TELLES, Dirceu D'Alkmin. **REÚSO DA ÁGUA. CONCEITOS, TEORIAS E PRÁTICAS.** 2ª Edição revisada, atualizada e ampliada. Editora Edgard Blucher Ltda. 2010, Reimpressão 2012.

DANTAS, E. **Geração de vapor e água de refrigeração: Falhas- Tratamentos – Limpeza Química.** José Olímpio. 1988. Rio de Janeiro.

DANTAS, EVANDRO VIEIRA. **Tratamento de água de refrigeração e caldeiras.** Rio de Janeiro: José Olympio, 1988.

FILHO, ERNEST ZAHNER. **Água de reuso: estudo para fornecimento como água de amassamento.** Dissertação de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. Acesso em: http://www.poscivil.uff.br/sites/default/files/dissertacao_tese/dissertacao_revisada.pdf

FOGLER, H. S. **Elements of Chemical Reaction Engineering**, 3rd Edition, Prentice Hall. 1999.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. G.; FERNANDES, J. G. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado.** In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO TECNOLÓGICA, 12., Resende, 2015. **Anais...** Resende, 2015.

GIACHINI, M. & ANDRADE FILHO, A, G; **Utilização da água de chuva em edificações industriais.** In: II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. 2005. Campos Gerais.

GUELFY, R. L., SCHEER, P.A.; **Estudo de Adsorção Para Purificação e Separação de Misturas na Indústria Petrolífera.** Relatório de Projeto de Pesquisa. Universidade Federal do Paraná, Engenharia Química, 2007.

HESPANHOL, I. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos**. Estudos FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 3 ed. rev. Brasília. 2006. 408 p.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de aquíferos**. RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7. N.4. Out/Dez/2002, 75-79. Disponível em:<
http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/2371239d0aaf41e014681d6d437c79e7_f553b090dfd516bcc00c055844c42f21.pdf>

LUTZ. INSTITUTO ADOLFO. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. IV Edição. Brasília. Ministério da Saúde. 2005.

MACEDO. J. A. B. de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2ª Edição. Editado por CRQ-MG. Belo Horizonte. Minas Gerais. 2003. 450 p.

MARISCO, Lenisa Veiga ; Fernandes, V. M. ; Fiori, s . **Estudos para Implantação de Sistema De Reúso Dos Efluentes Provenientes De Equipamentos Destiladores**. In: I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis, 2008, Passo Fundo, RS. Anais do I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis. Passo Fundo, 2008. v. 1.

MANCUSO, Pedro C. S. ; SANTOS, Hilton F. dos (Eds). **Reuso de água**. São Paulo: USP/ Faculdade de Saúde Pública. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.

MATOS. Francisca Jeruza Feitosa. **Solução oxidante gerada a partir da eletrólise de rejeitos de dessalinizadores de água**. 2004. 199 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2004.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO,P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 2008.

MIRANDA. LUÍS ALCIDES SCHIAVO. MONTEGGIA. LUÍS OLINTO. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento**. Porto Alegre. n.5. 2007. 149p.

MÜLLER, J. **Qualidade microbiológica da água descartada por destiladores e seu potencial para reuso**. Curitiba, 2011. Monografia (Graduação Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

NASCIMENTO, J. F. **Avaliação de membrana de osmose inversa no tratamento de águas de purga de torres de refrigeração de indústria petrolífera com finalidade de reuso**. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

NCCLS: Doc. C3-A2 / Vol.11, Nº. 13 - **“Preparação e Teste de Água Grau Reagente no Laboratório Clínico – 2ª edição”**.

PRESERVAÇÃO do meio ambiente: manifesto do chefe de Seattle ao presidente dos EUA. São Paulo: Babel Cultural, 1987.

PIVELI, R. P.; KATO, M.T.**Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**.

01. São Paulo/ SP: ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, v.01. 285p.

REBOUÇAS. A. da C.; BRAGA, B.; TUNDAÍ, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed. São Paulo. Escrituras Editoras, 2006.

ROITMAN, V. **Curso de formação de operadores de refinaria: Operações unitárias/ Valter Roitman**. – Curitiba: PETROBRAS: UnicenP, 2002. 50p.

ROCHA, DÉBORA PATRÍCIA BATISTA. **Sistema de reuso de água provenientes de aparelhos de ar condicionados para fins não potáveis: estudo de caso aplicado ao centro de tecnologia UFRN**.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil. Natal. RN. 2017.

ROSAS, Anny Jacqueline Cysne. **Sustentabilidade da atividade produtora de água envasada em Fortaleza, CE**. 2008. 186 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

RTMED, Produtos de suporte para área médica, 2007. Disponível em: http://remed.com.br/laboratorio/laboratorio_especial.php. Acesso em: 25 fev. 2014.

SANTOS, Antônio Silveira Ribeiro dos. **Água: Importância e uso múltiplo**. Disponível em: <<http://www.aulimaarcadenoe.com>> Acesso em: 19 mar. 2014.

SILVA, C. H. P. M. ; CRUZ, C. S. O. ; LINS, A. P. **Caracterização dos biofilmes formados em filtros de carvão ativado de sistemas de purificação de água em laboratórios clínicos**. Revista Brasileira de Análises Clínicas, v. 38, p. 243-253, 2006.

SILVA. FERNANDO JOSÉ ARAÚJO; ARAÚJO. ANDRÉA LIMAVERDE DE. SOUZA. RAIMUNDO OLIVEIRA DE. **Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade**. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 136-159, dez. 2007.

SILVA, I. N. *et al.* **Qualidade de água na irrigação**. Agropecuária científica no semi-árido, v. 07, n. 03, p. 01-15, 2011.

SILVA, M. ; SILVA, K. S. ; ANGELINI, L. P. ; OLIVEIRA, A. P. . **Reuso da água de refrigeração de destiladores para lavagem de vidrarias em laboratórios de ensino do IFMT Campus Cuiabá Bela Vista**. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012, Goiânia. Revista Eletronica do IBEAS. Bauru: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2012. v. 1. p. 37-38.

SOUSA, V. A. **Análise da qualidade da água de sistemas de refrigeração**. 2013. Monografia (Graduação Bacharelado em Química)- Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

SOUZA, T. P. **Avaliação da qualidade da água utilizada na construção civil**. 2013. Monografia (Graduação Bacharelado em Química)- Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2013.

Vários autores. **INTRODUÇÃO A ENGENHARIA AMBIENTAL**. 2º edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005